



## Utilización de nanotubos de carbono para la eliminación de metales tóxicos en aguas

**Autor:** David Casabona Fina

**Institución:** Diputación de Barcelona

## Resumen

La calidad del aire en Europa se evalúa de acuerdo con los valores límites y los valores objetivos fijados por las Directivas europeas 2004/107 y 2008/50. En España estas dos directivas se han transpuesto mediante los Reales Decretos 812/2007 y 102/2011.

Para poder transmitir la información sobre la calidad del aire a la población existen distintos instrumentos: informes anuales de evaluación, datos históricos de los distintos puntos de muestreo, etc. Una fórmula que se utiliza para llegar fácilmente a los ciudadanos es la utilización de índices de calidad del aire. Estos índices recogen la valoración de distintos contaminantes y tienden a definir entre 3 y 6 niveles de referencia con una valoración global, por ejemplo: calidad excelente, buena, aceptable, deficiente o muy deficiente.

Años atrás, el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) era un problema en muchas ciudades, la desulfuración de los combustibles en las refinerías ha reducido significativamente su concentración en el aire ambiente. Ahora el mayor problema en muchas ciudades es el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), por su mayor emisión y por la reducción de los valores límite establecidos. Por estos motivos por ejemplo hay que evaluar si es conveniente que los índices de calidad del aire dejen de tener en cuenta el SO<sub>2</sub> y reduzcan los niveles considerados para el NO<sub>2</sub>.

Con esta comunicación se pretende analizar distintos índices de calidad del aire ambiente existentes en Europa sujetos a una misma legislación. Comparar los contaminantes contemplados y los distintos niveles que se fijan para cada uno en los índices analizados, y el período temporal considerado (horario, diario o anual). Y contrastar estos índices con los informes anuales de calidad del aire.

**Índice:**

- 1.- Introducción
- 2.- Índices comunes de calidad del aire de la Unión Europea
- 3.- Análisis de los índices de calidad del aire existentes en distintos países
- 4.- Propuestas para la difusión de los datos de calidad del aire ambiente
- 5.- Propuesta de un índice de calidad del aire

Anexo 1.- Referencias consultadas

Anexo 2.- El índice ultravioleta (un índice consensuado a nivel mundial)

Anexo 3.- Índices de calidad del aire de distintos países

## **1.- Introducción**

Existen muchos índices de calidad del aire, y no necesariamente uno es mejor que otro. Cada índice puede responder a un objetivo: para facilitar el seguimiento del cumplimiento de las normas existentes (generalmente índices anuales), para informar a la población de las medidas preventivas que tiene que adoptar en un momento dado (generalmente índices horarios o diarios), pero también podríamos añadir el uso de índices para sensibilizar a la población de los problemas de calidad del aire.

La elaboración de un índice de calidad del aire obliga a reducir una gran variedad de información a una simple figura o escala. Por otra parte, esta reducción de información se considera esencial para poder comunicarla adecuadamente a la población. Para conseguir una eficiente difusión de la información y aumentar el conocimiento que tienen las personas de los efectos nocivos de la contaminación atmosférica se considera muy necesario estandarizar los distintos índices de calidad del aire. Este conocimiento también ha de servir para impulsar a medio plazo cambios en los estilos de vida de la población y reducir las emisiones.

Existe un ejemplo de índice estandarizado a nivel mundial relacionado con la atmósfera, el índice ultravioleta (IUV) (ver anexo 2). Una medida de la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) sobre la superficie terrestre. Sirve para advertir a las personas de la necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación UV. Este índice fue creado en el año 1995, y en el año 2003 la Organización Mundial de la Salud (OMS) en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) y a Oficina Federal Alemana para la Protección contra la Radiación (BfS) publicó una guía práctica del IUV (18) para fomentar la comprensión de la radiación UV y su capacidad de producir lesiones cutáneas.

En contaminación atmosférica se echa de menos la existencia de un índice sencillo de difundir como el IUV. La difusión del IUV durante los meses de verano en los medios de comunicación, como los periódicos es, en general, mucho mayor que los índices de contaminación atmosférica.

## **2.- Índices comunes de calidad del aire de la Unión Europea**

Hay que tener en cuenta que todos los países de la UE están sometidos a las mismas directivas europeas, actualmente la Directiva 2008/50 (1) relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa y la Directiva 2004/107 relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. El Real Decreto 102/2011 (2) relativo a la mejora de la calidad del aire incorpora las dos Directivas al ordenamiento jurídico español.

En la Unión Europea (UE) cabe destacar los índices comunes propuestos en el proyecto europeo CITEAIR – *Common Information to European Air* (3), aunque podemos encontrar multitud de índices de calidad del aire en todo el territorio de la UE.

El proyecto CITEAIR (Información Común sobre el aire en Europa, <http://www.citeair.eu>), co-financiado por los Programas INTERREG IIIC y IVC de la Unión Europea, difunde los datos actualizados de la calidad del aire en tiempo real de cerca de 100 ciudades en la

página [www.airqualitynow.eu](http://www.airqualitynow.eu) para poder comparar los niveles entre estas ciudades de un modo fácil y comprensible

En este proyecto se establecen dos índices: el *Common Air Quality Index* (CAQI) y el *Year Average Common Air Quality Index* (YACAQI).

