

La Fundación para la Gestión y Protección del Medio Ambiente, FUNGESMA, convoca la Primera Edición del

# Premio

**+mas**  
medio ambiente y salud

Su finalidad es fomentar acciones concretas, proyectos de cooperación, estudios y análisis o trayectorias de personas o instituciones encaminadas a la promoción y defensa conjunta del MEDIO AMBIENTE y de la SALUD

Dotado con

6.000 euros

Dirigido a

Profesionales e instituciones del ámbito sanitario o medioambiental



Qué se premia

Trabajos originales de investigación.  
Proyectos de información, formación o educación.  
Informes, artículos.  
Trayectorias profesionales o institucionales.

**+ INFORMACIÓN**

FUNGESMA  
Avda. Pío XII, 14; 28016 Madrid  
Tel.: 91 353 01 56; Fax: 91 345 18 19  
info@fungesma.es; www.fungesma.es

Con el patrocinio de



Rev. Salud Ambient. 2003;3(2): 75-114

Volumen III  
Número 2  
Diciembre 2003  
Valencia

# REVISTA DE SALUD AMBIENTAL

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÚDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

LAS OBRAS  
DE  
HIPPOCRATES  
MAS SELECTAS,  
ILUSTRADAS

## VII Congreso Nacional de Sanidad Ambiental

Salamanca, 18-20 de junio 2003

CONFERENCIAS

Y

PONENCIAS

TOMO SEGUNDO.

CON PRIVILEGIO.

MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, calle de las Urofas.  
Año M. DCC. LXI.

SOCIEDAD ESPAÑOLA



DE SANIDAD AMBIENTAL

**REVISTA DE SALUD AMBIENTAL****Revista de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental**

La *Revista de Salud Ambiental*, órgano de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, pretende actuar como publicación científica en el ámbito de las disciplinas destinadas a proteger la salud de la población frente a los riesgos ambientales y, a su vez, permitir el intercambio de experiencias, propuestas y actuaciones entre los profesionales de la Sanidad Ambiental y disciplinas relacionadas como son la Higiene Alimentaria, la Salud Laboral, los Laboratorios de Salud Pública, la Epidemiología Ambiental o la Toxicología Ambiental.

**Periodicidad:** 2 números al año

**Correspondencia científica:**

Revista de Salud Ambiental

Apartado de correos 108, 46110 Godella, Valencia

**Comité de Redacción:**

Direcció General de Salut Pública

C/ Micer Mascó 33, 46010 Valencia

**Suscripciones**

Secretaría administrativa de SESA: TILSA OPC, SL

C/ Londres, 17; 28028 MADRID

TELF: 913612600; FAX: 913559208; Email: [sesa@tilea.es](mailto:sesa@tilea.es)

**Precios suscripciones**

Para los miembros de la SESA la suscripción está incluida en la cuota de socio

Suscripción anual: **19 €** (3.161 pts)

Ejemplar suelto: **13 €** (2.163 pts)

Para el extranjero los precios son los mismos más los gastos de envío.

D. L.: V-2.644-2001

ISSN: 1577-9572

Imprime: Federico Domenech, S. A.

COPYRIGHT Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática el Copyright a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Ninguno de los trabajos publicados en la *Revista de Salud Ambiental*, podrá ser reproducido, total o parcialmente, sin la autorización escrita de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

### *REVISTA DE SALUD AMBIENTAL*

### Sociedad Española de Sanidad Ambiental

**TIPOS DE ARTÍCULOS:**

La Revista consta de las siguientes secciones:

- **Originales.** Trabajos de investigación, artículos de revisión y estudios de casos y análisis de actuaciones sobre Salud y Medio Ambiente (Sanidad Ambiental, Higiene Alimentaria, Salud Laboral, Laboratorios de Salud Pública y Toxicología) Tendrán la siguiente estructura: resumen, palabras clave, texto (introducción, material y métodos, resultados y discusión), agradecimientos y bibliografía. La extensión máxima del texto será de doce hojas tamaño DIN-A4, mecanografiadas a doble espacio, utilizando letra Arial 11, admitiéndose un máximo de seis figuras y seis tablas. Es aconsejable que el número de autores no sobrepase los seis.

- **Colaboraciones Especiales.** El texto tendrá una extensión máxima de quince hojas de tamaño DIN-A4, mecanografiadas a doble espacio, utilizando letra Arial 11 La bibliografía no será superior a las cien citas. Opcionalmente el trabajo podrá incluir tablas y figuras.

- **Noticias SESA,** sección dedicada a las actividades y proyectos concretos de la Sociedad y a proporcionar a los asociados información de interés técnico o normativo.

- **Otras Secciones.** La *Revista de Salud Ambiental* incluye otras secciones tales como Editoriales, Cartas al director, recensiones de libros, etc.

**ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS**

Las siguientes normas de publicación son un resumen de los "Requisitos de uniformidad para manuscritos presentados a revistas biomédicas" (estilo Vancouver) 5ª edición, elaborados por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, publicadas en: Rev Esp Salud Pública 1997; 71:89-102.

Los manuscritos, con la correspondiente numeración, se presentarán de acuerdo al siguiente orden: página del título, resumen, texto, bibliografía, tablas, pies de figuras y figuras

Página del título. **En esta página se indicarán los siguientes datos:**

**Título del artículo (conciso pero informativo)**

Nombre y dos apellidos de cada uno de los autores.

Nombre completo del centro de trabajo de cada uno de los autores

Nombre y dirección completa, del responsable del trabajo o del primer autor, incluyendo número de teléfono y del telefax y dirección del correo electrónico si dispone de ella.

Becas o ayudas para la subvención del trabajo y otras especificaciones, cuando se considere necesario.

**Resumen y palabras clave** Se incluirá en la segunda página, con una extensión máxima de 250 palabras. Se describirá de forma concisa el motivo de la investigación, la manera de llevar a cabo la misma, los resultados más destacados y las principales conclusiones del trabajo.

Debajo del resumen se especificarán de tres a diez *palabras clave* que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en los repertorios y bases de datos

Tanto el título como el resumen y las palabras clave deben ir acompañadas de su *traducción al inglés*.

*Texto*

Las páginas siguientes serán las dedicadas al texto del artículo. Los artículos originales deben ir divididos en los siguientes apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados y Discusión. Algún tipo de artículos, como revisiones, presentaciones de casos, etc., puede precisar otro formato diferente.

**Introducción.** Debe indicar con claridad y de forma resumida los fundamentos del trabajo y la finalidad del mismo, no incluyendo datos o conclusiones del trabajo que se publica

**Material y métodos.** Debe describir claramente la metodología utilizada, incluyendo la selección de personas o material estudiado, indicando los métodos, aparatos y/o procedimientos con suficiente detalle par permitir reproducir el estudio a otros investigadores. Se expondrán los métodos estadísticos y de laboratorio empleados.

Cuando se trate de trabajos experimentales en los que se hayan utilizado grupos humanos o animales, indicar las normas éticas seguidas por los autores. Los estudios experimentales en humanos deberán contar con la correspondiente aprobación.

Cuando se haga referencia a productos químicos o medicamentos debe indicarse el nombre genérico.

**Resultados.** Los resultados deben ser concisos y claros, incluyendo el mínimo necesario de tablas y figuras, de modo que no exista repetición de datos en el texto, y en las figuras y tablas.

**Discusión.** Se considerarán los resultados presentados comparándolos con otros publicados, así como las conclusiones y aplicaciones. No deberán repetirse con detalle los resultados del apartado anterior y las conclusiones se apoyarán en los resultados del trabajo.

**Agradecimientos.** Cuando se considere necesario se citará a las personas, centros o entidades que hayan colaborado en la realización del trabajo sin llegar a la calificación de autor.

**Bibliografía.** Las referencias bibliográficas se presentarán según el orden de aparición en el texto con la correspondiente numeración correlativa en números arábigos en superíndices. A continuación citamos algunos ejemplos :

*Artículos de Revistas*

Vega KJ, Pina I, Krevsky B. Heart Transplantation is associated with an increased risk for pancreatobiliary disease. Ann Intern Med 1996;124:980-3.

*Libros y Otras Monografías*

Ringsven MK, Bond D. Gerontology and leadership skills for nurses. 20 ed. Albany (NY): Delmar Publishers;1996.

Institute of Medicine (US). Looking at the future of the Medicaid programme. Washington (DC): The Institute; 1992.

*Capítulo de libro*

Phillips SJ, Whisnant JP. Hypertensión and stroke. En: Laragh JH, Brenner BM, editores. Hypertensión: pathophysiology, diagnosis and management. 20 ed. Nueva York: Raven Press;1995. p. 465-78.

*Actas de conferencias*

Kimura J, Shibasaki H, editors. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japón. Amsterdam: Elsevier; 1996.

*Documentos legales*

Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos. BOE núm. 48, de 25 de febrero

**Internet**

Donaldson L, May R. Health implications of genetically modified foods. 1999. Disponible en: [www.doh.gov.uk/gmfood.htm](http://www.doh.gov.uk/gmfood.htm).

**Tablas**

Las tablas se presentarán en hojas aparte del texto, una hoja por tabla, numeradas correlativamente con números arábigos, título en la parte superior y con las pertinentes notas explicativas al pie

**Figuras**

Deberán ir numeradas consecutivamente, según el orden de aparición en el texto, en números arábigos. El pie contendrá la información necesaria para interpretar correctamente la figura sin recurrir al texto.

**PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS Y PROCESO EDITORIAL**

Los manuscritos se enviarán por triplicado a la *Revista de Salud Ambiental*, mecanografiados a doble espacio, utilizando letra tipo Arial 11, en folios DIN A4, dejando márgenes laterales, superior e inferior de 2,5 cm. Se acompañarán de una carta de presentación, firmada por todos los autores, en la que se solicitará la evaluación de los mismos para su publicación en alguna de las secciones de la Revista, con indicación expresa de tratarse de un trabajo original, no haber sido difundido ni publicado anteriormente, excepto en forma de resumen, y únicamente ser enviado a la *Revista de Salud Ambiental* para su evaluación y publicación

La redacción de la *Revista de Salud Ambiental* acusará recibo a los autores de los trabajos que le lleguen y posteriormente informará de su aceptación o rechazo.

Los manuscritos serán revisados de forma anónima por evaluadores externos. La redacción de la *Revista de Salud Ambiental* se reserva el derecho de rechazar los artículos que no juzgue apropiados para su publicación, así como el de introducir modificaciones de estilo para adaptarse a las normas de publicación, comprometiéndose a respetar el contenido del original.

El manuscrito definitivo será enviado por los autores por duplicado, incluyendo el correspondiente disquete e indicando el programa utilizado

Cuando el artículo se halle en prensa, el autor recibirá las pruebas impresas para su corrección, que deberá devolver a la redacción de la revista dentro de las 72 horas siguientes a su recepción

La *Revista de Salud Ambiental* no devolverá los manuscritos originales, hayan sido aceptados o no para su publicación.

Una vez publicado cada número de la *Revista de Salud Ambiental*, los autores de los trabajos publicados en él recibirán cada uno dos ejemplares del mismo.

**RESPONSABILIDADES ÉTICAS**

Se incluirá el permiso de publicación por parte de la institución que haya financiado la investigación, si procede.

El envío del manuscrito implica que este no ha sido publicado anteriormente y que no está considerándose para su publicación en otra revista, libro, etc.

La responsabilidad de obtener los correspondientes permisos para reproducir parcialmente material de otras publicaciones corresponde a los autores.

La *Revista de Salud Ambiental* declina cualquier responsabilidad sobre posibles conflictos derivados de la autoría de los trabajos que se publiquen

La *Revista de Salud Ambiental* no acepta la responsabilidad de las afirmaciones realizadas por los autores.

COPYRIGHT Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática el Copyright a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Ninguno de los trabajos publicados en la *Revista de Salud Ambiental*, podrá ser reproducido, total o parcialmente, sin la autorización escrita de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

REVISTA DE

**SALUD AMBIENTAL**

Volumen III  
Número 2  
Diciembre 2003  
Valencia

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÚDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

**VII Congreso Nacional  
de Sanidad Ambiental**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
Y LA EVALUACIÓN DEL RIESGO**

**Salamanca, 18-20 de junio 2003**

**CONFERENCIAS  
Y  
PONENCIAS**

SOCIEDAD ESPAÑOLA



DE SANIDAD AMBIENTAL

**REVISTA DE SALUD AMBIENTAL**  
Sociedad Española de Sanidad Ambiental

**COMITÉ DE REDACCIÓN**

**Editor:**

José Vicente Martí Boscà  
Dirección General de Salud Pública.  
Valencia  
marti\_josboc@gva.es

**Editores adjuntos:**

Encarna Santolaria Bartolomé  
Dirección General para la Salud Pública  
Valencia  
santolaria\_enc@gva.es

José María Ordoñez Iriarte  
Dirección General de Salud Pública  
Madrid  
josemaria.ordonez@comadrid.es

**COMITÉ EDITORIAL**

**La Junta Directiva de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental**

**Presidente:**

José Vicente. Martí Boscà

**Vicepresidente:**

José M.<sup>a</sup> Ordóñez Iriarte

**Secretario:**

Ricardo Iglesias García

**Tesorera:**

Margarita Palau Miguel

**Vocales:**

Antonio Daponte Codina  
Eduardo de la Peña de Torres  
Francisco Vargas Marcos  
Nicolás Olea Serrano  
M.<sup>a</sup> Elisa Gómez Campoy  
Guadalupe Martínez Juárez  
José Jesús Guillén Pérez  
Rosalía Fernández Patier

# REVISTA DE SALUD AMBIENTAL

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÚDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

## SUMARIO

<b>EDITORIAL</b> .....	76
<b>PONENCIAS VII CONGRESO NACIONAL DE SANIDAD AMBIENTAL</b>	
<b>Nuevo siglo, nuevos riesgos sanitarios y ambientales en el agua.</b> R. J. García-Villanova Ruiz .....	77
<b>Gestión de crisis en sanidad ambiental: consideraciones desde una dirección de salud pública.</b> J. M. <sup>a</sup> Martín Moreno .....	86
<b>Metodología para el desarrollo de sistemas de información en sanidad. Aplicación al Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo (SINAC).</b> J. Canosa Penaba .....	91
<b>Los sistemas de información geográfica en salud ambiental.</b> J. A. Malpica Velasco .....	97
<b>La evaluación del impacto en salud de la contaminación atmosférica.</b> F. Ballester Díez .....	102
<b>Evaluación del impacto en la salud de la contaminación del suelo.</b> K. Cambra Contín .....	108
<b>Factores medioambientales, vivienda y salud.</b> R. Iglesias García .....	111

## CONTENTS

<b>EDITORIAL</b> .....	76
<b>REPORTS FROM VIII<sup>th</sup> NATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL HEALTH</b>	
<b>New health and environmental risks in water for a new century.</b> R. J. García Villanova .....	77
<b>Environmental health crisis management from a public health administration perspective.</b> J. M. <sup>a</sup> Martín Moreno .....	86
<b>Development methodology for health information systems. A practical case of a Drinking Water Information System (SINAC).</b> J. Canosa Penaba ...	91
<b>The geographic information systems in environmental health.</b> J. A. Malpica Velasco .....	97
<b>Evaluation of the impact of air pollution on health.</b> F. Ballester Díez .....	102
<b>Health Impact assessment of soil pollution.</b> K. Cambra Contín .....	108
<b>Environmental factors, housing and health.</b> R. Iglesias García .....	111



## EL CONGRESO DE SALAMANCA: LA MEJOR REUNIÓN CIENTÍFICA DE SANIDAD AMBIENTAL

Meses después de finalizado el VII Congreso Nacional de Sanidad Ambiental, celebrado en Salamanca los pasados 14, 15 y 16 de junio de 2003, podemos iniciar esta editorial con la valoración que nos proporcionan los datos: ha resultado la mejor reunión profesional de Sanidad Ambiental celebrada en España.

