

**UF1811: Manejo de equipos de medida de  
contaminantes atmosféricos**

Elaborado por: Sergio López del Pino y  
Sonia Martín Calderón

Edición: 6.0

**EDITORIAL ELEARNING S.L.**

ISBN: 978-84-16557-20-2 • Depósito legal: MA 438-2015

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

# Presentación

## Identificación de la Unidad Formativa:

Bienvenido a la Unidad Formativa UF1811: Manejo de equipos de medida de contaminantes atmosféricos. Esta Unidad Formativa pertenece al Módulo Formativo MF1613\_3: Equipos de medida de contaminantes atmosféricos que forma parte del Certificado de Profesionalidad SEAG0111: Control de la contaminación atmosférica, de la familia de Seguridad y Medio Ambiente.

## Presentación de los contenidos:

La finalidad de esta Unidad Formativa es enseñar al alumno a realizar las operaciones de puesta en marcha y de parada de los equipos de medida y toma de muestras, comprobar el acondicionamiento de las estaciones remotas de control de la calidad del aire, tomar datos y elaborar registros de los equipos utilizados en el control de la contaminación atmosférica, así como interpretar los datos obtenidos por los equipos de toma de muestras y medida para detectar errores.

Para ello, se estudiará la atmósfera y el proceso de medida de la contaminación atmosférica. También se mostrará al alumno el uso de equipos de muestreo y medida de contaminantes atmosféricos, su instalación y la gestión de la información obtenida por dichos equipos.

## Objetivos del Módulo Formativo

- Realizar las operaciones de puesta en marcha y de parada de los equipos de medida y toma de muestras, para asegurar el funcionamiento de los mismos.
- Comprobar el acondicionamiento de las estaciones remotas de control de la calidad del aire para asegurar el funcionamiento de los equipos instalados.
- Tomar datos y elaborar registros de los equipos utilizados en la medida y/o en el control de la contaminación atmosférica, para asegurar la recogida de la información asociada a dichas actuaciones.
- Interpretar los datos obtenidos por los equipos de toma de muestras y medida para detectar errores debidos a fallos de los equipos y/o a las condiciones ambientales.
- Realizar el mantenimiento preventivo de los equipos de toma de muestras y medida para su conservación y posterior uso.
- Verificar los equipos de toma de muestras y medida sometidos a operaciones de mantenimiento para asegurar la validez de los patrones de calibración.
- Realizar reparaciones básicas de los equipos de toma de muestras y medida, siguiendo los protocolos de trabajo e instrucciones técnicas, para disponer de ellos en condiciones de funcionamiento.

# Índice

UD1. La atmósfera .....	9
1.1. Descripción y composición de la atmósfera .....	11
1.2. Estructura y Función de la atmósfera .....	18
1.3. Capas de la atmósfera .....	26
1.4. Dinámica atmosférica .....	28
1.4.1. Radiación solar .....	31
1.4.2. Temperatura .....	34
1.4.3. Presión .....	40
1.4.4. Vientos .....	41
1.4.5. Humedad y Precipitaciones .....	47
1.5. Escala temporal y espacial de los procesos atmosféricos .....	54
1.6. Caracterización climática .....	56
1.6.1. Latitud .....	59
1.6.2. Altitud .....	61
1.6.3. Orientación del relieve .....	63
1.6.4. Masa de agua y corrientes oceánicas .....	64
1.6.5. Continentalidad .....	75
1.7. Ciclos Biogeoquímicos .....	77
1.7.1. Ciclo del Carbono .....	84
1.7.2. Ciclo del Oxígeno .....	91
1.7.3. Ciclo del Nitrógeno .....	93
1.7.4. Ciclo del Hidrógeno .....	97

UD2. Medida de la contaminación atmosférica.....	107
2.1. Origen de la contaminación atmosférica.....	109
2.2. Definición de contaminante atmosférico .....	118
2.3. Clasificación de los contaminantes atmosféricos .....	120
2.3.1. Según el origen.....	121
2.3.2. Según su naturaleza.....	125
2.3.3. Según su generación: contaminantes primarios, con- taminantes secundarios.....	137
2.4. Fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera.....	142
2.5. Dispersión y dilución atmosférica .....	146
2.6. Efectos generales de la contaminación atmosférica.....	152
UD3. Uso de equipos de muestreo y medida de contaminan- tes atmosféricos.....	171
3.1. Métodos de medida de la contaminación atmosférica .....	173
3.1.1. Métodos físico-químicos .....	186
3.1.2. Métodos biológicos.....	197
3.2. Metrología y mecánica básica de los equipos de medida y muestreo de los contaminantes atmosféricos.....	201
3.3. Equipos captadores y equipos de medida de contaminantes atmosféricos.....	214
3.3.1. Analizadores automáticos .....	219
3.3.2. Sensores remotos.....	225
3.3.3. Muestreadores pasivos .....	228
3.3.4. Muestreadores activos .....	231
3.4. Redes de vigilancia: objetivos, características, funciona- miento .....	237
UD4. Instalación/operación de los equipos de muestreo y me- dida de contaminantes atmosféricos .....	249
4.1. Factores ambientales a considerar.....	251
4.1.1. Identificación .....	258
4.1.2. Influencia sobre el funcionamiento de los equipos ..	268
4.2. Condiciones específicas de las instalaciones .....	283
4.2.1. En zonas rurales .....	287
4.2.2. En alta montaña .....	290
4.2.3. En valles .....	292
4.2.4. En zonas industriales.....	294