Tabla 1. Cálculo del índice CAQI (\*)

Valor del índice CAQI		PM10 1h	PM10 24h	PM2,5 1h	PM2,5 24h	NO <sub>2</sub> 1h	O <sub>3</sub> 1h	SO <sub>2</sub> 1h	CO 8h
<b>0 – 25</b>	Muy bajo	25	15	15	10	50	60	50	5
<b>25 – 50</b>	Bajo	50	30	30	20	100	120	100	7,5
<b>50 – 75</b>	Medio	90	50	55	30	200	180	350	10
<b>75 – 100</b>	Alto	180	100	110	60	400	240	500	10
<b>&gt; 100</b>	Muy Alto	>180	>100	>110	>60	>400	>240	>500	>20

(\*) En esta tabla se indica el valor máximo de cada contaminante para cada una de las 5 categorías del índice. Valores expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , excepto para el CO en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

De acuerdo con la tabla 1, para cada contaminante se calcula su valor CAQI entre 0 y 100. Para cada ciudad se recoge el valor más elevado del CAQI, ya sean de fondo urbano o de tráfico, según se seleccione, y se indica el valor de 0 a 100 y el contaminante responsable del índice.

Los valores diarios reflejan el peor resultado horario alcanzado durante el día. También se muestran las previsiones para el mismo día y para el día siguiente.

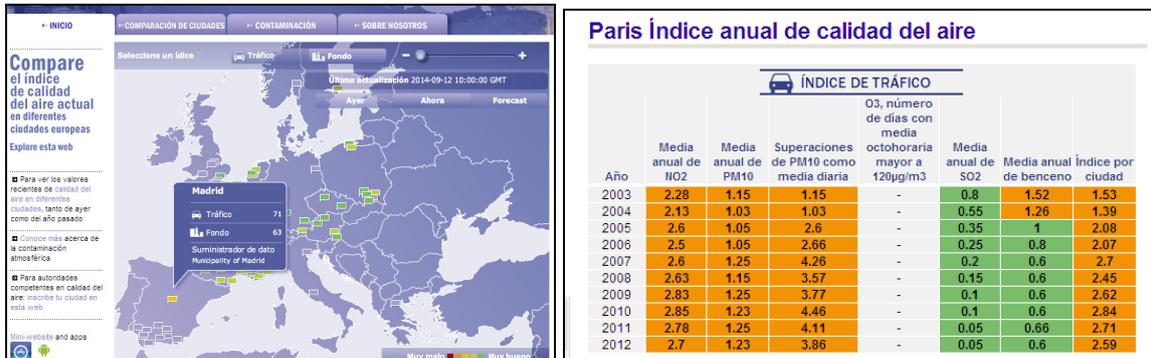
Para dar información de la calidad del aire a largo plazo se calcula el índice YACAQI, de acuerdo con la tabla 2. Este índice sirve para comprobar el cumplimiento de los valores límite establecidos en la UE. Si el YACAQI es superior a 1 hay un incumplimiento de los estándares fijados en la UE.

Tabla 2. Cálculo del índice YACAQI

Contaminante	Valor	Cálculo YACAQI
<b>PM10</b>	Media anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual / 40
<b>PM10</b>	Días al año con valor 24h $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{Log}(\text{número días} + 1) / \text{Log}(36)$
<b>PM2,5</b>	Media anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual / 20
<b>NO<sub>2</sub></b>	Media anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual / 40
<b>O<sub>3</sub></b>	Días al año con valor 8h $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Días / 25
<b>SO<sub>2</sub></b>	Media anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual / 20
<b>Benceno</b>	Media anual en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual / 5

El índice YACAQI se calcula para cada contaminante, y como valor global para las ciudades se indica, para las estaciones de tráfico, la media de los valores YACAQI de PM10 anual, PM10 diario y NO<sub>2</sub>; y para las estaciones de fondo urbano, la media de los valores YACAQI de PM10 anual, PM10 diario, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>.

A continuación, en una imagen se muestran los distintos CAQI de las ciudades de Europa correspondientes al día 12.09.2014, destacando en este caso la ciudad de Madrid, y en la otra imagen se muestra una tabla con los valores del índice anual de la calidad del aire de la ciudad de París des del año 2003 al 2012.



Fuente: <http://www.airqualitynow.eu/es/> (12.09.2014)

### 3.- Análisis de los índices de calidad del aire existentes en distintos países

Se han analizado distintos índices de países y regiones europeas: Francia (4), Inglaterra (5), Alemania (6), Polonia (7), Italia (8) y Noruega (9). En España se utilizan distintos índices como el que usa el ayuntamiento de Madrid (10) y el que se utiliza en la comunidad autónoma de Cataluña (11). También se han analizado los índices de calidad del aire de países no europeos como: Estados Unidos (12), Canadá (13) y Hong Kong (14). Todos estos índices están detallados en el anexo 3.