En el ámbito científico, el número de asistentes, superior a 200, su variada procedencia territorial y laboral, el número y la calidad de los trabajos presentados: 2 magnas conferencias, de inauguración y clausura, 17 ponencias, 2 talleres previos al congreso, 39 comunicaciones orales y 81 comunicaciones expuestas en carteles, aportan los indicadores objetivos sobre esta reunión bienal de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

En los aspectos organizativos, a pesar de la necesaria austeridad del marco universitario de la Facultad de Farmacia de Salamanca, que sufrió unas temperaturas inusuales en esas fechas, las facilidades de espacio y los recursos concedidos auspiciaron interesantes debates, desde los producidos en las sesiones plenarias hasta los generados en los pequeños grupos organizados ante las diferentes comunicaciones expuestas en cartel. El personal de TILSA OPC, SL trabajó con esfuerzo para conseguir que los problemas que esta reunión plantea estuviesen resueltos con gran profesionalidad antes de presentarse.

Para estos logros, debemos reseñar la participación en un primer plano de la Consejería de Sanidad y Bienestar Social, de la Junta de Castilla y León, así como la colaboración de la Dirección General de Salud Pública, del Ministerio de Sanidad y Consumo, cuyo titular, el profesor Martín Moreno, compartió la última sesión con nosotros como conferenciante en la clausura y como un asistente más; de la Universidad de Salamanca, cuyas instalaciones

aprovechamos gratuitamente; de la Diputación Provincial, que nos obsequió con la grata capea y una comida campera en sus instalaciones al finalizar la reunión científica, y del propio Ayuntamiento de Salamanca. Igualmente hay que reseñar a las instituciones y empresas que patrocinaron, colaboraron o expusieron sus actividades en el marco del Congreso.

La hermosa ciudad dorada aportó el marco adecuado para las pocas horas de esparcimiento que quedaron libres, incluyendo la deliciosa visita guiada al atardecer por la ciudad antigua, con la que nos sorprendió la secretaria del Comité Organizador.

Todo el Congreso es el fruto del buen trabajo ejecutado por los Comités Organizador y Científico, liderados, respectivamente, por Agustín Álvarez Nogal y Francisco Vargas Marcos, con el apoyo de los secretarios Margarita Palau y Eduardo de la Peña y del resto de miembros de los dos Comités. Gracias a todos.

Ante la calidad de esta reunión científica, Revista de Salud Ambiental ha optado por facilitar sus páginas a los conferenciantes y ponentes para que expongan sus presentaciones con la máxima liberalidad de espacio, dentro de nuestras limitaciones, ello nos obliga a dividir en dos números las ponencias de mayor interés para los profesionales de la Salud Ambiental.

Sólo queda fijar el objetivo siguiente: que el VIII Congreso Nacional de Sanidad Ambiental, del que podemos adelantar su celebración en junio de 2005 en la ciudad de Toledo, supere al último celebrado.

**José Vte. Martí Boscà**  
**Presidente de la SESA**



# NUEVO SIGLO, NUEVOS RIESGOS SANITARIOS Y AMBIENTALES EN EL AGUA

## NEW HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS IN WATER FOR A NEW CENTURY

Rafael J. García-Villanova Ruiz \*

\* Catedrático de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca

### RESUMEN

Allá donde se ha impuesto una correcta gestión y control de las aguas han quedado minimizadas las amenazas que durante siglos pesaron sobre la humanidad. Sin embargo, nuevos riesgos emergen en la actualidad, unos inexistentes antes y otros desconocidos o considerados de escasa relevancia para las prioridades sanitarias del pasado.

Los llamados **subproductos de cloración** de las aguas son la cara menos amable de este hito que ha supuesto el empleo del cloro como desinfectante. Sus inconvenientes no son desde luego comparables a sus beneficios, pero en una población que aspira y ya posee mayor esperanza de vida y mejores estándares sanitarios, los estudios epidemiológicos han establecido con desigual certeza un mayor riesgo de cáncer. Por ello la Directiva Europea 98/83/CE limitó el contenido en el grupo de los **trihalometanos** a 100 µg/l, con abastecimientos de agua en su mayoría de origen superficial y, está planteando un verdadero problema el cumplimiento de este límite.

A pesar de las ingentes experiencias de **fluoración de aguas** en plantas potabilizadoras de Estados Unidos y Norte y Centroeuropa durante la segunda mitad del siglo xx, de resultados aparentemente positivos en la prevención de la caries dental, recientemente ha vuelto la controversia acerca de sus efectos nocivos no sólo sobre la dentadura y esqueleto (fluorosis) sino sobre diversos mecanismos metabólicos. Ya se afirma que puede ser nocivo incluso a la concentración en que se recomienda (1,0-1,5 µg/l), lo que en los últimos años ha producido una corriente partidaria de su supresión.

En las últimas décadas del pasado siglo, los planes de monitorización de aguas subterráneas han revelado que el **arsénico** está presente de forma más frecuente de lo que se pensó. El caso mejor estudiado es el de Taiwan, con unos diez mil casos de síndrome melanodérmico y cáncer cutáneo. La abundante documentación de este suceso y la aplicación de una metodología singular de estimación de riesgos (la toxicología del arsénico no ha encontrado un modelo experimental animal) impulsó recientemente el nuevo estándar de 10 µg/l por OMS y EPA reflejado en nuestra nueva legislación. Pero el caso más reciente y trágico es el de Bangla-Desh, con más de 40 millones de afectados de intoxicación crónica.

### ABSTRACT

In those where appropriate water management and control have been implanted, hazards that have endangered Humanity throughout time have been reduced. Today, however, new threats are emerging, threats previously unknown, inexistent or considered irrelevant in the past.

The so-called **chlorination by-products** of water are the other face of this landmark of the employ of chlorine as a disinfectant. Its drawbacks are by no means comparable to its benefits, but in a population with higher life expectancy and health standards, epidemiological studies have determined a higher cancer risk, to a variable certainty though. Consequently, European Directive 98/83/CE has established a limit of 100 µg/l for the group of trihalomethanes. Compliance with this limit it's been difficult for Spain as surface water is a main resource and, on the other hand, its warm climate favours its formation.

Extensive experiments on **water fluoridation** in United States and Central and Northern Europe showed, to a varying extent, a positive effect on dental caries. However, there is an increasing opinion on its side-effects with a result of both dentine and skeletal fluorosis. A number of authors state that even the current recommended dose in drinking water (1,0 to 1,5 g/l) could be deleterious. Controversy has raised throughout the last decade and has led to a tendency for suppression.

During the last quarter of the XXth century groundwater monitoring plans have revealed that **arsenic** is present more frequently than it was thought. The best known episode is that of Taiwan, with a result of some 10.000 cases of melanodermic syndrome and skin cancer. Since animal studies had failed in demonstrating a cancer induction or promotion with arsenic, the overwhelming records of that episode have permitted a risk estimation and, then, proposal for the new standard of 10 µg/l. A most tragic episode is that recent of Bangla-Desh, with more than 40 millions individuals affected of chronic intoxication, many of them with skin, lung and bladder cancers.

**Correspondencia:** Rafael J. García-Villanova, Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Facultad de Farmacia, Campus Miguel de Unamuno, 37007 Salamanca.

La eutrofización de las aguas continentales y costeras es un fenómeno muy generalizado, que alcanza también a nuestro país. Preocupa en la actualidad porque son cada vez más frecuentes las llamadas *floraciones* ("blooms") de **algas cianofíceas toxigénicas**. Se estima que más de la mitad de ellos han producido neuro o hepatoxinas en embalses y aguas remansadas. La acumulación superficial ("mantas") de algunas especies de cianofíceas o de costros y espumas en las orillas han sido causa de intoxicación letal del ganado. Más corriente es la irritación de ojos, erupciones cutáneas, vómitos, diarrea, fiebre y dolor en músculos y articulaciones en personas que han bebido o bañado en lugares con espumas procedentes de algas. Aunque no lo estipula la Directiva Europea, la nueva legislación española prescribe acertadamente el control de una de ellas: microcistina, 1ppb.

En las aguas residuales urbanas pueden estar presentes hasta 100 especies de **virus patógenos** para el hombre. Suelen pasar las plantas depuradoras de residuales sin verse afectados y sobrevivir en el medio acuático durante largos períodos, y así llegan a las plantas de potabilización convencionales, donde generalmente resisten la cloración. Sin embargo, sólo de unos pocos se ha demostrado su transmisión por el agua. Es el caso del de la Hepatitis A y, más recientemente, el de la Hepatitis E, endémicos en la región mediterránea. De otra parte, en la actualidad la gastroenteritis viral es la segunda causa de enfermedad infecciosa, después de las respiratorias, en países desarrollados y se atribuye fundamentalmente a Rotavirus y Normovirus (virus Norwalk like), con la vía hídrica como forma de transmisión.

*Cryptosporidium* siempre ha sido un parásito de animales, incluyendo los de compañía y granja. Sin embargo, en el año 1976 se reconoció como patógeno humano y la primera epidemia documentada que tuvo por origen el agua es aún más reciente, 1983. El brote epidémico más espectacular fue el de la primavera de 1993 en Milwaukee (Wisconsin), con 400.000 infectados por un agua municipal que cumplía todos los estándares legales. En pacientes inmunodeprimidos la infección es una amenaza de por vida, siendo la mayor causa de muerte entre los afectados de SIDA. La cloración convencional no le afecta, aunque los oocistos suelen ser retenidos en los filtros de las potabilizadoras, si bien no siempre de forma completa. La inseguridad es, pues, grande porque la dosis infectiva podría estar entre 1 y 100 oocistos.

**PALABRAS CLAVE:** Subproductos de desinfección, fluoración de aguas, floraciones toxigénicas de algas, virus acuáticos patógenos, criptosporidiosis.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua apta para consumo humano, sea con o sin tratamiento de potabilización, alcanza en nuestro entorno geoeconómico a casi toda la población y es uno de los mayores hitos en Salud Pública, lentamente hecho realidad a lo largo del pasado siglo. Ello ha reducido a brotes esporádicos las enfermedades infecciosas transmitidas por este medio que, a la forma de epidemias durante siglos, asolaron a la humanidad.

Coastal and continental water eutrophication is a broadly generalized phenomenon, which affects Spain too. There is a recent concern about it because **toxigenic algal blooms** are more and more frequent. There is an estimation that half of them have produced neuro or hepatotoxins in dams and backwaters. The surface accumulation of some species of blue-green algae with crusts or foams by the shore is been known as a cause for lethal intoxication of cattle. More frequently can be found human episodes with eyes irritation, rashes, vomiting, diarrhea, fever and muscular and articulation pain in individuals after drinking or bathing in waters with foams from algae. The new spanish regulation establishes a control for microcystine, with a limit of 1 µg/l.

Waste waters may hold up to 100 especies of **human pathogenic viruses**. They usually cross through sewage treatment plants and survive in the water bodies for large periods, thus reaching the drinking water plants were they are not affected by the chlorine. However, only for a few there is evidence of transmission through water, as with the case of the Hepatitis A and E viruses. On the other hand, currently viral gastroenteritis is the second cause of infectious disease in developed countries. The agents are considered to be Rotavirus and Norovirus (Norwalk-like viruses) with a hydric transmission.

For years, *Cryptosporidium* has been considered an animal parasite, especially of cattle. In 1976 it was first recognized as a human pathogen, but not until 1983 it was documented the first epidemic transmitted by the water. In 1993 a big epidemic was declared at Milwaukee (Wisconsin) with some 400.000 affected, after ingestion of water from a distribution system which showed to comply with all the legal standards. In immunosuppressed patients, the infection is severe and with a high rate of death among those affected by SIDA. Conventional chlorination does not affect the oocyst, although much of them (but not always and not all) are retained by the filters. The risk and lack of safety is a fact, because the infective dose could be between 1 and 100 oocysts.

**KEY WORDS:** Disinfection by-products, water fluoridation, toxigenic algal blooms, pathogenic aquatic viruses, cryptosporidiosis.