# Índice

4.2.5. En ciudades .....	296
4.2.6. En otras localizaciones .....	297
UD5. Gestión de la información obtenida por los equipos de toma de muestra y medida de la contaminación atmosférica .....	305
5.1. Registros de los datos obtenidos en la medida de contaminantes atmosféricos.....	307
5.1.1. Tipos de registro .....	316
5.1.2. Modelos de cumplimentación de registros .....	318
5.1.3. Análisis de situaciones de funcionamiento normal/anómalo .....	319
5.1.4. Valores de referencia.....	323
5.1.5. Sistemas de almacenamiento de datos.....	327
5.1.6. Tratamiento de los datos .....	335
5.1.7. Análisis estadísticos básicos.....	337
5.1.8. Representación gráfica de los análisis estadísticos ....	344
5.1.9. Redacción de informes y Presentación de datos .....	347
5.1.10. ....	
Modelos .....	349
5.2. Sistemas de transmisión de la información.....	352
5.2.1. Características .....	354
5.2.2. Funcionamiento .....	355
Glosario .....	367
Soluciones .....	371
Anexo .....	373

Área: seguridad y medio ambiente

# UD1

La atmósfera

- 1.1. Descripción y composición de la atmósfera
- 1.2. Estructura y Función de la atmósfera
- 1.3. Capas de la atmósfera
- 1.4. Dinámica atmosférica
  - 1.4.1. Radiación solar
  - 1.4.2. Temperatura
  - 1.4.3. Presión
  - 1.4.4. Vientos
  - 1.4.5. Humedad y Precipitaciones
- 1.5. Escala temporal y espacial de los procesos atmosféricos
- 1.6. Caracterización climática
  - 1.6.1. Latitud
  - 1.6.2. Altitud
  - 1.6.3. Orientación del relieve
  - 1.6.4. Masa de agua y corrientes oceánicas
  - 1.6.5. Continentalidad
- 1.7. Ciclos Biogeoquímicos
  - 1.7.1. Ciclo del Carbono
  - 1.7.2. Ciclo del Oxígeno
  - 1.7.3. Ciclo del Nitrógeno
  - 1.7.4. Ciclo del Hidrógeno

## 1.1. Descripción y composición de la atmósfera

### A. Descripción de la atmósfera



La **atmósfera** es la envoltura gaseosa que rodea a la Tierra. Está formada por una mezcla de gases, aunque también encontramos líquidos y sólidos en suspensión. Permanece unida a nuestro planeta por el equilibrio entre la fuerza de la gravedad y la natural expansión de los gases.

---

El límite superior de la atmósfera no está plenamente definido ya que el 97 % de su masa se localiza en los primeros 30 Km, pero todavía se encuentran átomos de hidrógeno (H) gravitando en torno al planeta más allá de los 30.000 Km.

Su densidad máxima se da en superficie, decreciendo gradualmente con la altura, por lo que no existe un límite superior bien definido. Sin embargo, suele ser citado como límite el de 10.000 Km, ya que en él la densidad de la atmósfera se igualaría a la del espacio interplanetario.



La atmósfera no es un sistema cerrado, sino que realiza intercambios de materia y energía con la Geosfera, Hidrosfera y Biosfera, siendo este flujo de gran importancia para el desarrollo de la vida. Por esta razón, la contaminación atmosférica es un problema a escala global, que puede ser evitado, minimizado o corregido con una correcta aplicación de:

- Medidas de contaminación atmosférica.
- Equipos de muestreo y medidas de contaminación atmosférica.
- Instalación y operación de los equipos de muestreo y medida de contaminantes atmosféricos.
- Gestión de la información obtenida por los equipos de toma de muestras y medida de la contaminación atmosférica.

## B. Origen y evolución de la atmósfera

A medida que el planeta se iba consolidando se produjeron importantes emanaciones gaseosas que formaron la protoatmósfera.