En general los índices se calculan para cada contaminante, y para dar el valor global se indica el valor más elevado encontrado y, en algunos casos, se indica además el nombre del contaminante responsable de este valor más elevado; excepto para Canadá y Hong Kong, donde el valor del índice se halla como combinación, mediante una suma ponderada, de diversos contaminantes. En Canadá se combinan los niveles de PM10, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>. En Hong Kong se combinan los niveles de PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>.

También en general para facilitar la comprensión del nivel de contaminación existente, cada categoría se asocia a un color determinado, y se asocia a unos mensajes tipo.

A partir del análisis de estos índices podemos observar una variabilidad respecto a los contaminantes considerados. En el ayuntamiento de Madrid, en Cataluña y en Estados Unidos se considera el CO, mientras que no se considera el CO en el resto de países estudiados. El SO<sub>2</sub> se considera en todos los países estudiados excepto en Canadá para el cálculo del índice AQHI. El nivel de PM2.5 solo se tiene en cuenta en la mitad de los índices estudiados.

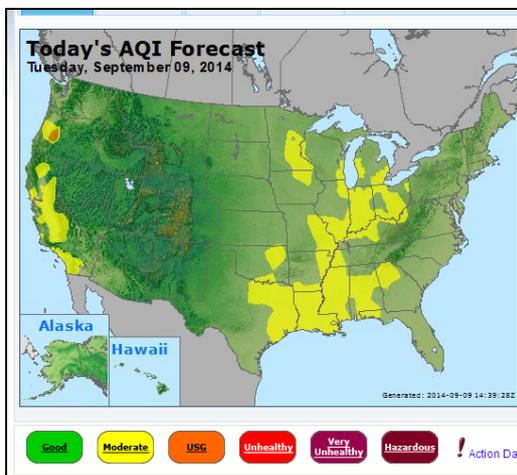
Aun considerando el mismo contaminante, los períodos de tiempo considerado en los distintos índices pueden variar significativamente. Respecto el SO<sub>2</sub> existen muchos períodos de tiempo considerados: 24h en Estados Unidos, 6h en Italia, 15 minutos en Inglaterra y 1h en el resto de los países estudiados. Para el PM10 y PM2.5 podemos encontrar 3 períodos de tiempo considerados: mayoritariamente 1h y 24h, pero en Italia 6h. También para el O<sub>3</sub> hay dos períodos de tiempo considerados: 1h y 8h.

El margen de valores que pueden tener los índices también varía mucho. En Francia e Inglaterra el índice puede oscilar entre 1 (muy buena calidad del aire) y 10 (muy mala calidad). En Italia el valor del índice puede oscilar entre 0 (calidad excelente) y 300 (calidad peligrosa), mientras que en Cataluña el valor del índice ICQA puede oscilar entre 100 (calidad excelente) y -400 (calidad muy deficiente). Fuera de Europa, en Estados Unidos el índice AQI puede oscilar entre 0 (calidad buena) y 500 (calidad peligrosa). Mientras que en Canadá y Hong Kong oscila entre 1 y 11 (o 10+) de un modo parecido al índice ultravioleta.

Respecto a los índices anuales, el índice europeo (YACAQI) se basa en tomar los valores anuales de cada contaminante y compararlos con la normativa europea, el índice anual en Hong Kong se basa en tomar los valores anuales y compararlos con la referencia de la OMS. Para comparar ambos índices hay que tener en cuenta que en el caso de las PM10 la referencia europea es de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la de la OMS es de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en el caso de las PM2.5 la referencia europea es de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras que la referencia de la OMS es de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Independientemente del valor del índice, el número de categorías consideradas también oscila mucho. Mientras que en Inglaterra, Noruega, Canadá y el Ayuntamiento de Madrid es de 4, en Polonia y Hong Kong es de 5, en Alemania y Estados Unidos es de 6, y en Italia es de 7. En Francia y Cataluña existen 3 categorías básicas (3 colores de referencia) y 6 categorías específicas.

A continuación, como ejemplo, se muestran las imágenes correspondientes a las previsiones calidad del aire de Estados Unidos (día 09.09.2014) e Italia (día 21.10.2014).



Fuente: <http://www.airnow.gov/>



Fuente: <http://www.lamiaaria.it/>

#### **4.- Propuestas para la difusión de los datos de calidad del aire ambiente**

- La necesidad de disponer de un índice

En muchos documentos y planes de mejora de la calidad del aire (15, 16 y 17) se aconseja informar a la población de los niveles de contaminación atmosférica. La existencia de distintos índices diarios de la calidad del aire en España y en la Unión Europea aumenta el coste de las campañas de difusión y no se facilita la comprensión de la problemática con criterios y mensajes unificados.

La información, y el debate que se genera sobre esta información, también sirven para que se consiga un mayor consenso respecto las medidas correctoras que hay que tomar para lograr el cumplimiento de los objetivos fijados en la normativa.

Por estos motivos, la Unión Europea, además de establecer los valores límite y objetivo, podría establecer un índice común de la calidad del aire.

- La claridad en el cálculo del índice

Para llegar a una mayor proporción de la población, la difusión de la información tiene que ser muy clara y concisa. Por este motivo es necesario disponer de herramientas que traduzcan la inmensidad de datos disponibles en las redes de calidad del aire a unos pocos valores o índices representativos de cada ciudad, y además los gráficos, colores y mensajes asociados tienen que ser uniformes para lograr un mayor impacto.