Mucho menos complacientes podemos ser con la depuración de las aguas residuales. Resultado de la presión demográfica sobre los sistemas acuáticos continentales o costeros, la seguridad higiénica de las aguas de baño y, más allá de esto, el propio equilibrio de los ecosistemas acuáticos en la actualidad no alcanza a todos los lugares, si bien hay que reconocer los logros de las dos últimas décadas y, previsiblemente, el de final de 2005 cuando de-

berá ser una realidad en la Unión Europea la depuración integral de todas sus aguas continentales.

Para buscar una fecha histórica<sup>1</sup> en el tratamiento del agua para abastecimiento público, hay que remontarse al año 1804 en Paisley y tres años más tarde a la ciudad de Glasgow, también en Escocia, donde se instalan los primeros sistemas de filtración permanente a través de arena que consiguen retener buena parte de la carga bacteriana del agua. Hay que esperar un siglo para, en el año 1902, ver las primeras plantas municipales de cloración permanente en Middelkerke (Bélgica) y a 1912 en la pequeña y turística ciudad de Niagara Falls en Nueva York. De forma lenta continuó el cloro su implantación en el mundo desarrollado y, transcurridos cien años, en la actualidad pocas son las poblaciones de países con una mínima seguridad sanitaria que no lo empleen o hayan empleado en el pasado como desinfectante.

En contra de lo que se cree, no es tan reciente la tecnología de depuración de las aguas residuales<sup>2</sup>. Entre los años 1830 y 1870 se producen las últimas grandes epidemias de cólera y tifus en grandes ciudades Europeas (París, Londres, Hamburgo,...) y de Estados Unidos (en cuya Guerra de Secesión murieron más soldados de cólera y tifus que en combate). Sorprendentemente, el sistema de saneamiento individual que para entonces se ha prologado, con canalización rápida de los efluentes fecales domésticos, acaba convirtiendo en cloacas las corrientes fluviales que sirven de abastecimiento a otras poblaciones, sin que el natural proceso de autodepuración pueda hacer mucho. Es decir, el problema se ha trasladado de lugar, pero persiste. Fue entonces, en 1871, cuando se produce el informe de la *Massachusetts State Board of Health*, que en 1887 pone a funcionar la *Lawrence Experiment Station*, verdadera pionera en la investigación de la tecnología de depuración de aguas, cuyas bases teóricas y técnicas sienta. En época tan temprana aparecen los primeros diseños de lechos de contacto (1890), fangos activados (1913) y filtros bacterianos (1920), hoy tan extendidos, que imitan el natural proceso de autodepuración a base de facilitar el asentamiento en ellos de la propia flora autóctona acuática, depredadora de la extraña flora fecal. Lentamente va incorporándose también toda esta tecnología a los grandes núcleos de población a lo largo del siglo XX, si bien en España la hemos conocido en época relativamente reciente.

Entretanto, la Unión Europea no ha permanecido ociosa. El último cuarto de siglo ha sido especialmente dinámico en la gestión, con la publicación de las Directivas relativas a:

1. Aguas Superficiales (1975)
2. Sustancias Peligrosas (1976)
3. Aguas de Baño (1976)
4. Aguas Pesqueras (1978)
5. Aguas para Cría de Moluscos (1979)
6. Aguas Subterráneas (1980)
7. Aguas para Consumo Humano (1980, 1998)
8. Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (1991)
9. Nitratos (1991)
- 10. Directiva Marco del Agua (2000)**

La paulatina adopción de esta última, la Directiva Marco, producirá la derogación de seis, manteniendo vigentes las de Aguas de Baño, Aguas para Consumo Humano (1998), Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas y

la de Nitratos. Especial relevancia y esfuerzo inversor ha supuesto a los Estados Miembros el cumplimiento de la de Aguas Residuales Urbanas, por la que todo núcleo de población deberá poseer un colector y justificar un tratamiento de sus aguas residuales urbanas antes de final de los años 1998, 2000 o 2005, según su tamaño y ubicación.

Desde luego, la situación dista mucho de este idílico escenario en los llamados *Segundo y Tercer Mundo*. La OMS continúa afirmando que una mayoría de países, con unos 1.100 millones de habitantes, no tiene acceso a "agua limpia" y que, como consecuencia de ello, un 80% de las enfermedades padecidas por sus habitantes tiene todavía como causa última el agua y alimentos no higienizados. Y estima que unos 25.000 niños y adolescentes mueren cada día por infecciones gastrointestinales producidas por agua no desinfectada.

Junto a ello, nuevos riesgos emergen en la actualidad, unos inexistentes antes y otros desconocidos o considerados de escasa relevancia para las prioridades sanitarias del pasado.

### Subproductos de cloración

En el año 1974 J.J. Rook<sup>3</sup> describe la aparición en el agua de bebida, como consecuencia de su cloración, de un grupo de cuatro moléculas muy sencillas -un sólo átomo de carbono- fuertemente cloradas o halogenadas, a las que llama trihalometanos (THMs) o haloformos: cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ , mayoritario con diferencia), diclorobromometano ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ) clorodibromometano ( $\text{CHClBr}_2$ ) y bromoformo ( $\text{CHBr}_3$ ), compuestos ya entonces conocidos con variable evidencia de carcinogenicidad. Sorprendidos por el hallazgo, el propio Rook se apresura a afirmar que su bajísima concentración "no constituye una inmediata amenaza para la salud pública y el bienestar", pero que "se hace necesaria más investigación sobre sus efectos a largo plazo". A partir de ese año y hasta la actualidad se ha producido un ingente número de publicaciones y reuniones científicas mostrando un verdadero elenco de compuestos químicos, que pasan a llamarse subproductos de cloración y, más tarde, subproductos de desinfección (*disinfection by-products*, *DBPs*) al comprobar que otros desinfectantes también los pueden producir.

Su formación se debe a la reacción de parte de la materia orgánica soluble y natural de las aguas (humina, ácidos húmicos y, sobre todo, fúlvicos) con el cloro. Este material llamado Sustancias Húmicas es, a su vez, la fracción más o menos soluble de un complejo conjunto de sustancias de alto peso molecular resultantes de la lixiviación de la capa orgánica del suelo, constituidas por los restos más inertes de la materia vegetal -hojas secas y fracción leñosa. La enorme variabilidad de su origen, dependiente de la flora y suelo de cada lugar, complica aún más el conocimiento de sus estructuras. Más recientemente se han añadido a ellas otros precursores: péptidos, aminoácidos, pigmentos vegetales y metabolitos de algas. Al ser degradados en el medio acuático con variable lentitud -las sustancias húmicas son especialmente resistentes- llegan, entretanto, a las plantas de cloración donde producen compuestos haloorgánicos, generalmente clorados -también bromados si las aguas contienen bromuro-, de uno o varios átomos de carbono.

De la complicada cinética de formación de estos compuestos, no obstante, se reconocen ya cuatro factores como determinantes:

- 1º. Alto contenido en precursores, es decir, de materia orgánica en el agua
- 2º. Altas dosis de cloro aplicadas
- 3º. Alta temperatura del agua y tiempo de contacto
- 4º. Desviaciones del pH de la neutralidad favorecen la formación de unos u otros.

### Toxicología y estudios epidemiológicos

La toxicología mejor conocida es la de trihalometanos y ácidos haloacéticos. El cloroformo no tiene evidencias significativas de teratogenicidad, pero sí de carcinogenicidad si bien su dudoso carácter mutagénico hace pensar en un mecanismo de inducción o incluso epigenético. Los otros tres presentan evidencias de actividad mutagénica y carcinogénica, más claramente descritas en caso del diclorobromometano. La *International Agency for Research on Cancer* (IARC) clasificó hace tiempo a cloroformo, diclorobromometano y, más recientemente, al ácido dicloroacético, en el grupo 2B ("posiblemente carcinogénicos en humanos").

Los estudios epidemiológicos se iniciaron hacia el final de los años 70 y ya entonces establecieron una muy variable correlación –desde muy estrecha a inexistente– entre consumo de agua clorada y cáncer de colon y vejiga urinaria. Hasta final de los 80 se obtienen altas correlaciones, aunque no en todos los casos, con cáncer de riñón, cerebro y linfoma no-hodgkin, corroborándose las de colon y vejiga. En este último, el de vejiga, algunos estudios relacionaron diferentes períodos de exposición (a partir de 40 años) y revelaron, además, el carácter potenciador del tabaco. Hacia mediados de la década de los 90 vuelve a confirmarse el de vejiga y aparece una nueva evidencia para el de recto. Y ya en los años próximos al 2000 aparecen estudios que relacionan con variable regresión la mayor prevalencia de abortos espontáneos en el primer trimestre, defectos en el tubo neural, bajo peso y muerte en neonatos. En el momento actual el registro mejor documentado es el de cáncer de vejiga y a él siguen los de colon y recto. Recientemente se han aplicado los valores de odds-ratio obtenidos de estudios norteamericanos a los niveles medios de exposición a THMs de la población española, atribuyendo sus autores<sup>4</sup> un riesgo aumentado de cáncer de vejiga de un 20% como media, con unos 600 fallecimientos anuales en la población española.

### Reglamentación

El hallazgo de Rook promovió en los años inmediatos la aparición de los primeros estándares: Estados Unidos, Canadá y Japón establecieron el límite en 100 µg/l. Los países europeos tuvieron una respuesta dispar. Holanda y Alemania fueron los primeros en establecerlos y los países meridionales los últimos, con la excepción de España, Portugal y Grecia que nunca lo hicieron. La Directiva 98/83/CE, transpuesta en el RD 140/2003, fijó por primera vez un límite para trihalometanos totales (TTHMs) en 100 µg/l, con una moratoria hasta el 2008 a petición del gobierno español, si bien a partir de Diciembre del 2003 no

podrá rebasarse el valor de 150 µg/l. En el momento actual los límites vigentes para TTHMs en cada país son distintos. Destacan siete países que ya los habían establecido por debajo de 100 µg/l antes de que lo hiciera la Directiva: Alemania (10), Holanda (20), y Francia, Italia, Austria, Luxemburgo y Suecia (30).

Estas diferencias no pueden ser sólo atribuibles a una diferente conciencia colectiva de la relación medio ambiente/salud, sino a algo mucho más difícil de salvar: el diferente origen (superficial o subterránea) y calidad del agua bruta y el diferente clima. El cumplimiento del límite que establece la nueva Directiva en muchos casos supondrá la introducción de cambios operacionales y de explotación importantes, cuando no de diseño, en las plantas de potabilización. Y todo ello habrá de hacerse sin menoscabo de la desinfección. Los costes derivados de ello pueden ser insignificantes para países como Austria o Dinamarca cuyo recurso procede en más del 95% de agua subterránea. En el otro extremo están países como España cuya agua potabilizada procede en un 75% de aguas superficiales. El cálido clima de los países meridionales y su recurso mayoritariamente superficial exige en las plantas convencionales, en general, dosis de cloración mayores y práctica de la cloración residual que garanticen la inocuidad del agua, favoreciendo consiguientemente la producción de subproductos de desinfección. Los altos valores medidos, especialmente en la estación cálida en que en ocasiones duplican y triplican lo permitido, son sin duda la causa de que hasta ahora no se hubieran impuesto límite alguno los tres países citados.

En Estados Unidos, la EPA estableció para todo abastecimiento un límite de 100 µg/l en el año 1998 para reducirlo a 80 µg/l a final de 2001, año en que además entró en vigor un nuevo estándar de 60 µg/l para la suma de cinco ácidos haloacéticos.

### Flúor y fluoración

El fluoruro suele acompañar a los fosfatos en sus yacimientos, con lo que podrá estar presente en algunas aguas subterráneas, o aparecer en las aguas superficiales por los vertidos de fábricas de fosfatos o de aluminio, pero no es algo frecuente. Es más frecuente su presencia por la práctica de la fluoración. Las ingentes experiencias de fluoración de aguas en plantas potabilizadoras de Estados Unidos y Norte-Centroeuropa durante los años 60 mostraron resultados aparentemente positivos en la prevención de la caries dental, especialmente en la primera dentición, pero no tanto en la definitiva. Como consecuencia de ello, cincuenta millones de habitantes de la UE beben agua fluorada en la actualidad –Alemania, Francia, Bélgica y Suiza mantienen muy extendida esta práctica. Cuarenta y dos de las cincuenta grandes ciudades de Estados Unidos practican la fluoración, lo que supone que un 60% de la población bebe agua fluorada<sup>5</sup>.

Y sin embargo recientemente ha vuelto la controversia<sup>6,7</sup> acerca de sus efectos nocivos a largo plazo sobre dentadura y esqueleto, y su responsabilidad en otras alteraciones metabólicas debidas a su fortísima capacidad complejante de oligoelementos. Ya se afirma que puede ser nocivo incluso a la concentración mantenida como máxima por la OMS<sup>8</sup> (1,5 mg/l), lo que en los últimos años

ha producido una corriente partidaria de la supresión de la fluoración sistemática. Así, Holanda y Finlandia la han suprimido hace varios años. La ciudad de Basilea, pionera en su aplicación desde hace cincuenta años, ha anunciado su supresión para este otoño. La *Canadian Dental Association*, la *Western Australian Health Authority* y la *German Scientific Dental Association* ya no recomiendan su suplementación, en tanto que Bélgica ha prohibido la venta de suplementos de flúor. Cabe preguntarse si el flúor, tal y como se suele estudiar, es un nutriente esencial. La mayoría de los manuales de Nutrición así lo consideran. Sin embargo, no se ha descrito otra misión fisiológica al fluoruro que la de introducirse en el hidroxapatito de la fracción mineral de hueso y dentina, reforzando su estructura. La *Food and Nutrition Board* recomienda un consumo de 3 a 4 mg F/día para hombre y mujer adultos, respectivamente, pero ingestas a partir de 6 mg F/día ya pueden producir fluorosis del tejido óseo<sup>8,9</sup>, y es en este escaso margen de seguridad donde radica la controversia entre los partidarios y detractores. Un estudio reciente<sup>10</sup> ha mostrado que la suplementación con fluoruro de liberación lenta en mujeres postmenopáusicas mejoró la densidad ósea y redujo las fracturas de cadera. Sí parece mantenerse que su eficacia contra la caries dental está en su acción tópica, como inhibidor del crecimiento de la placa bacteriana, pero en el momento actual resulta discutible el beneficio de su acción sistémica a la luz de los dispares resultados aportados por unos y otros autores. Finalmente, desde un punto de vista medioambiental resulta objetable el que para un aprovechamiento con estos fines de unos 2,5 l/habitante/día, se deba fluorar cantidades de casi 400 l/habitante/día como consumen algunas ciudades.