Sin embargo, se piensa que la mayor parte de estos gases se escaparon al espacio exterior, por lo que el origen de la atmósfera hay que buscarlo en la segregación geoquímica de la corteza a través de las emanaciones volcánicas.

Inicialmente se pensaba que la atmósfera primitiva tenía un carácter fuertemente reductor por contener metano y amoníaco como componentes fundamentales.

Hoy se creé, por los conocimientos sobre las atmósferas de Venus y Marte, que era poco reductora y que debería ser rica en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  (v), que también estaría de acuerdo con la composición de las emanaciones volcánicas y con el estudio de las rocas más antiguas.

El nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ), químicamente inerte e insoluble en agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), fue acumulándose pasando a ser el gas más abundante. Una gran parte de los gases solubles en agua presentes en esta atmósfera primitiva fueron disueltos y se incorporaron a la hidrosfera y la geosfera en forma de sales (carbonatos, sulfatos, etc.).

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre la composición de las diferentes atmósferas:

GAS	ATMÓSFERA PRIMITIVA	ATMÓSFERA ACTUAL
$\text{CO}_2$	98%	0'03%
$\text{N}_2$	1'9%	78'1%
$\text{O}_2$	0	20'9%
T <sup>a</sup> superficial (°C)	240-340	13

Además de los gases citados anteriormente existen otros compuestos volátiles presentes en cantidades muy inferiores, como son por ejemplo:

- Ar
- $\text{CH}_4$ .
- CO.
- $\text{O}_3$ .
- $\text{SO}_2$ .
- NO.
- $\text{NO}_2$ .
- Y otros gases trazas.

La composición química actual se mantiene constante en toda la baja atmósfera con variaciones ligeras.

El O<sub>2</sub> atmosférico se formó por disociación del agua:

- Por fotodisociación (UV).
- Por fotosíntesis.



La atmósfera primitiva o protoatmósfera comenzó a formarse a la vez que nuestro planeta, hace unos 4550 millones de años.

Los estromatolitos llenaron de "oxígeno" nuestra atmósfera hace más de 2500 millones de años.

---



Parece probable que en una primera etapa procediera de la fotodisociación, pero esto supondría menos del 0,1 % del  $O_2$  actual y no hizo variar significativamente el carácter reductor de la atmósfera.

En una segunda etapa, hace unos 3.500 millones de años (m.a.), la fotosíntesis elevaría la concentración de  $O_2$  a los niveles actuales permitiendo además, hace unos 600 m.a., la formación de la capa de ozono  $O_3$ . Esto explicaría la explosión de vida compleja en el Paleozoico al frenarse la acción perjudicial de la radiación ultravioleta (UV).

Desde entonces, la composición de la atmósfera solo ha variado, de forma significativa, en sus niveles de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) asociados a los grandes cambios climáticos que ha sufrido la Tierra a lo largo de su historia.

La atmósfera primitiva estaba formada por vapor de agua, dióxido de carbono y nitrógeno, junto a mínimas cantidades de hidrógeno y monóxido de carbono. Era una atmósfera ligeramente reductora (sin oxígeno) hasta que la actividad fotosintética de los seres vivos introdujo oxígeno hace unos 2 500 millones de años. Hace unos 1000 millones de años la atmósfera alcanzó unas características y composición semejantes a las actuales. A partir de ahí se formó el ozono (hace unos 600 millones de años) que protegía a los seres vivos de las radiaciones ultravioletas, por lo que la vida compleja se desarrolló a mucha mayor velocidad.

### C. Composición de la atmósfera



Recuerda

Como hemos señalado, la atmósfera se compone de una mezcla de gases, así como de partículas líquidas y sólidas en suspensión.

---

### Partículas en suspensión

En la atmósfera podemos encontrar partículas en suspensión. Se concentran en la parte más baja de la atmósfera, donde la acción de la gravedad es más significativa. Tienen un tiempo de residencia en ella que depende de varios factores:

- Tamaño de la partícula.
- Densidad.
- Vientos.
- Lluvia.
- Otros factores meteorológicos secundarios.

Estas partículas pueden ser:

- Polvo levantado por el viento.
- Sal, de origen marino.
- Humos y cenizas de erupciones volcánicas, combustiones naturales o antropogénicas.
- Microorganismos, polen, esporas, etc. de origen biótico.
- Agua en estado líquido y/o sólido (nubes, nieblas).

En el siguiente esquema representamos los materiales sólidos que se encuentran en la baja atmósfera (troposfera) medidos en partículas/ cm<sup>3</sup>.