Incluir contaminantes que no representan habitualmente un problema (SO<sub>2</sub> y CO) puede enmascarar la información básica a transmitir.

Los índices AQHI (*Air Quality Health Index*) de Canadá y Hong Kong pueden ser muy representativos del impacto inmediato sobre la salud, pero su cálculo a partir de los distintos coeficientes de cada contaminante referentes al riesgo añadido para la salud les hace poco transparentes e independientes de los valores límite establecidos, generalmente valores anuales.

- La consistencia de los datos territoriales

Queda pendiente disponer de un índice diario o semanal que nos indique los valores reales de exposición de las personas que viven en una aglomeración.

Aunque no es el objeto de esta comunicación, al estudiar los distintos índices utilizados se ha observado una tendencia a sobrevalorar los resultados negativos, tanto des del punto de vista temporal (escoger como valor diario el peor valor horario alcanzado) como des del punto de vista territorial (considerar como valor de una región el valor de la estación de control más desfavorable). No se considera adecuado hacer difusión del valor más elevado de una estación concreta sin más por no ser representativo de la exposición de la mayoría de la población. Así, las comparaciones entre ciudades pueden crear confusión y no reflejar la realidad general.

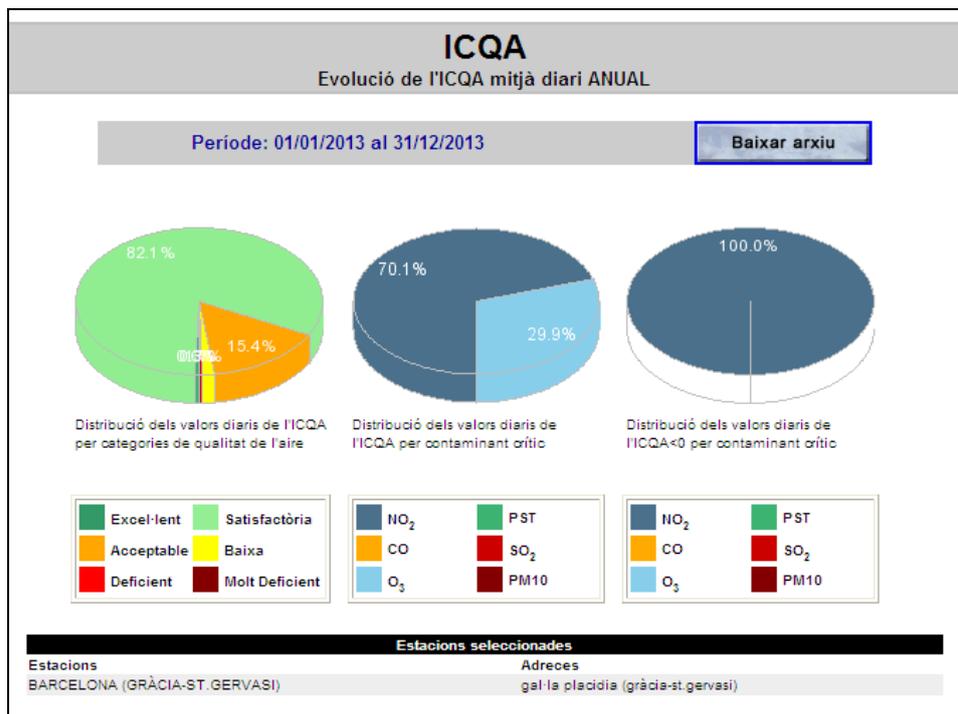
Hacer muy énfasis con el valor más elevado puede promover hacer actuaciones para reducir los niveles de unas estaciones de control concretas, sin que estas actuaciones generen una mejoría global para la población.

Por estos motivos se considera que cada ciudad y aglomeración debería establecer los coeficientes adecuados a aplicar a los datos de sus distintas estaciones de control, para dar un valor de su nivel global de contaminación. Esta ponderación de los datos se podría establecer directamente a partir de un percentil determinado de sus estaciones de control o de la representatividad de cada estación respecto a la exposición de la población. Se podría indicar, por ejemplo, la concentración de los contaminantes analizados que se considera que afecta al 10% de la población más expuesta en cada caso. Y a partir de este nivel calcular el índice de calidad del aire y hacer la correspondiente difusión.

- La coherencia de los índices diarios con los valores límite anuales

Se considera que los índices diarios no pueden ser mayoritariamente positivos y que al llegar a final del año nos encontremos con incumplimientos de los valores medios anuales. Tener una buena calidad del aire a lo largo del año tiene que significar que se cumplen los valores límite anuales.

En el gráfico 1 se puede observar la distribución del índice ICQA (*Índex Català de Qualitat de l'Aire*) a lo largo del año 2013 de la estación de Gràcia-Sant Gervasi en Barcelona. En este caso, más del 82% de los días se consideraron satisfactorios y más del 15% aceptables, pero la media anual del NO<sub>2</sub> resultó ser de 54 µg/m<sup>3</sup>, un 35% superior al valor límite anual (40 µg/m<sup>3</sup>).