### Arsénico

*“Como saben, estamos estudiando los niveles aceptables de arsénico en el agua. Para basar nuestra decisión sobre datos sólidos, los científicos nos dijeron que había que realizar un experimento con los vasos de agua de unas 3.000 personas. Gracias por colaborar”*

George W. Bush  
Alocución a la Prensa durante una cena.  
Hotel Washington Hilton  
(*The New York Times*, 24-Abril-2001)

La broma puede o no agradar según el sentido del humor o, incluso, la simpatía personal que se profese por el conferenciante, pero da una idea de hasta donde alcanzó por esos días el debate público en Estados Unidos sobre el nuevo estándar de 10 µg/l para el arsénico en agua, una cuestión parece que más propia del ámbito científico y administrativo.

Aire, agua y alimentos son las tres fuentes de exposición humana al arsénico. Suelen ser los alimentos los que más contribuyen a la ingesta diaria de arsénico. En general, en casi todos los lugares del mundo el agua de abastecimiento no contribuye de forma importante. Las aguas superficiales lo contienen en cantidades enormemente pequeñas y las subterráneas aún menores. Pero no siempre es así. En algunas zonas el agua subterránea puede contener cantidades altas, en algunos casos cedidas por el terreno en tiempo reciente tras millones de años de permanecer retenidos por él en el propio acuífero.

Históricamente, el arsénico fue el primer compuesto químico al que se reconoció su carácter carcinogénico. Así fue hacia 1879, en que las altas tasas de cáncer de pulmón en los mineros de Sajonia fueron en parte atribuidas al arsénico inhalado. Unos años más tarde se conocía su responsabilidad en el cáncer de piel de pacientes tratados con medicamentos arsenicales, frecuentes en la época. Hubieron de pasar muchos años para que el IARC, basado en los datos de vigilancia farmacológica de arsenicales (piel) y en la exposición laboral (pulmón), lo clasificara en 1987 en el Grupo 1 (“carcinogénico en humanos”). Pero nada dijo en ese momento sobre el contenido en el agua de bebida.

La primera evidencia de que el arsénico presente en el agua de bebida podría producir cáncer de piel ocurre en la década de 1930 en Argentina<sup>11</sup>. Y ahí comienza la lenta cascada de áreas de población afectadas en las partes más distantes del Mundo, con los casos más dramáticos hacia final del pasado siglo xx, como veremos. En la década de 1960 de nuevo es en Argentina donde la evidencia del arsénico en el agua de bebida se extiende al cáncer interno, en particular de pulmón y tracto urinario<sup>11</sup>. Más tarde, en 1985, aparecieron los resultados de Taiwan que mostraban un aumento de mortandad por varios tipos de cáncer, especialmente de pulmón, vejiga y riñón. Se trataba de cantidades de más de 600 µg/litro en agua que, según se observó, elevaban en 30 a 60 veces las cifras de mortandad con respecto a la población no expuesta<sup>12</sup>.

Al contrario que otras sustancias clasificadas como cancerígenas, la carcinogenicidad del arsénico está basada en datos humanos y no en la extrapolación de datos de experimentación animal. Esta es la gran singularidad de la toxicología del arsénico. Los resultados obtenidos en animales de experimentación han sido hasta el momento inconcluyentes al no haber demostrado producir cáncer en ellos. No se ha encontrado un modelo animal adecuado y por el momento el mecanismo de carcinogénesis permanece desconocido, si bien una cierta evidencia apunta su carácter promotor más que iniciador<sup>9</sup>.

Ante esta dificultad, el cálculo del riesgo se ha debido basar exclusivamente en la extrapolación de datos epidemiológicos subsiguientes a episodios de intoxicación crónica suficientemente documentados. La OMS adoptó, entonces, el modelo obtenido por la USEPA a partir de los estudios epidemiológicos de cáncer de piel en Taiwan, que poseían excelentes registros, y comparados con los de Japón, Argentina y Chile durante los últimos 6 años. Así, pues, basado en el valor de 2 µg As/Kg de peso corporal para la Ingesta Diaria Provisional Tolerable (IDPT) propuesta por el JECFA (*Joint Expert Committee on Food Additives*, 1988), y considerando que el agua contribuyera con un 20% al arsénico de la dieta, se obtenía el valor de 13 µg As/litro. El límite se estableció, finalmente, en 10 µg/litro, de lo que resultaba un riesgo añadido para cáncer de piel, en el período de vida, de  $6 \times 10^4$  (es decir, de 1 individuo entre 60.000, en 70 años de exposición)

### Resistencia a la adopción del nuevo límite

No ha resultado fácil a muchos países. Nada ha trascendido a la opinión pública en el caso de la Unión Europea. La Directiva que recoge este nuevo límite ha necesi-

tado, como es sabido, años de negociación pero en ningún documento hecho público se refleja controversia alguna sobre el arsénico. Para la Comisión Europea la autoridad de la OMS no es nunca discutida y sus dictámenes no precisan comprobación. Una recomendación hecha ya en 1993 no debía tener más trámite de espera.

Distinto es el caso de Estados Unidos, donde sus organismos de Salud funcionan con criterios propios, muchas veces incluso por delante de la OMS. Ya en 1962 el Servicio de Salud Pública (USPHS) recomendó no pasar de 10 µg/litro cuando existiera un suministro alternativo. En 1982, el Congreso encomendó a la EPA sustituir el valor de 50 µg/litro por un nuevo límite hacia 1989, pero no se hizo. Hasta Enero de 2001, en uno de los últimos actos de la administración Clinton, no se anunció el nuevo valor de 10 µg/litro. Dos meses más tarde, la nueva administración Bush retrasó su adopción, aduciendo un cuestionable rigor científico en la evaluación del riesgo y el considerable costo de las medidas. Finalmente, en Octubre del 2001, presionada por el Congreso y tras dos informes del *National Research Council* que denunciaban una infraestimación del riesgo de cáncer en el estándar de 50 µg/litro, la EPA adoptó el nuevo límite, estableciendo su obligación para todo abastecimiento en el año 2006.

Con un conocimiento tan antiguo y abundancia de datos sobre la carcinogenicidad del arsénico y con el rigor que se supone al método de estimación de riesgos, ¿por qué se produce esa resistencia a la adopción del nuevo límite tanto por OMS como por EPA?. La primera razón es una objeción metodológica a la estimación. Los estándares en aguas para consumo humano se han basado siempre en datos de experimentación animal, con poca o nula contribución de estudios en humanos. Pero, como ya se ha dicho, en el caso del arsénico no se ha encontrado un modelo animal. Para otros cancerígenos regulados en aguas se han admitido niveles de incertidumbre altos en la extrapolación de datos de roedores a humanos. Pero en el empleo de los estudios epidemiológicos se ha producido una resistencia a aceptar los niveles de incertidumbre -que toman en consideración la interferencia de alguna otra causa de enfermedad- a pesar de ser mucho más bajos<sup>11</sup>.

### Planes de monitorización

La geoquímica ha reconocido ya los materiales responsables de la cesión del arsénico a las aguas subterráneas, aunque aún no conoce todos los mecanismos que la desencadenan. Por ello, no se asegura en la práctica la predicción de los niveles de arsénico en un agua subterránea particular. Y lo que es peor, estos niveles pueden verse modificados en pocos años, lo que deberá tenerse en cuenta en zonas de riesgo elevado estableciendo una monitorización frecuente.

El más ambicioso conocido en aguas subterráneas fue el llevado a cabo por el *United States Geological Survey* (USGS) para el *National Water Information System*<sup>12</sup>. Los resultados comenzaron a ser publicados en el año 2000, mostrando que el 1% de estos abastecimientos excedían de 50 µg/litro y el 8% excedían de los 10 µg/litro. Esto se produce de forma más frecuente en los estados del Oeste (especialmente del Suroeste) y en partes del centro y Nueva Inglaterra.

El caso más dramático es el de Bangladesh<sup>14,15</sup>. El análisis se realizó en 1998 por el *British Geological Survey* sobre 2.022 muestras de agua subterránea usada para abastecimiento, de las que resultó un 35% con niveles superiores a 50 µg/litro, y un 8,4% con más de 300 µg/litro. El estudio no fue preventivo sino subsiguiente a los trágicos registros de cáncer de pulmón, vejiga y piel en la población, revelando que desde hace 30 años más de 21 millones de personas han estado expuestas a cantidades mayores de 50 µg/litro. Se trata de la mayor intoxicación colectiva de la historia reciente. Cuando se produce la descolonización de Bangladesh, un plan de protección de la salud decide promover la extracción de agua subterránea, microbiológicamente más segura, para acabar con los frecuentes brotes producidos por el consumo de aguas superficiales contaminadas por la carencia de saneamiento. Desgraciadamente, en aquel entonces los análisis realizados por el propio *British Geological Survey* no contemplaron el arsénico.

En lo que se refiere a España no tenemos más conocimiento que del plan de monitorización<sup>16</sup> llevado a cabo en la Comunidad de Madrid por el Gobierno Regional en los años 1999 y 2000. De 353 abastecimientos subterráneos analizados, un 22,6% poseían valores entre 10 y 50 µg/litro y localizados en una franja de noreste a suroeste; y un 3,7% (16 abastecimientos) poseían valores superiores a 50 µg/litro, situándose en la zona noreste de la provincia. Según un estudio geológico llevado a cabo más recientemente, corresponde esta zona al gran Acuífero Detrítico Terciario de Madrid, caracterizado por alto tiempo de residencia, con valores altos de pH y nivel freático fluctuante derivado de su alta explotación.

Finalmente, en el año 2000 se tuvo conocimiento de los altos niveles de arsénico en las aguas subterráneas del acuífero de Arenales situado entre las provincias de Valladolid, Segovia y Ávila, viéndose afectado el abastecimiento de unas 40 poblaciones. La Junta de Castilla y León constituyó con toda urgencia una mancomunidad para abastecimiento de agua superficial, con captación del río Eresma, y se encargó a nuestro equipo un plan regional de monitorización plurianual en los abastecimientos de agua subterránea, coordinado por la Consejería de Sanidad y Bienestar Social.

### Cianofíceas toxigénicas

Eutrofización se denomina al fenómeno de enriquecimiento en nutrientes (eu = rico; trofos = alimento) de un ecosistema acuático. En la práctica se refiere al aporte de nitrógeno y fósforo, los nutrientes limitantes de la producción primaria, es decir, de la biomasa constituida por algas y macrofitos acuáticos. Algas y macrofitos son deseables en el medio acuático, pero su sobreproducción en aguas continentales y costeras ya fue reconocida en los años 60 como un problema medioambiental, porque amenaza el equilibrio de los ecosistemas acuáticos; técnico, porque dificulta el aprovechamiento y tratamiento del agua, y finalmente sanitario. Nos ocuparemos sólo de este último.

Son cada vez más frecuentes las llamadas floraciones ("blooms") de algas cianofíceas. También llamadas cianobacterias o algas verde-azuladas, se encuentran de forma natural en toda masa de agua superficial y hoy se recono-

cen unas 2.000 especies. Pero sólo unas 40 de ellas son toxigénicas. Estas floraciones son frecuentes en embalses y aguas remansadas, con acumulación superficial ("mantas") o formación de costras y espumas en las orillas. Sin embargo, el misterio envuelve todavía su comportamiento<sup>18</sup>. Sus toxinas son metabolitos secundarios producidos en circunstancias que aún se desconocen. *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Nostoc* y *Oscillatoria* son los géneros más frecuentemente identificados en floraciones tóxicas, pero no todas las especies las producen, ni todos los taxones de una misma especie. Tampoco el grado de eutrofización determina de forma clara su floración y el que ésta sea tóxica o no. Si bien son más frecuentes en primavera y final de verano, aún se desconocen las condiciones climáticas desencadenantes de la producción de toxinas y su conocimiento se ve dificultado por un comportamiento circadiano plurianual.

Las más frecuentemente formadas son hepatotoxinas, como la microcistina (de la que a su vez se conocen más de 60 estructuras), en climas templados a cálidos. Afortunadamente, las neurotoxinas son menos frecuentes, pero en cantidad suficiente pueden producir bloqueo de la neurotransmisión con parálisis respiratoria y muerte en varios minutos u horas. Se han identificado como causa de intoxicación letal del ganado. Otras más corrientemente producen irritación de ojos, erupciones cutáneas, vómitos, diarrea, fiebre y dolor en músculos y articulaciones en personas que han bebido o se han bañado en lugares con espumas procedentes de algas.

En España el fenómeno está poco estudiado, con la excepción del río Guadiana en su tramo extremeño<sup>19</sup>. Aunque no lo estipula la Directiva Europea, la nueva legislación española prescribe el control de una de ellas, microcistina, con el límite de 1ppb.

### Virus acuáticos

Como disciplina científica la virología acuática, hoy llamada ambiental, nació tras el gran brote epidémico de hepatitis, con 30.000 casos, ocurrido en Nueva Delhi en diciembre de 1955 y que tuvo su causa en la contaminación por aguas residuales del río Jumna, contaminación que no pudo eliminar la potabilización convencional. En esos años cincuenta ya se había iniciado la búsqueda del virus de la poliomielitis en el agua, uno de los más investigados y encontrados en ella, y que hoy la vacunación casi ha eliminado del Planeta.