Localización	Partículas/ cm <sup>3</sup>
Alta mar	1000
Alta montaña, con más de 2000 m	1000
Montañas de hasta 1000 m	6000
Campos de cultivo	10000
Ciudades pequeñas	35000
Ciudades grandes	150000

## Gases

Por su composición gaseosa, debemos distinguir dos zonas atmosféricas: **homosfera y heterosfera**:

La **homosfera** se extiende desde la superficie terrestre hasta los 80 Km. de altura y presenta una composición gaseosa uniforme:

- Nitrógeno (78,084%): es un gas inerte por lo que su concentración es constante.
- Oxígeno (20,946%): gas muy activo cuya concentración parece estar disminuyendo por una menor cantidad de biomasa fotosintetizadora y por el aumento de su consumo en descomposición de materia orgánica.
- Ozono ( $O_3$ ): Entre los 10-50 Km. de altitud (sobre todo en la banda de 20-30 Km.) y derivado del  $O_2$ . Tiene una gran importancia como filtro de la radiación UV. Actualmente esta capa está en peligro por los compuestos fluorados de los spray, los vuelos supersónicos y los fertilizantes nitrógenados.
- $CO_2$  (0,033%): Procede de la respiración y de la descomposición de la materia orgánica. Aunque su contenido es pequeño es sumamente importante para la fotosíntesis y como absorbente de calor, permitiendo el calentamiento de la atmósfera inferior.
- Vapor de agua en proporciones variables (mayor o menor humedad de la atmósfera).
- Otros gases en menor proporción como son: Argón (0,930%); Neón, He,  $CH_4$ , Criptón, H, etc.



El espesor de la capa de ozono es máximo en el ecuador y mínimo en los polos. Por eso los agujeros en la capa de ozono se localizan en regiones próximas a los polos, especialmente en el hemisferio sur.

El vapor de agua atmosférico puede suponer hasta el 4% del total de los gases en la parte más próxima a la superficie terrestre, pero a partir de 10-12 Km de altura está prácticamente ausente.



Desde comienzos del siglo XIX se viene observando una elevación de la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) debida a la combustión de grandes cantidades de carbón, petróleo, gas natural, etc.

---

La **heterosfera** se inicia en la homopausa (unos 80 Km de altitud) distinguiéndose en ella cuatro capas gaseosas:

- La primera de  $\text{N}_2$  molecular (entre 100 y 200 Km).
- La segunda de O atómico (entre 200 y 1000 Km).
- La tercera de He (entre 1000 y 3500 Km).
- La cuarta de H atómico (más de 3500 Km).

El límite superior (10.000 Km.) se toma arbitrariamente pues no existe un gradiente claro de densidad de hidrógeno con el espacio interplanetario, como ya se ha señalado anteriormente.

## 1.2. Estructura y Función de la atmósfera

### A. Estructura de la atmósfera

Desde el punto de vista de su estructura, la atmósfera se divide en capas separadas por zonas de transición (pausas), atendiendo a los cambios de temperatura que experimenta con la altura:

## TROPOSFERA

Es la capa más próxima a la superficie terrestre, con un espesor medio de 10 Km. (8-10 en los polos, 15-17 en el ecuador) en la cual la temperatura desciende rápidamente con la altura (6-8°C/Km). Es el GTV, gradiente térmico vertical) hasta llegar a unos -50°C en la tropopausa (en los polos) u -80°C (en el ecuador). A partir de ahí la temperatura deja de descender. Esta inversión térmica define una línea imaginaria o tropopausa que separa la troposfera de la estratosfera.

La troposfera se divide en dos zonas por la peplopausa (línea que separa una zona inferior turbulenta, hasta los 2 Km.) de otra superior o libre.

La troposfera es la capa más importante para la vida pues en ella se producen los fenómenos climáticos y meteorológicos. Contiene el 75% de la masa de la atmósfera.



## ESTRATOSFERA

Se extiende hasta unos 50 Km de altitud en donde se produce una nueva inversión térmica que fija la línea llamada estratopausa.

La temperatura permanece más o menos constante hasta llegar a la ozonosfera en la que se produce un aumento de la temperatura debido a la absorción de radiación por el ozono. En la estratopausa llega a casi 80 °C. Otros autores fijan la estratopausa a una altura de 30 Km. coincidiendo con el fin de la zona de temperatura constante.



En la estratosfera se producen diferentes procesos radiactivos, dinámicos y químicos.

---

## MESOSFERA

Se extiende desde la estratopausa hasta los 80 Km de altitud separándose de la capa siguiente (la termosfera) por la mesopausa, que prácticamente coincide también con el límite superior de la homosfera.

La mesosfera es la capa más fría de la atmósfera. En esta capa la temperatura desciende de forma uniforme en esta capa hasta los -100 °C.



En esta capa se observan las denominadas estrellas fugaces, que son en realidad meteoritos que se desintegran al atravesar la atmósfera.

---