**Gráfico 1.** Evolución a lo largo del año 2013 del índice ICQA en la estación de Gràcia –Sant Gervasi de Barcelona.

Por tanto, se puede hacer mucha difusión de los índices, pero si al final del año la valoración de los días analizados no se corresponde con los valores límite establecidos se puede generar mucha confusión.

## **5.- Propuesta de un índice diario de calidad del aire**

De acuerdo con el último informe de la calidad de l'aire en la UE (19), los cinco contaminantes que más preocupan actualmente en Europa son: las partículas PM10 y PM2,5, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>) y el benzo(a)pireno (BaP). Teniendo en cuenta que por el momento el análisis del BaP es complejo y no se puede obtener mediante equipos automáticos, la propuesta es incorporar en un índice a los otros 4 contaminantes restantes: PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>.

A continuación, a partir de los valores establecidos en la Directiva 2008/50 (1), de los valores recomendados por la OMS (20), la situación actual en Europa (19) y del análisis de los índices de distintos países (3 a 14), se hace una propuesta para el cálculo de un índice diario de calidad del aire basado en estos 4 contaminantes (\*):

Índice	calidad del aire	PM10 – 24h (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> - máx.1h (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> – máx.8h (µg/m <sup>3</sup> )	PM2.5 - 24h (µg/m <sup>3</sup> )
1	<i>(Muy) Buena</i>	0 a 9	0 a 14	0 a 59	0 a 4
2	<i>Buena</i>	10 a 19	15 a 29	60 a 79	5 a 9
3	<i>Buena</i>	20 a 29	30 a 39	80 a 99	10 a 14
4	<i>Regular</i>	30 a 39	40 a 69	100 a 119	15 a 19
5	<i>Regular</i>	40 a 49	70 a 99	120 a 139	20 a 24
6	<i>Regular</i>	50 a 59	100 a 149	140 a 159	25 a 29
7	<i>Mala</i>	60 a 69	150 a 199	160 a 179	30 a 34
8	<i>Mala</i>	70 a 79	200 a 299	180 a 199	35 a 40
9	<i>Mala</i>	80 a 99	300 a 399	200 a 239	40 a 49
10	<i>(Muy) Mala</i>	≥ 100	≥ 400	≥ 240	≥ 50

(\*) Los valores de PM10 y PM2.5 hacen referencia a las medias diarias, el valor de O<sub>3</sub> hace referencia al valor máximo octohorario alcanzado durante el día, y el valor de NO<sub>2</sub> al valor máximo horario alcanzado durante el día.

El objetivo de este índice es facilitar la comprensión del estado de la contaminación a la población y establecer 3 categorías básicas de la calidad del aire: calidad buena (color verde), calidad del aire regular (color amarillo) y calidad del aire mala (color rojo), como un semáforo. Pero para poder detallar un poco más el grado de calidad del aire y poder diferenciar distintos grados de actuación se propone también el establecimiento de 10 niveles.

El criterio de establecer 3 categorías básicas de calidad del aire como un semáforo responde al siguiente planteamiento:

- Si un territorio tiene mayoritariamente todo el año un índice de buena calidad del aire (color verde de no problemas) tiene que significar, en principio, que en este territorio se cumplen los valores límite anuales establecidos.
- Si nos encontramos unos días en la categoría de mala calidad del aire (color rojo de alerta) tiene que significar que nos encontramos dentro de un episodio de contaminación, y que hay que tomar medidas a corto plazo para mejorar la calidad

del aire. En principio se trata de situaciones transitorias que requieren la colaboración de la población y las empresas para adoptar las medidas necesarias.

- Si nos encontramos en situaciones habituales de calidad del aire regular (color amarillo de precaución) tiene que significar que ese territorio aunque no tenga habitualmente episodios de contaminación tiene que tomar medidas a largo plazo para mejorar su situación existente. Situación probable en aglomeraciones como Madrid y Barcelona, territorios donde se han aprobado planes de mejora de la calidad del aire.

Para concienciar a la población conviene hacer difusión a lo largo del año de los niveles de contaminación existentes, y no únicamente cuando suceden episodios de contaminación y hay que establecer medidas extraordinarias.

Para no saturar de información a la población, en principio se considera suficiente informar diariamente de los niveles de calidad de aire existentes en cada aglomeración o región con un índice diario, de la misma manera que se informa habitualmente de la temperatura máxima diaria y no de las temperaturas horarias. Un índice diario es susceptible de incorporarse, si genera interés, en los medios escritos y audiovisuales de comunicación.

La mejora de la calidad del aire depende, a parte de la legislación establecida, de la suma de las decisiones que tome mucha gente en relación a sus hábitos de movilidad y consumo. La gente bien informada puede tomar decisiones más adecuadas.

## **ANEXO 1.- REFERENCIAS CONSULTADAS**

### Legislación referente a la calidad del aire ambiente

- (1) Directiva 2008/50 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. DOUE L núm. 152, de 11.06.2008.
- (2) Real Decreto 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire. BOE de 29.01.2011.