Los virus entéricos humanos son eliminados por las heces y, por tanto, van a los efluentes residuales urbanos. En ellos van agregados o adheridos sobre las partículas sólidas, acumulándose en los sedimentos donde persisten y sobreviven más tiempo que en el propio agua. Los sedimentos acuáticos actúan, pues, como reservorio, desde donde se resuspenden a la columna de agua. En tanto no encuentran células humanas donde multiplicarse –son específicos de huésped y solo se multiplican en ellas– resisten en el agua o el sedimento, y lo hacen más que las bacterias. Ni el tratamiento convencional de potabilización ni el de depuración los eliminan.

Se conocen hasta 100 especies patógenas para el hombre, pero sólo de unos cuantos se ha demostrado que se

transmitan por el agua. Los virus entéricos ingresan en el organismo por la boca, a través del agua o los alimentos, infectando las células intestinales o las hepáticas.

### Hepatitis A

La forma más común de transmisión del virus es la ruta fecal-oral. De escasa gravedad<sup>20</sup>, su tasa de incidencia en España ha evolucionado favorablemente: en 1989 era de 56,28 casos/100.000 habitantes, mientras en 2000 se ha reducido a 2,48. Se trata de uno de los primeros resultados del aumento de calidad de los suministros de agua y de la eliminación y tratamiento de residuales.

### Hepatitis E

Es clínicamente indistinguible de la Hepatitis A, pero cursa de forma algo más virulenta, generalmente sin secuelas<sup>21</sup>. Más frecuente que la A, se estima que probablemente el 20% de la población mundial ha estado infectada por el virus. Las rutas de transmisión son la fecal-oral y de persona a persona. El mayor brote epidémico se produjo entre 1986-88 en Xinjing (China) con 119.000 casos documentados. Al igual que la hepatitis A, no tiene vacuna ni tratamiento, por lo que solo se combate con la prevención y la higiene. Ambos virus son endémicos de la región mediterránea, donde se sabe que ha sido el agua el transmisor, con importantes brotes epidémicos de hepatitis.

### Gastroenteritis viral

La gastroenteritis aguda no bacteriana causa casi el 40% de las infecciones diarreicas colectivas en países desarrollados. Es, pues, la segunda causa más común de enfermedad infecciosa, después de las respiratorias de vías superiores, en nuestro entorno. Los agentes más frecuentes son Rotavirus y Norovirus (un reciente nombre para los virus de Norwalk). Los Rotavirus<sup>22</sup> son la principal causa de gastroenteritis en niños, con muerte en los de menor edad –a partir de los 3 años ya adquieren el anticuerpo con el que quedan inmunizados. También es importante causa de mortandad en ancianos. El virus de Norwalk<sup>23</sup> produce el llamado "mal invernal del vómito", por aparecer más frecuentemente en esa época del año. Infecta entre las 4 y 48 horas de exposición al agua.

Los síntomas más frecuentes de la gastroenteritis viral son: dolor y calambre abdominales, diarrea, náuseas y vómitos. Tampoco tienen tratamiento alguno, salvo la necesaria rehidratación. Ni siquiera los medicamentos anti-diarréicos son aconsejables porque pueden prolongar el proceso infeccioso. Se calcula que entre 10 y 20 millones de personas mueren cada año de gastroenteritis viral y que los rotavirus son responsables de la muerte anual de 1 millón de niños.

### Necesidad de indicadores

A pesar de la dificultad del diagnóstico y reconocimiento de las infecciones virales, hoy se reconocen tres hechos en la epidemiología de las gastroenteritis virales:

1.º Como se ha dicho, los virus entéricos persisten más tiempo en el agua que las bacterias entéricas.

2.º Los virus entéricos se detectan en aguas donde los indicadores de bacterias fecales son negativos, como se ha demostrado en muchos casos de brotes epidémicos.

3.º El riesgo de infección es de 10 a 10.000 veces menor para bacterias que para virus y protozoos, y la dosis infectiva es mucho menor en los virus.

Estos tres hechos explican el error que ha supuesto el utilizar y seguir utilizando indicadores bacterianos para determinar la calidad o potabilidad del agua para consumo humano y muestran la necesidad de utilizar indicadores virales. Lo ideal sería su reconocimiento directo en agua, pero son muchos los virus patógenos entéricos y son muchas las dificultades técnicas para su análisis, lo que hace todo ello impracticable. Sin embargo, sí es posible usar como indicador de contaminación fecal viral alguno de estos tres bacteriófagos: colifagos somáticos, colifagos F-específicos y bacteriofagos de *Bacteroides fragilis*. Así fue demostrado en el estudio realizado para la Junta de Castilla y León en aguas de abastecimiento de siete poblaciones. La reciente Directiva Europea no contempla este parámetro, relativamente sencillo y que podría reconocer a tiempo la presencia de enterovirus. Quizá haya pesado en ello la propia dificultad de su eliminación mediante el tratamiento de potabilización convencional, si bien en nuestro estudio se demostró siempre su desaparición.

### Criptosporidiosis

Durante muchos años ha sido una enfermedad de animales de abasto, especialmente del vacuno. En 1976 se encontró en heces de humanos; y en 1982 ya se describe por primera vez como patógeno en el hombre. En 1987 se conoce en Carrollton (Georgia, EEUU) el primer brote producido por las aguas de una red de distribución que cumplía todos los estándares y controles legales, con 13.000 afectados. Pero es en la primavera de 1993, en Milwaukee (Wisconsin), donde se produce el caso más espectacular y mejor documentado, también en una red de distribución correctamente gestionada, con 400.000 afectados.

*Cryptosporidium parvum*<sup>24</sup> es por ahora la única especie patógena. Se trata de uno de los protozoos más pequeños, de unos 4 a 6 µm –es decir, unas diez veces el tamaño de una bacteria– que se excreta en heces y, por tanto, de transmisión fecal-oral. En las aguas superficiales resiste largo tiempo a la forma de ooquiste. La escorrentía de las aguas pluviales sobre el terreno donde se encuentran heces de animales contribuye de forma importante a su conducción a los cauces de agua que luego servirán para abastecimiento. La cloración no elimina los ooquistes; la filtración por los lechos de arena de las plantas convencionales pueden retenerlos, pero no siempre o no todos, lo que unido a su desconocida dosis infectiva (podría ser de incluso un solo ooquiste) supone incertidumbre y permanente riesgo. La turbidez debe hacer sospechar de su presencia, que habrá de comprobarse. Por ello, acertadamente, el nuevo RD 140/2003 estipula que cuando el recuento de *Clostridium perfringens* sea positivo y la turbidez exceda de 5 UNF se determine a la salida de la planta potabilizadora o depósito.

En aguas brutas destinadas a abastecimiento de varias poblaciones de Castilla y León ha sido encontrado, pero hasta ahora no en el agua potabilizada, según estudio realizado por el Departamento de Microbiología de nuestra Universidad. A pesar de su frecuente presencia en las aguas es poco reconocido aún como factor etiológico de cuadros gastrointestinales, por la dificultad de su diagnóstico. En individuos normales provoca gastroenteritis limitadas (diarrea líquida con deshidratación, dolor de estómago, náuseas y dolor de cabeza), que pueden perdurar hasta dos semanas, pero en pacientes inmunodeprimidos la infección es una amenaza continua, siendo la mayor causa de muerte entre los afectados de SIDA. Por el momento no posee tratamiento farmacológico alguno.

### CONCLUSIÓN

La potabilización de las aguas de abastecimiento para consumo humano alcanza en nuestro entorno a casi toda población. Desgraciadamente no podemos decir lo mismo para las aguas de baño: resultado de la presión demográfica sobre los sistemas acuáticos continentales o costeros, la seguridad higiénica en la actualidad no alcanza a todos los lugares, lo que obliga a su vigilancia periódica hasta tanto no se haya producido la depuración integral de todas las aguas continentales. Desde luego, nos estamos refiriendo a nuestro entorno geoeconómico, parte ya de ese llamado Primer Mundo. La situación dista mucho de este idílico escenario en los llamados Segundo y Tercer Mundo.

Aunque no se cumplan estrictamente los plazos, es previsible el éxito de los planes de saneamiento de aguas diseñados hace ya años en la UE. La protección de las aguas superficiales, tan invocada en todas sus directrices, tiene especial importancia en nuestro país donde constituyen más del 70% del recurso natural para abastecimiento. Aunque se ha avanzado mucho en el último decenio, todavía no es suficiente en nuestro país el cumplimiento de los controles analíticos de aguas para consumo humano. Entregada esta obligación a los municipios y la responsabilidad de hacerlo cumplir a la Administración Autonómica, todavía no alcanza a todo abastecimiento este cumplimiento ni en el número de parámetros controlados ni en su frecuencia. Por ello, son recomendables iniciativas de planes de monitorización regionales sobre parámetros químicos y biológicos, sean de obligado cumplimiento, o sean otros no prescritos por la legislación pero de especial interés –como los de virus acuáticos o protozoos–, que contribuyan al conocimiento de su epidemiología.

Finalmente, sería deseable extender a los sistemas de abastecimiento de agua la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC). Progresivamente introducido en nuestro país, aunque aún de forma incompleta, a todo el sector alimentario, y comprobados ya los logros de su aplicación, debiera extenderse a los sistemas de producción de agua potable, desde recurso natural hasta el grifo del consumidor. Nuestra experiencia nos muestra que especialmente los pequeños abastecimientos adolecen de medidas preventivas muy elementales que un plan de APPCC vería y resolvería de forma inmediata.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- Laughlin J. History of Water. World of Water 2000, Supplement to PennWell Magazines; 1999, 8-22.
- 2.- Wolfe P. History of Wastewater. World of Water 2000, Supplement to PennWell Magazines; 1999, p. 25-40.
- 3.- Rook JJ. Formation of haloforms during chlorination of natural waters. Water Treat. Exam 1974; 23: 234-43.
- 4.- Villanueva CM, Kogevinas M, Grimalt JO. Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. Gac Sanit 2001; 15: 48-53.
- 5.- AQUA News. J Water SRT-Aqua 1999; 48: vi.
- 6.- <http://www.orgsites.com/ny/nyscof/>.
- 7.- <http://www.fluoridealert.org/fluoridation.htm>.
- 8.- [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/draftchemicals/list.htm](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/draftchemicals/list.htm).
- 9.- [http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/oldcomm7/out09\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/oldcomm7/out09_en.html).
- 10.- Pak CYC. Treatment of postmenopausal osteoporosis with slow release of sodium fluoride: Final report of a randomized controlled trial. Ann Internal Med 1995; 123: 401-6.
- 11.- Smith HA, Lopipero PA, Bates MN, Steinmaus CM. Arsenic Epidemiology and Drinking Water Standards. Science 2002; 296: 2145-6.
- 12.- Chen CJ, Kuo TL, Mu MM, Arsenic and cancer, Lancet 1988, 1:414-5.
- 13.- [http://co.water.usgs.gov/trace/pubs/arsenic\\_fig1.html](http://co.water.usgs.gov/trace/pubs/arsenic_fig1.html).
- 14.- Smith HA, Lingas EO, Rahman M. Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. Bulletin of the World Health Organization 2000, 78:1093-103.
- 15.- <http://www.rnw.nl/development/html/030506arsenic.html>.
- 16.- Aragonés Sanz, N, Palacios Diez M, Avello de Miguel A, Gómez Rodríguez P, Martínez Cortés M, Rodríguez Bernabeu MJ. Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la Comunidad de Madrid. Rev Esp Salud Pública 2001, 75: 421-32.
- 17.- Hernández García ME. Naturally occurring arsenic in groundwater of the Madrid tertiary detrital aquifer (Spain) 2002. [http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract\\_40496.htm](http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract_40496.htm).
- 18.- <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/ciano/ciano-bacterias.htm>.
- 19.- Cameán AM, Moreno I, Floraciones tóxicas de cianobacterias detectadas en el suroeste de la península ibérica. Rev Toxicol 2002. 19:97-9.
- 20.- <http://www.cfsan.fda.gov/-mow/chap31.html>.
- 21.- <http://www.cfsan.fda.gov/-mow/chap32.html>.
- 22.- <http://www.cfsan.fda.gov/-mow/chap33.html>.
- 23.- <http://www.cfsan.fda.gov/-mow/chap34.html>.
- 24.- <http://www.cfsan.fda.gov/-mow/chap24.html>.

# GESTIÓN DE CRISIS EN SANIDAD AMBIENTAL: CONSIDERACIONES DESDE UNA DIRECCIÓN DE SALUD PÚBLICA

## ENVIRONMENTAL HEALTH CRISIS MANAGEMENT FROM A PUBLIC HEALTH ADMINISTRATION PERSPECTIVE

José M.<sup>a</sup> Martín Moreno \*

\* Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Granada. Doctor en Epidemiología y Salud Pública por la Universidad de Harvard. Catedrático de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Valencia

### INTRODUCCIÓN

La Constitución Española de 1978, en su artículo 43, reconoce el derecho a la protección de la salud, encomendando a los poderes públicos organizar y tutelar la salud pública. Uno de los retos principales ante el que nos podemos encontrar en salud pública es la aparición de un evento que conlleve una alarma inmediata o una crisis.

En primer lugar, es importante definir lo que entendemos por "crisis", para lo cual, el *Diccionario de la lengua española*, de la Real Academia Española, nos presenta las siguientes alternativas:

- mutación en el desarrollo de un proceso
- situación de un asunto cuando está en duda su continuación, modificación o cese
- momento decisivo... de consecuencias importantes
- escasez, carestía
- situación dificultosa o complicada,

Desde un punto de vista práctico y de forma genérica, crisis representa un cambio súbito entre dos situaciones, que amenaza la imagen y el equilibrio natural de una organización, porque entre la situación anterior y la posterior a la crisis se produce un acontecimiento repentino (inesperado o extraordinario) frente al que hay que reaccionar, comprometiendo la imagen y el equilibrio interno y externo de la organización ante el público para el que trabaja. Además, el término *crisis en salud pública* conlleva una connotación adicional: el riesgo (o la percepción de riesgo) para la salud e incluso para la vida de la población.

Hay que destacar la importancia de este tipo de situaciones que aparecen por sorpresa, esto es, no suelen entrar en nuestras previsiones. Y es que el desempeño de nuestras funciones en el día a día, nos lleva en muchas ocasiones a no estar mentalmente preparados para la aparición de una crisis, sino para el desarrollo del trabajo planificado. Sin embargo debemos tener en cuenta que cuando se ejercen cargos de responsabilidad, ya sea en el

ámbito público o en el sector privado, estas contingencias pueden producirse de forma completamente inesperada. Considero, por ello, que estar concienciado sobre este punto y preparado para los primeros momentos de la crisis es fundamental para articular una reacción rápida y precisa.

Para comprender las crisis, nos puede resultar útil la clasificación de Harvey Molotch y Marylin Lester, que distingue: acontecimientos rutinarios, escándalos, sucesos fortuitos y accidentes.

### Tipología de acontecimientos públicos con atención mediática

	Suceso intencionado	Suceso no intencionado
Ocurrencia generada por el protagonista	<p>RUTINA</p> <p>Ej. Ruedas de prensa</p>	<p>SERENDIPIA o SUCESO FORTUITO</p> <p>Ej. Una persona lleva a cabo inadvertidamente una acción socialmente aclamada</p>
Ocurrencia aflorada por el generador externo de noticias	<p>ESCÁNDALO</p> <p>Ej. Filtraciones</p>	<p>ACCIDENTE</p> <p>Ej. Caso Prestige</p>

Evidentemente no es lo mismo trabajar en una situación que entre en un proceso de planificación y programación, sin presiones súbitas, desarrollando actividades para la consecución de objetivos... que trabajar en una situación de tensión y presión mediática.

Estos escenarios pueden presentarse de forma más intensa cuando se ocupan responsabilidades especialmente delicadas, en ocasiones enfrentadas a situaciones

\* Director General de Salud Pública, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

que aparecen de forma inesperada y que pueden afectar a la salud de muchas personas. En estos puestos se exige, razonadamente pero a veces de forma no correlacionada con los recursos con los que cuenta, que los responsables reaccionen con acierto y rapidez ante la aparición de un problema en su área de competencia. Lo que existe en común en estas situaciones es: sorpresa (un riesgo previsto no debe conducir a una crisis), escenarios de emergencia, y... necesidad de una gran capacidad de adaptación porque, pese a que existen elementos comunes, cada crisis es única (incluso con las mismas causas, rara vez producen los mismos efectos).

Por otro lado, **las fases de una crisis** pueden caracterizarse como:

- PRELIMINAR  
Ingresos en hospitales
- AGUDA  
estallido de la crisis
- CRÓNICA  
acción-reacción
- POST-TRAUMÁTICA  
conclusiones

## RECOMENDACIONES BÁSICAS

Para afrontar este reto la anticipación o previsión es fundamental. Veamos el esquema cardinal para una preparación de base:

- IDENTIFICACIÓN PUNTOS DÉBILES
- PREVENIR RIESGOS POTENCIALES
- PREVER RESPUESTAS
- ACTIVACIÓN DE DISPOSITIVOS DE ALERTA

A continuación, resumamos **lo que no hay que hacer** ante una situación de crisis:

### > **NEGAR LA EXISTENCIA DE LA CRISIS**

No minimizar la situación, hay que reconocer su existencia y situarla en su contexto: transparencia tranquilizadora.

### > **AISLAMIENTO EN LA GESTIÓN DE LA CRISIS**

En ocasiones es la percepción pública de la crisis más importante que la causa que la produce.

No hay que olvidar la posición de los afectados (reales o potenciales).

### > **“AUSENCIA”**

Es peor no dar la cara, que dar una información preliminar con pequeños errores.

### > **DAR INFORMACIÓN SIN CONTRASTAR**

Hay que compatibilizar lo anteriormente dicho con evitar las prisas por informar los primeros. De hecho, en ciertas ocasiones se producen alarmas injustificadas al ofrecer información sin suficiente contraste. En cualquier

caso, es importante citar las fuentes e intentar presentar hechos no opiniones.

### > **AFRONTAR EL TEMA CON ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN SÓLO PENSADAS A CORTO PLAZO**

Es un error buscar la rentabilidad en breve plazo si supone un perjuicio una vez transcurrido cierto tiempo.

### Otros “enemigos” a EVITAR:

- > incertidumbre
- > miedo
- > alarma social
- > manipulación
- > frivolidad en el manejo de la información

Puede ser de mucha ayuda la preparación de un plan que nos sirva de guía para afrontar estas situaciones de crisis. Con ello no debemos de entender la disponibilidad de una serie de recetas “precocinadas” que deban ser aplicadas al pie de la letra. Es fundamental apostar por modelos flexibles que nos permitan detectar los rasgos comunes en las crisis y que sean al tiempo adaptables para hacer frente a sus aspectos particulares.

Por ello, se puede citar una serie de **actuaciones inmediatas a la aparición de cualquier contingencia** negativa en la que los expertos en la materia suelen coincidir de acuerdo. Esto es:

- 1) Creación de un grupo de seguimiento y coordinación multidisciplinar, con un claro liderazgo técnico.
- 2) Actuaciones cautelares en paralelo a la investigación epidemiológica.
- 3) Establecimiento de una sola línea de interlocución con los medios de comunicación.
- 4) Consenso político.
- 5) Seguimiento por parte de expertos externos e imparciales.
- 6) Transparencia absoluta, tanto a nivel comunitario, como político y mediático.
- 7) Respuesta intensiva a la demanda de los medios de comunicación. La preparación de los mensajes que se van a comunicar y los canales por los que se van a transmitir. Tal y como recuerdan Tormo y Baneagas, la comunicación de riesgo se transforma en instrumento imprescindible: “Disminuir la preocupación del público sobre ciertos riesgos para la salud y llevar el riesgo percibido en línea con el riesgo real, de tal manera que las políticas resultantes sean razonables”. En cualquier caso, para comprender la importancia de la comunicación en este proceso, recordemos que los hechos de la vida moderna no adoptan espontáneamente la forma por la que se pueden distinguir, sino que esta forma la ha de dar alguien. Éste es el periodista, que recrea e interpreta la realidad. Aquí es fundamental ser consciente de que interpretar supone entender y

expresar, y si entiende mal, expresará mal... de ahí nuestra responsabilidad en la esfera comunicativa.

En el fondo, la misión directiva consiste paralelamente en bloquear las interferencias, para dejar trabajar a los técnicos tranquilos, todo ello guardando en mente que tenemos un deber y una misión... y en Sanidad Ambiental ello está muy claro.

Algunos ejemplos que han producido preocupación en nuestro país y que están en nuestra memoria reciente, son los problemas en la aerografía textil provocados por el caso Ardystil, el vertido tóxico en las minas de Aznalcollar, o la aparición de casos de tumores infantiles en alumnos de un colegio que se encontraba cercano a una aglomeración de antenas de telefonía. Veamos dos casos dignos de estudio que también están en la mente de todos: el vertido de fuel generado tras el hundimiento del buque "Prestige", y la aparición del Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SRAS).

### Ejemplo 1: RECOGIDA Y LIMPIEZA PRESTIGE

Tras la catástrofe acaecida a partir del 13 de noviembre de 2002 como resultado del hundimiento del buque "Prestige", hubo que llevar a cabo una serie de acciones:



**Identificación de los riesgos y medidas inmediatas** de protección individual y colectiva, recomendaciones para voluntarios, embarazadas, etc.

### Controles y garantía de seguridad alimentaria

### Sistema de información rápida de incidencias

Ficha Sistema Información Sanitaria de contaminación por Fuel = SISF (actualización inicialmente diaria).

### Protocolo de seguimiento de incidencias

Instrucciones Gerencias primaria y especializada.

### Estudios epidemiológicos, medio largo plazo

Efectos agudos/subagudos.

Salud mental.

Efectos sobre reproducción.

Efectos potencialmente carcinogénicos.

### Ejemplo 2: SRAS, COMO PARADIGMA DE CRISIS INTERNACIONAL EN MATERIA DE SALUD, CON NUMEROSOS PAÍSES Y CIUDADANOS IMPLICADOS

➤ *En relación al Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SRAS) hay que señalar lo siguiente. Por un lado, el comportamiento dubitativo / opaco de las autoridades del país donde se ha originado el brote provocó un retraso vital en el abordaje de las soluciones frente a este brote.*

➤ *Por otro, actuación coordinada y rápida de laboratorios de alto prestigio de todo el mundo, hizo posible identificación del origen del brote de una forma ejemplar e inédita hasta ahora.*

➤ *En España se procuró reaccionar con inmediatez y diligencia... y de forma coordinada.*



### Principal secuencia cronológica y reflexiones sobre el SRAS

a). La OMS declara una Alerta mundial el 15 de marzo, ante una relativa incredulidad entre los medios políticos, científicos y mediáticos...

b). Esta circunstancia pone a prueba los sistemas actuales de control y vigilancia epidemiológica en un mundo cada vez más globalizado. Sistemas nacionales reaccionan con celeridad heterogénea...

... y ello afecta a los potenciales logros de la primera reacción (las enfermedades infecciosas no tienen fronteras).

- c). La cooperación internacional es crucial, no solamente desde el punto de vista operativo sino también desde la adopción de las medidas preventivas precisas... (ejemplo: países con controles en Aeropuertos / países sin controles en Aeropuertos)
- d). Los efectos mediáticos tienen capital importancia. Factor que debe abordarse oportunamente para intentar lograr que la lógica reacción social se ajuste proporcionalmente a los riesgos y a las evidencias científicas.
- e). La coordinación entre los diferentes protagonistas es crucial de forma doble: eficacia de las medidas & percepción pública

Después de un proceso de reflexión, análisis y evaluación de los riesgos, los gestores de la salud pública deben adoptar decisiones tendentes a reducir los riesgos, a conocer mejor la causa del proceso, a alertar a la población, a establecer cauces de comunicación e información...

En este caso, las actuaciones adoptadas han seguido este camino, intentando compatibilizar:

*máxima agilidad - proporcionalidad - eficacia - mínimo trastorno*

- 1.- Controles en puertos y aeropuertos (información recogida por servicios de Sanidad Exterior del Ministerio de Sanidad y Consumo)
- 2.- Coordinación MSC con CCAA para agilizar Red de Vigilancia y alerta epidemiológica y para establecer actuación cuando posible caso sospechoso
- 3.- Creación de la Comisión Interministerial para el seguimiento del SRAS
- 4.- Recomendación de no viajar a las zonas afectadas (incluso previa a la recomendación en ese sentido de la OMS)  
/ la lista de países se ha ido adaptando en función de los datos disponibles sobre transmisión local
- 5.- Carteles informativos en aeropuertos
- 6.- Información a pasajeros que necesitan viajar a las zonas afectadas (se les dan una serie de recomendaciones)
- 7.- Guía informativa para personas que van a viajar a la zona por motivo de adopciones internacionales
- 8.- Información a AENA, y compañías aéreas que operan en las zonas afectadas de las recomendaciones generales sobre SRAS
- 9.- Protocolo de actuación en aeropuertos
- 10.- Comunicación del Ministerio de Sanidad a los ministros de salud y a los "Chief medical officers" de los

países Schengen de las medidas adoptadas en España y petición de instaurar medidas similares rigurosas, si no existen en la actualidad en esos países.

- 11.- Creación de COMITÉ CIENTÍFICO (en el que, por cierto, participa de forma destacada el presidente de la SESA) + Capacidad técnica / últimas técnicas diagnósticas para identificar el agente causal de SRAS en el Centro Nacional de Microbiología - Instituto de Salud Carlos III, del Ministerio de Sanidad.
- 12.- Presentación (que se va actualizando periódicamente) de respuestas ante preguntas más comunes sobre el SRAS en página web del Ministerio de Sanidad.
- 13.- Dirección de correo electrónico para responder a preguntas de los ciudadanos, en especial de residentes en áreas de riesgo
- 14.- Habilitación de "call center" para responder directamente a cuestiones sobre la enfermedad
- 15.- Seguimiento de los casos sospechosos registrados en España. Comunicación de los mismos a la OMS y la Red de Vigilancia Epidemiológica de la UE.
- 16.- Seguimiento de la situación de la epidemia a nivel mundial. Contacto permanente con la OMS y las autoridades de la UE.

## A MODO DE CONCLUSIÓN

Las circunstancias propias de la situación objeto de análisis pueden llegar a hacer muy compleja la gestión de una crisis.

Téngase en cuenta que, aunque posteriormente se vaya teniendo un conocimiento más profundo y sobre el terreno de lo ocurrido, al principio se han de tomar decisiones en un contexto de gran incertidumbre, y un paso equivocado en las primeras etapas puede resultar fatal para la dirección que tome el problema.

Sin embargo, a pesar de estas dificultades incuestionables, debemos tener en cuenta que la gestión y solución de una crisis es uno de los aspectos más importantes y decisivos asociados a nuestra responsabilidad. Es en estos momentos cuando se ponen a prueba nuestras capacidades técnicas y de gestión, y cuando debe hacerse más visible nuestra posición, sea cual sea nuestra área de competencia.

Del mismo modo, y en la medida de lo posible, hay que convertir la gestión de la crisis en una experiencia que pueda examinarse y evaluarse, de forma que resulte aleccionadora y que permita extraer conclusiones para el futuro desarrollo de nuestra actividad. Con ello no quiero decir, claro está, que crea que una crisis es recomendable. Por supuesto que lo deseable sería no encontrarse nunca ante una situación de este tipo y que pudiéramos desempeñar nuestro trabajo del día a día sin dificultades. Por ello ya mencioné al principio que el primer paso en la gestión de una crisis es su propia prevención. Por desgracia, en ocasiones y pese a todos nuestros

esfuerzos, cualquiera de nosotros se puede ver inmerso en una situación complicada. Para tales casos, creo que hay que estar preparado.