### Índices de calidad del aire

- (3) Unión Europea (UE). Proyecto CITEAIR. [www.airqualitynow.eu](http://www.airqualitynow.eu)
- (4) Francia. Observatoire Régional de l’Air en Midi-Pyrénées
- (5) Inglaterra. Department of Environment & Rural Affairs (DEFRA).
- (6) Alemania. Baja Sajonia. [www.umwelt.niedersachsen.de](http://www.umwelt.niedersachsen.de)
- (7) Polonia. Provincia de Subcarpacia. [www.powietrze.podkarpackie.pl](http://www.powietrze.podkarpackie.pl)
- (8) Italia. <http://www.lamiaaria.it/>
- (9) Noruega. [www.luftkvalitet.info/home.aspx](http://www.luftkvalitet.info/home.aspx)
- (10) Ayuntamiento de Madrid.
- (11) Generalitat de Catalunya. Departamento de Territorio y Sostenibilidad.
- (12) United States (US). Environmental Protection Agency (EPA): Guideline for reporting of daily air quality – Air Quality Index (AQI). July 1999.
- (13) Canadá. Gobierno de Canadá. <http://www.ec.gc.ca/cas-aqhi/default.asp?Lang=En&n=065BE995-1#scale>
- (14) Hong Kong. El Gobierno de Hong Kong. Departamento de Protección Ambiental. <http://www.aqhi.gov.hk/en/what-is-aqhi/about-aqhi6193.html?showall=&limitstart=>

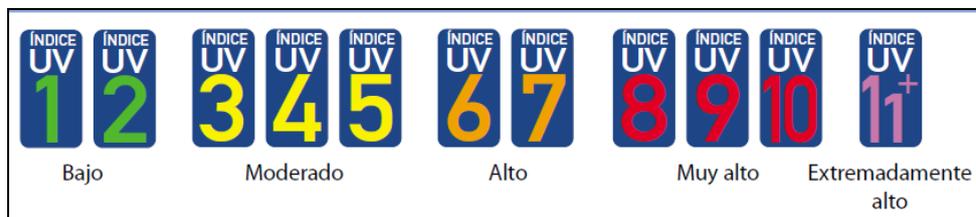
### Otras referencias

- (15) Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA 2012. Documento final del grupo de trabajo GT-5 Calidad del aire: propuestas para mejorar su evaluación y gestión.
- (16) Gobierno de Cataluña. Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en las zonas de protección especial del ambiente atmosférico (40 municipios del área

metropolitana de Barcelona). Se publica su aprobación mediante Acuerdo GOV/127/2014, en el DOGC de 26.09.2014.

- (17) Gobierno de España. Plan Nacional de Calidad del Aire 2013-2016. Se publica su aprobación mediante la Resolución de 30.04.2013, en el BOE de 23.05.2013.
- (18) Organización Mundial de la Salud (OMS). Índice UV Solar Mundial. Guía práctica. 2003. Recomendación conjunta de: la OMS, la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de la Naciones Unidas para el medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante.
- (19) Agencia Europea de Medio Ambiente. EEA Report 9/2013. *Air quality in Europe. 2013 report.*
- (20) Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. OMS 2006.

## **ANEXO 2.- ÍNDICE ULTRAVIOLETA (un índice consensuado a nivel mundial)**



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS). Índice UV Solar Mundial. Guía práctica. 2003.

## ANEXO 3.- ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE DE DISTINTOS PAÍSES

### 1 Francia

Cálculo del índice ATMO a partir del 01.01.2012, de acuerdo con el Decreto de 22.07.2004 modificado por el Decreto 21.12.2011:

Índice	Índice calidad del aire	PM10 – 24h (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> – 1h (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )
1	Muy bueno	0 a 6	0 a 29	0 a 29	0 a 39
2	Muy bueno	7 a 13	30 a 54	30 a 54	40 a 79
3	Bueno	14 a 20	55 a 84	55 a 79	80 a 119
4	Bueno	21 a 27	85 a 109	80 a 104	120 a 159
5	Regular	28 a 34	110 a 134	105 a 129	160 a 199
6	Mediocre	35 a 41	135 a 164	130 a 149	200 a 249
7	Mediocre	42 a 49	165 a 199	150 a 179	250 a 299
8	Malo	50 a 64	200 a 274	180 a 209	300 a 399
9	Malo	65 a 79	275 a 399	210 a 239	400 a 499
10	Muy malo	≥ 80	≥ 400	≥ 240	≥ 500

Fuente: <http://www.oramip.org/oramip/indices-air/calcul> (Observatoire Régional de l'Air en Midi-Pyrénées)

### 2 Inglaterra

Cálculo del índice diario DAQI (Daily Air Quality Index):

Índice	Índice calidad del aire	PM10 – 24h (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> – 8h (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> - 15min (µg/m <sup>3</sup> )	PM2.5 – 24h (µg/m <sup>3</sup> )
1	Bajo	0 a 16	0 a 67	0 a 33	0 a 88	0 a 11
2	Bajo	17 a 33	68 a 134	34 a 66	89 a 177	12 a 23
3	Bajo	34 a 50	135 a 200	67 a 100	178 a 266	24 a 35
4	Moderado	51 a 58	201 a 267	101 a 120	267 a 354	36 a 41
5	Moderado	59 a 66	268 a 334	121 a 140	355 a 443	42 a 47
6	Moderado	67 a 75	335 a 400	141 a 160	444 a 532	48 a 53
7	Alto	76 a 83	401 a 467	161 a 187	533 a 710	54 a 58
8	Alto	84 a 91	468 a 534	188 a 213	711 a 887	59 a 64
9	Alto	92 a 100	535 a 600	214 a 240	888 a 1.064	65 a 70
10	Muy alto	≥ 101	≥ 601	≥ 241	≥ 1.065	≥ 71