La Ley 16/2003, de 28 de mayo, de cohesión y calidad del Sistema Nacional de Salud, se configura como un nuevo marco legal para el establecimiento de acciones de coordinación y cooperación de las Administraciones públicas sanitarias como medio para asegurar a los ciudadanos el derecho a la protección de la salud, con el objetivo común de garantizar la equidad, la calidad y la participación social en el Sistema Nacional de Salud. Pues bien, desde el impulso de esta norma aprobada parlamentariamente con gran consenso, desde la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo y la Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud se está trabajando en la elaboración de un PLAN DE COOPERACIÓN Y ARMONIZACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA SALUD PÚBLICA EN ESPAÑA, para la vertebración de las acciones de las Administraciones Pú-

blicas en este ámbito. Desde su concepción, este plan está ideado para realizarse en estrecha coordinación con las CCAA y buscamos que incluya, desde una visión integral de la Salud Pública, no sólo la coordinación de las acciones de promoción y protección de la salud de la población española, y de prevención de las enfermedades más prevalentes, sino también los sistemas de información epidemiológica y de salud pública (incluyendo la vigilancia de la salud ambiental), y... las acciones de respuesta ante situaciones de emergencia o alarma sanitaria. Ello conlleva también una actualización en los sistemas de vigilancia epidemiológica o, desde una perspectiva más amplia, de vigilancia de la salud. Nuestra intención es elaborar este Plan contando con todas las Administraciones Sanitarias Públicas (desde el ámbito local, al autonómico y estatal) y de las Sociedades Científicas (las sociedades del ámbito de la salud pública, incluida la Sociedad Española de Sanidad Ambiental). El intercambio de ideas sobre estas experiencias y los retos en este campo resultara sin duda útil para todos nosotros.

# METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN SANIDAD. APLICACIÓN AL SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL DE AGUAS DE CONSUMO (SINAC)

## DEVELOPMENT METHODOLOGY FOR HEALTH INFORMATION SYSTEMS. A PRACTICAL CASE OF A DRINKING WATER INFORMATION SYSTEM (SINAC)

Javier Canosa Penaba \*

\* Jefe de Área de Sistemas de Información. Subd. Gnal. de Tecnologías de la Información. Ministerio de Sanidad y Consumo. Dr. en CC. Químicas y Lic. en Farmacia. Funcionario del Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información del Estado

### RESUMEN

Para el correcto desarrollo de un sistema de información en salud ambiental es fundamental una metodología de análisis que evite interferencias tecnológicas o condicionantes personales que le alejen del fin último para el que fue creado: la protección del individuo frente a los riesgos ambientales.

El presente trabajo introduce unos principios orientadores y defiende la radical orientación a proceso como principio director de todo el desarrollo del proyecto. Describe 10 requisitos a cumplir a lo largo de todo el desarrollo del sistema de información y lo aplica al caso práctico de la construcción de SINAC (Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo) cuyo objetivo es servir de herramienta fundamental para identificar la calidad sanitaria de las aguas de consumo y de sus Abastecedores para el conjunto de España, facilitando la cooperación entre las diferentes administraciones sanitarias.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas de información de aguas de consumo; Sistemas de información en sanidad; Informática médica; Estandarización en informática médica; Reingeniería de procesos; Orientación a proceso.

### 1. INTRODUCCIÓN

La Subdirección general de Tecnologías de la Información, del Ministerio de Sanidad y Consumo (MSC) ha centrado su actividad en alinear las tecnologías de la información y comunicación (TIC) con las directrices corporativas. Sirve así a los objetivos de cooperación e intercambio de información que tiene el MSC para con las CCAA a través de sus órganos de participación como son el 'Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud'

### ABSTRACT

For the proper development of an Environmental Health information system, the analytical method chosen should guarantee the right approach to avoid technological and personal barriers which may deviate the system from the very reason behind its creation: the protection of individuals from environmental risks.

This paper introduces guidelines and supports a radical process-oriented approach as the guidance of the whole project. It goes on by describing 10 requirements to be met along the information system development process, and then describes the practical case of developing a Drinking Water Information System (SINAC, Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo) with the aim of serving as key tool to identify the safety and quality of drinking water and its suppliers across Spain, making it easier the collaboration between different regional Health competent authorities.

**KEY WORDS:** Drinking Water Information Systems, Health Information Systems, Medical Informatics, Standardization of Health Informatics, BPR (Business Process Reengineering), Process Oriented Systems

en materia de sanidad y la 'Comisión de Cooperación de Consumo' en materia de consumo. Ello, además de servir a los objetivos sanitarios, es acorde con las normas que preconiza la "iniciativa e-Europe" para fomentar el desarrollo de **la sociedad de la información en Europa**, con el fin de hacer llegar al conjunto de los ciudadanos europeos los beneficios de la sociedad de la información y explotar las posibilidades de Internet.

### 1.1 Principios orientadores de los Organismos de Normalización Internacionales

El Comité Europeo de Normalización, Technical Committee 251 (CEN TC251) responsable de la informática médica, a través de Norma PT010 denominada Marco de Información Sanitaria (Health Care Information Framework, <http://www.cen-c251.org/>), suministra un modelo de referencia en forma de normas específicas que define el intercambio de información entre los diferentes modelos de información e identifica las relaciones entre los subsistemas a través de metodologías, herramientas y técnicas. Sus principios orientadores son:

- *La Sanidad como escenario complejo:* El sector sanitario está caracterizado por diversidad de unidades autónomas, dispersas geográficamente, con diferentes estructuras organizativas, no interconectadas y sometidas a directrices de las autoridades gubernativas. Los sistemas de información (SI) tienden a ser islas o sistemas no interconectados adquiridos para soportar procesos independientes. Los sistemas de salud están en constante flujo, cambiando no sólo la organización interna sino las relaciones que los mantienen unidos. Así, aglutinan a diferentes profesionales: sanitarios, administradores, economistas, técnicos y pacientes, cada uno de ellos con su propia perspectiva, que no suele coincidir con los objetivos generales de la corporación, por ello abomina de análisis simplistas. En consecuencia, las TIC cumplen un papel fundamental en la Sanidad porque posibilitan la **interconexión e integración de aplicaciones** heterogéneas.
- *Necesidad de integración:* Como objetivo básico los proyectos integradores deberán funcionar con **información de toda la organización**, procedente de diferentes lugares y aplicaciones funcionando desde diferentes lugares geográficos. No podrá existir ninguna solución propietaria y los módulos individuales se seleccionarán, evolucionarán y se mantendrán independientemente, incluso por diferentes suministradores, de forma que se asegure la integración del sistema completo.
- *Respeto a la secuencia lógica de la cadena de información:* La integración se hará respetando esta secuencia lógica, según tres capas: una primera o capa de **Organización** que defina la misión, objetivos y planifique los recursos; una segunda o capa de **Información** (Info-estructura) que defina los elementos de la información que va a tratarse como los procesos, datos, relaciones y conocimiento a tratar y una tercera o capa de **Tecnología** (Infra-estructura) que defina la arquitectura de sistemas que va a soportar los puntos anteriores.
- *Sensibilidad hacia las tecnologías emergentes:* Debe ser sensible a las actuales tecnologías emergentes y las actuales redes de comunicación, etc. Debe facilitar la migración potenciando la orientación a objeto para que sea transportable, al participar de sus propiedades de encapsulación y herencia. Se trata de toda una recomendación hacia los sistemas abiertos, arquitectura descentralizada donde unos ordenadores -servidores- custodian la homogeneidad de

la información y otros ordenadores -clientes- la gestionan conforme a sus necesidades.

- *Debe promoverse la confianza en la Industria:* lo que obliga a que las iniciativas de la Administración encuentren el debido reflejo en las economías de los fabricantes para que los SI no acaben asfixiados por falta de mantenimiento. No se consolidará un mercado potente para los fabricantes, que se traduzca en un precio razonable para los compradores, si los costes de desarrollo son altos y no pueden repercutirse rápidamente en la venta de productos en el mercado.
- *Respeto a un marco conceptual* que garantice que las aplicaciones funcionen de forma funcional, segura y controlada y que los servicios que presta y los datos que transporta cumplan con estas especificaciones:
  - Características técnicas: que sea un sistema informático **abierto** (interoperable y transportable), **distributed** (recursos repartidos entre diversas unidades del sistema) y **heterogéneo** (aplicaciones de distinta naturaleza)
  - Visión del Usuario: que sea funcional, fiable y controlable
  - Visión de la Tecnología: que soporte las tres capas: Aplicaciones, Servicios y Transporte

### 1.2 Sistemas de información versus aplicaciones informáticas

La gestión de los Sistemas de Información es un método formal que utiliza técnicas informáticas o, en su más amplia acepción las TIC, para hacer accesible a la Dirección la información necesaria para la toma de decisiones, de forma que pueda controlar y planificar estratégicamente la organización. Ello es algo más que máquinas y programas. Es la puesta en marcha de las ideas, la resolución de los conflictos de gestión, el establecimiento de los objetivos, el análisis de costes, la asignación del personal y sobre todo el cambio en la organización. Todo esto tiene que ver con el hardware y el software para el desarrollo de Sistemas de Información. Por ello, no es lo mismo:

- Las aplicaciones informáticas que los **Sistemas de Información**
- Las herramientas informáticas que las **Tecnologías de la Información**
- Los datos que la **Información**

### 1.3 Procesos versus tareas

Un proceso es el conjunto de operaciones que transforman unas entradas, o insumos, en unas salidas, o productos, y que dan valor añadido a la organización por cumplir el objetivo para el que fue diseñado. Cuando las tareas no están adscritas a procesos son finalistas en sí mismas y no producen valor añadido alguno. Sólo sirven para retroceder el sistema o consolidar status personales. Los procesos, en cambio, se montan en función de su finalidad global para la que han sido concebidos y sirven a la organización. En un mundo cambiante y competitivo

en donde la atención al ciudadano es el eje de toda actividad, la organización del trabajo no debe hacerse ya alrededor de tareas puntuales sino de procesos globales.

### 1.4 Reingeniería de procesos

La metodología que se viene empleando con resultados aceptables, incluso en el seno de grandes organizaciones como es la Administración Pública, es la Reingeniería de Procesos (BPR, Business Process Re-engineering). Esta técnica trata de la "revisión fundamental y la revisión de los procesos para alcanzar mejoras importantes en medidas críticas de rendimiento como costes, calidad, servicio y rapidez" (<http://citeseer.nj.nec.com/context/323223/0>). Utiliza unas técnicas y herramientas específicas de análisis y representación de las operaciones de la organización, lo que lleva consigo una descripción gráfica de la estructura y actividades que muestran las relaciones entre las etapas de trabajo y su secuencia. En general, representan el flujo de trabajo y el circuito de información. Esta metodología gira alrededor del concepto de proceso, en vez del de tarea.

La consideración de los anteriormente expuesto - normas internacionales y orientación a procesos - nos ha permitido elaborar unos requisitos que se han hecho cumplir a lo largo de todo el diseño y construcción de los sistemas de información web estratégicos del Ministerio de Sanidad y Consumo. A continuación se describe una adaptación de estos principios al Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo (SINAC) cuyo objetivo es servir de herramienta fundamental para identificar para el conjunto de España la calidad sanitaria de las aguas de consumo y de los sistemas de Abastecimiento a través de los cuales son servidas, facilitando la cooperación entre las diferentes administraciones sanitarias y la mejora de la calidad de las actuaciones que las mismas realizan en este ámbito.

## 2. MÉTODO

Se describe a continuación los 10 requisitos y su aplicación al diseño y construcción de SINAC:

**1.º requisito: Orientación a proceso.** Se tratará la problemática general, y no partes o elementos de la misma. La solución a la misma será global; no parcial. Ello implica la superación de la autoridad del cargo por la autoridad de la función (expertos). Consecuencia tecnológica: Utilización de la Reingeniería de Procesos (BPR) y la Integración de los Sistemas de Información

**2.º requisito: El dato se cargará una sola vez, tan pronto se produzca y tan cerca de donde se produzca.** La captura de los datos se hará en origen; es decir, donde se produzca el hecho informativo, sin intermediarios ni cambio de soporte que haga peligrar la calidad. Consecuencia tecnológica: Adopción de la arquitectura I\*net.

**3.º Requisito: Descentralización de la gestión de la información.** Permitirá la carga, búsqueda, recuperación y difusión de la información en cualquier momento y a cualquier usuario que esté acreditado y registrado en el

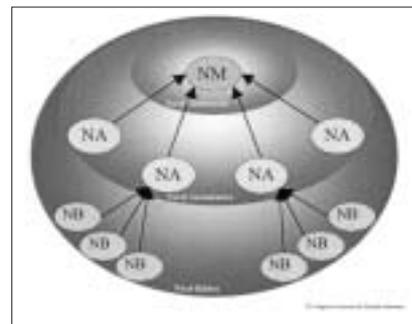
sistema. Consecuencia tecnológica: Trabajo en tiempo real; Información siempre actualizada.

**4.º Requisito: Centralización de la definición de la información.** Se definirá con criterios unificados todos los elementos informacionales (entornos, entidades, atributos, funciones, tablas del sistema, etc.). Consecuencia tecnológica: Normalización estricta.

**5.º Requisito Respeto a las peculiaridades organizativas.** Contendrá una herramienta de administración del sistema que permita asignar privilegios de acceso de acuerdo con las peculiaridades competenciales en sanidad de las CCAA. Consecuencia tecnológica: Diseño de un módulo de administración potente.

**6.º Requisito: Privacidad y seguridad.** El sistema identificará a quien carga los datos (titular) y le protegerá de accesos no autorizados garantizando su privacidad. El usuario responderá de la calidad de los datos (generación, carga y coherencia). Los datos serán objeto de especial protección mediante tecnología Internet segura, conforme al estándar X.509, que identifica a los usuarios a través de certificación digital Clase 2 CA de la Fábrica de la Moneda y Timbre (proyecto CERES). Esta tecnología responde de la autenticidad, confidencialidad, integridad y no repudio de la comunicación. Consecuencia tecnológica: Aplicaciones seguras (certificado y firma digital)

**7.º Requisito: Universo de datos en 3 niveles: Básico, Autónomo y Ministerial**



- **Nivel Básico, NB:** Ayuntamientos, Abastecedores y Laboratorios. Carga datos, consulta y hace salidas a los datos por él generados. Tiene restricción del universo de datos (accede sólo a "sus" datos) pero no tiene restricción del modelo de datos (accede a todas las entidades, atributos y campos), es decir tiene acceso total a su propia información
- **Usuario autónomo, UA:** Carga sólo algunos datos y accede a consultas y salidas de información procedente de los niveles básicos en el ámbito de su Comunidad Autónoma. Tiene restricción del universo de datos (accede sólo a datos de su CCAA pero no a datos de otra CCAA) y tiene restricción del modelo de datos (no accede a todos los atributos sino sólo a aquellos previamente consensuados)
- **Usuario ministerial, UM:** Accede a toda información ministerial que reside en SINAC. No tiene restricción del universo de datos (accede información del territorio nacional) ni tiene restricción del modelo de datos (accede a todos los atributos).