Fuente: <http://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/daq/?view=more-info&pollutant=ozone#pollutant>

### 3 Baja Sajonia (Alemania)

Cálculo del índice de calidad del aire a corto plazo utilizado en el Estado Federal de Baja Sajonia (Alemania):

Índice	Calidad del aire	PM10 – 24h (µg/m <sup>3</sup> )	CO – 8h (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> – 1h (µg/m <sup>3</sup> )
1	Muy buena	< 10	< 1	< 25	< 25	< 33
2	Buena	10 a 20	1 a 2	25 a 50	25 a 50	33 a 65
3	Satisfactoria	20 a 35	2 a 4	50 a 100	50 a 120	65 a 120
4	Suficiente	35 a 50	4 a 10	100 a 200	120 a 350	120 a 180
5	Pobre	50 a 100	10 a 30	200 a 500	350 a 1.000	180 a 240
6	Muy pobre	> 100	> 30	> 500	> 1.000	> 240

Fuente: [www.umwelt.niedersachsen.de](http://www.umwelt.niedersachsen.de)

### 4 Provincia de Subcarpacia (Polonia)

Cálculo del índice de la calidad del aire de la provincia de Subcarpacia (Polonia):

Índice	Contaminación	PM10 – 1h (µg/m <sup>3</sup> )	CO – 1h (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> - 1h (µg/m <sup>3</sup> )	PM2,5 – 1h (µg/m <sup>3</sup> )
1	Muy baja	< 25	< 5	< 50	< 50	< 15
2	Baja	25 a 50	5 a 7,5	50 a 100	50 a 100	15 a 30
3	Media	50 a 90	7,5 a 10	100 a 200	100 a 350	30 a 55
4	Alta	90 a 180	10 a 20	200 a 400	350 a 500	55 a 110
5	Muy alta	> 180	> 20	> 400	> 500	> 110

Fuente: [www.powietrze.podkarpackie.pl](http://www.powietrze.podkarpackie.pl)

### 5 Noruega

Cálculo del índice de calidad del aire en Noruega:

Índice	Nivel de contaminación	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	PM2,5 (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Bajo	< 50	< 25	< 100	< 150	< 100
	Medio	50 a 100	25 a 50	100 a 150	150 a 250	100 a 180
	Alto	100 a 200	50 a 100	150 a 200	250 a 350	180 a 240
	Muy alto	> 200	> 100	> 200	> 350	> 240

Fuente: [www.luftkvalitet.info/home.aspx](http://www.luftkvalitet.info/home.aspx)

## 6 Italia

El índice IQA que sirve para indicar las previsiones sobre la calidad del aire a corto plazo. Este índice tiene 7 niveles. Cálculo del índice IQA:

IQA	Calidad	PM10 – 6h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO – 8h ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> - 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> - 6h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> – 8h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
0-25	Excelente	< 25	< 2,7	< 50	< 45	< 60
25-50	Aceptable	25 a 50	2,7 a 5,2	50 a 100	45 a 90	60 a 120
51-100	Mediocre	50 a 62,5	5,2 a 11	100 a 200	90 a 125	120 a 150
101-150	Insalubre para grupos sensibles	62,5 a 75	11 a 14,5	200 a 400	125 a 350	150 a 180
151-200	Insalubre	75 a 87,5	14,5 a 18	400 a 500	350 a 700	180 a 240
201-300	Muy insalubre	87,5 a 250	18 a 35	500 a 700	700 a 1.600	240 a 750
>300	Peligrosa	> 250	> 35	> 700	> 1.600	> 750

Fuente: <http://www.lamiaaria.it/>

## 7 Ayuntamiento de Madrid (España)

El ayuntamiento de Madrid hace difusión de los niveles de calidad del aire con el siguiente índice horario:

Índice horario		PM10 – 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO – 8h ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> - 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> - 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> – 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
0 – 50	Bueno	0 a 50	0 a 5	0 a 100	0 a 175	0 a 90
51 – 100	Admisible	51 a 90	6 a 10	101 a 200	176 a 350	90 a 180
101 – 150	Deficiente	91 a 150	11 a 15	200 a 300	351 a 525	180 a 240
> 150	Malo	> 150	> 15	> 300	> 525	> 240

Fuente: web del Ayuntamiento de Madrid

## 8 Cataluña (España)

En Cataluña se dispone del índice ICQA (*Índex Català de Qualitat de l'Aire*) que se calcula, a partir del 06.01.2010, de la siguiente manera:

ICQA	Calidad del aire	PM10 – 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO – 8h ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> - 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> - 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> – 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
75 a 100	Buena – Excelente	0 a 17,5	0 a 3	0 a 45	0 a 100	0 a 55
50 – 75	Buena - Satisfactoria	17,5 a 35	3 a 6	45 a 90	100 a 200	55 a 110
25 a 50	Regular – Aceptable	35 a 42,5	6 a 8	90 a 145	200 a 275	110 a 145
0 a 25	Regular – Baja	42,5 a 50	8 a 10	145 a 200	275 a 350	145 a 180
-50 a 0	Pobre – Deficiente	50 a 200	10 a 13,5	200 a 665	350 a 925	180 a 290
< -50	Pobre – muy deficiente	> 200	> 13,5	> 665	> 925	> 290

Fuente: web del Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya

## 9 Estados Unidos

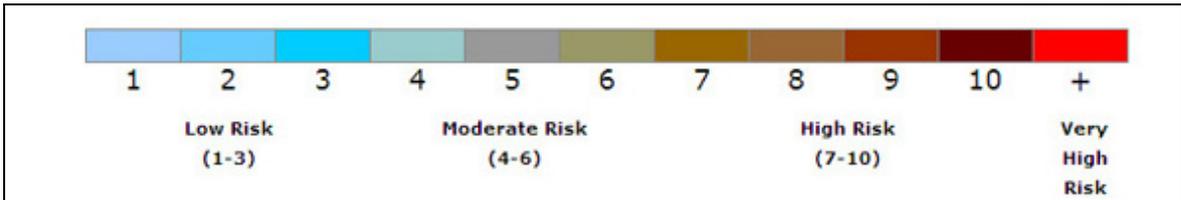
Índice diario de calidad del aire ambiente, el AQI (Air Quality Index). En la tabla siguiente se muestran los valores de corte de todos los contaminantes del índice para cada categoría considerada. Los valores originales expresados en unidades ppm y ppb se han convertido a las unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $\text{mg}/\text{m}^3$ , y solo se indica el valor más elevado de cada categoría, excepto cuando no existe el contaminante considerado en la categoría inferior.

AQI	Categoría	PM10 24h	PM2,5 24h	NO <sub>2</sub> 1h	O <sub>3</sub> 8h	O <sub>3</sub> 1h	SO <sub>2</sub> 24h	CO 8h
		( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )					
0-50	Buena	54	15,4	-	128	-	90	5,1
51-100	Mediocre	154	40,4	-	168	-	384	11,0
101-150	Insalubre para grupos sensibles	254	65,4	-	208	250 – 328	598	14,5
151-200	Insalubre	354	150,4	-	248	408	812	18,0
201-300	Muy insalubre	424	250,4	1.240 – 2.370	748	808	1.612	35,6
301-500	Peligrosa	604	500,4	3.900	-	1.208	2.680	59,0

Fuente: EPA. 1999.

## 10 Canadá

En Canadá existe el índice de calidad del aire para la salud (AQHI), (*Air Quality Health Index*). Tiene una escala del 1 al 11 e indica el nivel de riesgo asociado para la salud en relación a la calidad del aire. El AQHI proporciona información conjunta de los niveles de partículas, dióxido de nitrógeno y ozono. Coexiste con el tradicional *Air Quality Index* (AQI) basado en contaminantes individuales.



Fuente: <http://www.ec.gc.ca/cas-aqhi/default.asp?lang=En&n=065BE995-1>

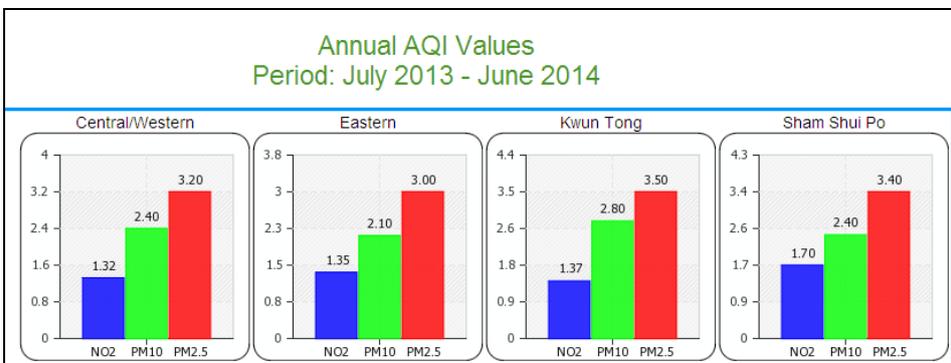
## 11 Hong Kong

En Hong Kong utilizan un índice de calidad del aire para la salud (AQHI) con el mismo formato de 11 niveles de Canadá, pero con 5 categorías en vez de 4. Imagen con los colores e los iconos utilizados:



Fuente: <http://www.aqhi.gov.hk/en/what-is-aqhi/about-aqhi6193.html?showall=&limitstart=>

Mensualmente en Hong Kong se calculan los índices anuales de calidad del aire en relación a los valores anuales recomendados por la OMS:



Referencia OMS valores anuales: NO<sub>2</sub> 40 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 20 µg/m<sup>3</sup> y PM<sub>2.5</sub> 10 µg/m<sup>3</sup>

Fuente: <http://www.aqhi.gov.hk/en/annual-aqi/latest-annual-aqi.html>