**8.º Requisito: La organización precede a la mecanización**

Primero la ORGANIZACIÓN, después la DEFINICIÓN de la información (Infraestructura), y por último, el PROCESAMIENTO de la información (Infraestructura); nunca al revés (!)

- **Organización:** Composición de los órganos de gestión del proyecto: Grupo de Usuarios, GU; Coordinador de Usuarios, CU; Dirección Técnica, DT; Jefe de Proyecto, JP, y Equipo de Desarrollo. Nombramiento y asignación de sus responsables.

- **Definición de la información.** Normalización de los elementos informacionales, a saber:

NIVELES: Ministerial, Autonómico y Básico.  
 TERRITORIOS: CCAA, Provincia, Unidad Territorial Sanitaria (UTS).  
 ENTORNOS: Gestión del agua, Comunicaciones.  
 MÓDULOS: Abrir, Entradas, Consultas, Salidas, Admón., Ayuda.  
 ENTIDADES: Ej: Caracterización, Captación, Tratamiento, Depósito, Cisterna, Redes, Laboratorio, Análisis, Incumplimientos, Excepciones, Inspecciones.  
 ATRIBUTOS: Ej:. Tipo de análisis.  
 VALORES DE TABLA: Ej:. Autocontrol- análisis completo.  
 FUNCIONES: Ej:. Añadir, Modificar, Eliminar, Buscar, Imprimir, etc.

- **Procesamiento de la información:** Aplicación web de triple capa.

**9.º Requisito. Interfaz gráfica de usuario normalizada**

La interfaz gráfica de usuario (IGU) será sencilla e intuitiva y se adaptará a la normalizada por la Subdirección General de Tecnologías de la Información para todas las aplicaciones web seguras, que es conforme con las reglas de fácil uso (usabilidad) y permite reducir los tiempos de aprendizaje.

**10.º Requisito. Arquitectura de la solución técnica adaptada a la naturaleza táctica o estratégica de la información,** según se adapte a sistemas operacionales o informacionales de Información:

- Son sistemas **operacionales** o motores de entrada de datos o de producción, los de naturaleza vertical y táctica que presenten estas características:

Apoyan procesos de gestión, generan gran cantidad de datos, se orientan a la gestión de datos, pero NO al análisis de la información, no facilitan el acceso del usuario final; precisan mediadores informáticos y necesitan etapas posteriores de reacondicionamiento de datos.

- Son sistemas **informacionales** o motores de procesamiento o salida de datos, los de naturaleza horizontal y estratégica orientados hacia la TOMA de DECISIONES y tienen las siguientes características:

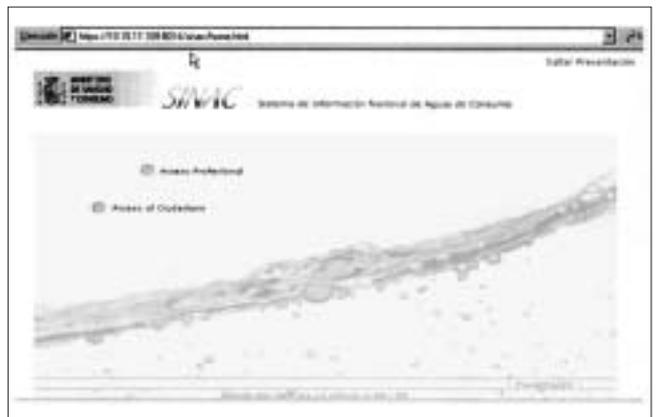
Se basan en el concepto de REPOSITORIO porque opera sobre todos los datos de una materia; explotan información estratégica; permiten la agregación, análisis y transformación de datos mediante navegación y visualización sencillas; identifican hábitos, tendencias y simulaciones con significado histórico (espacio-tiempo); obtienen conocimiento antes que información; Se basan en la tecnología de Almacén de datos (Data Warehouse), Sistemas de Información Ejecutiva o SIE (Executive Information System, EIS), Minería de Datos (Data Mining) y otros.

**3. RESULTADOS**

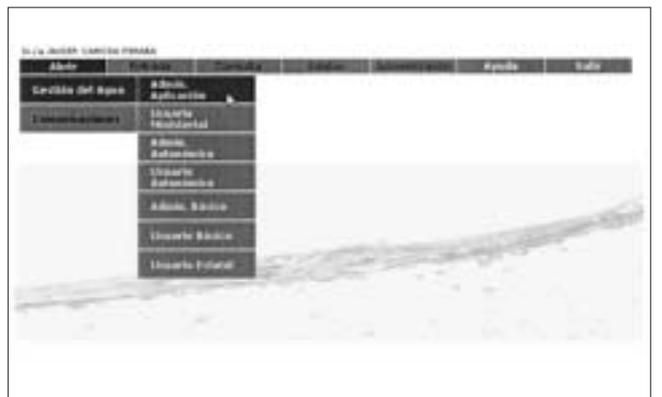
En cumplimiento de los antes descritos requisitos se ha construido un Sistema de Información doble basado en dos plataformas tecnológicas de triple capa, a saber:

- **Gestión táctica:** Sistema operacional (SINAC): Aplicación web segura (con certificado electrónico) de triple capa bajo plataforma: Solaris/Oracle/iPlanet/Weblogic
- **Explotación estratégica:** Sistema informacional (Sistema de Información Ejecutiva, SIE\_Aguas de Consumo). Aplicación web datawarehouse segura (con certificado electrónico) bajo plataforma 2000/SQL/Bussines Object.

Se describe a continuación una selección de pantallas significativas



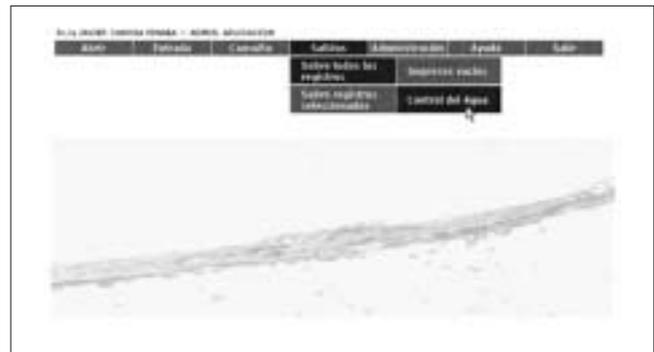
Pantalla principal de SINAC



Selección de uno de los dos entornos de trabajo: Gestión del Agua y Comunicaciones.



Selección de una de las 11 entidades: Boletín de análisis.



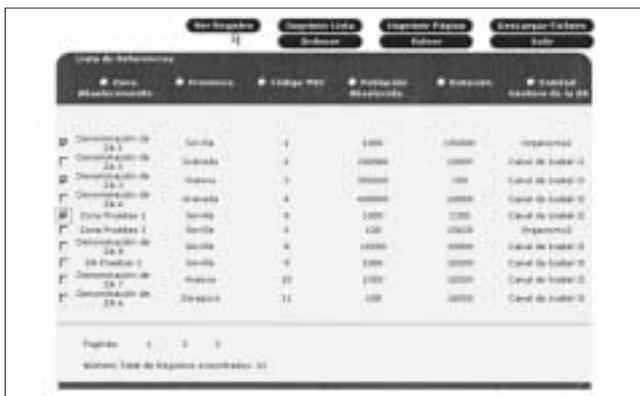
Selección de los tipos de salida



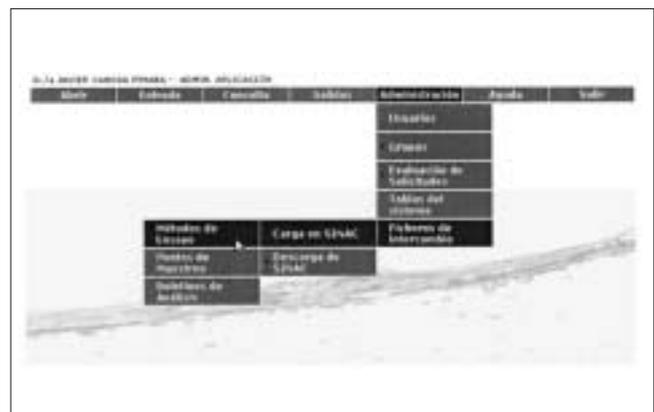
En pantalla multifiltro se establecen las condiciones de consulta sobre los atributos de las 11 entidades (pestañas)



Selección de los diferentes formatos de informes en salidas cerradas



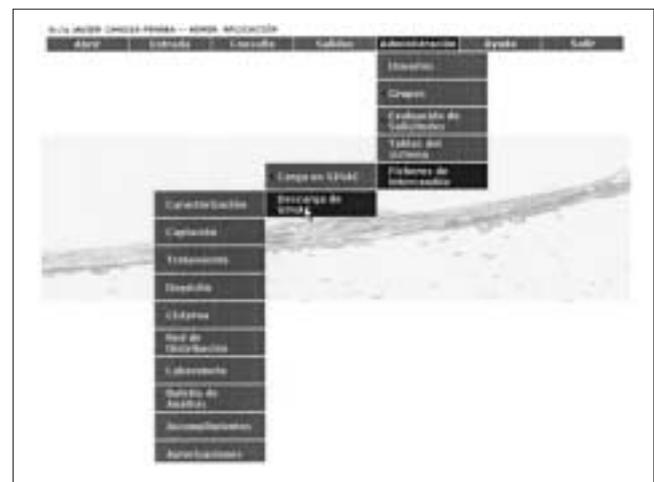
En una lista de referencias aparecen los registros que cumplen una condición de consulta



Un sistema externo puede transferir datos a SINAC a través del módulo de administración



Vista de uno de los registros seleccionados de la lista de referencia



y un sistema externo puede descargar datos de SINAC a través de ficheros de intercambio

#### 4. DISCUSIÓN

Respetando las normas dictadas por Organismos de Normalización Internacionales en Informática Médica y aplicando el criterio metodológico de la orientación a proceso se han elaborado una serie de requisitos que se han hecho cumplir para el desarrollo de aplicaciones sanitarias de naturaleza estratégica.

El presente trabajo expone una adaptación de esta metodología al desarrollo de SINAC -Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo- cuyo objetivo es el servir de herramienta para identificar la calidad sanitaria de las aguas de consumo y de sus diferentes Empresas abastecedoras en todo el ámbito estatal, facilitando la cooperación entre las diferentes administraciones sanitarias.

El cumplimiento de estos 10 requisitos ha dado origen a un sistema de información con dos aplicaciones; la primera de naturaleza táctica o de gestión (SINAC) y la segunda de naturaleza estratégica o de toma de decisiones (SIE\_Aguas de Consumo) con las siguientes características, entre otras:

- Está basado en tecnología Internet de triple capa, que libera a los usuarios de gastos de mantenimiento de la aplicación y les permite el acceso solamente con un PC provisto de conexión y navegador Internet (cliente ligero o thin client).
- Con captura de datos en origen y que trata el proceso completo desde el origen o captación del agua hasta la red final de distribución, pasando por las 10 etapas intermedias o colaterales como son el tratamiento, depósito, cisternas, redes, laboratorio, incumplimientos, excepciones e inspecciones.
- Permite acceder a los usuarios en cualquier sitio y momento y trabajar en tiempo real con información siempre actualizada.
- Normaliza la información al estar centralizada por un administrador de la aplicación, pero sometido al control y tutela de un comité técnico y consigue alojar todos los datos en un gran repositorio, que es lo que permite la explotación estratégica de la información y la integración en el sistema.
- Responde: 1) de la confidencialidad de los datos, al identificar al titular de los datos y le protege de accesos no consentidos y 2) de la seguridad, por exigir certificado electrónico Clase 2CA de la FNMT.
- Califica a los tipos de usuarios en función de los tres niveles en cuanto a sus universos de datos: básico, autonómico y ministerial.
- Dispone de un módulo de administración potente que faculta a las CCAA para que ejerzan sus peculiaridades organizativas de acuerdo con sus competencias, al poder conceder a sus usuarios, a quienes administran, toda una amplia gama de privilegios de acceso y funcionalidades para la navegación.

#### MENCIÓN DE CRÉDITOS

El proyecto SINAC se promovió por el entonces subdirector general de Sanidad Ambiental, del Ministerio de Sanidad y Consumo, D. Francisco Vargas Marcos y finalizó por el actual subdirector, D. Francisco Marqués Marqués, que solicitaron la asistencia técnica de D. Francisco José López Carmona, subdirector general de Tecnologías de la Información. Actuó como coordinadora de usuarios y definidora de la información Doña. Margarita Palau Miguel, responsable de la Unidad de Aguas de Consumo Humano. La empresa Cap Gemini Ernst & Young -como adjudicataria del concurso publico- construyó la aplicación. El autor de este trabajo actuó como director técnico del proyecto. Todas estas personas han jugado un papel fundamental para la consecución del sistema de información.

# LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN SALUD AMBIENTAL

## THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN ENVIRONMENTAL HEALTH

José A. Malpica Velasco \*

\* Departamento de Matemáticas, de la Universidad de Alcalá de Henares

### RESUMEN

En esta ponencia se presenta una breve introducción a los Sistemas de Información Geográfica (GIS, Geographic Information System) y sus aplicaciones en el área de Salud Ambiental (SA). Se inicia con una exposición conceptual para mostrar el potencial de los GIS como analizadores espacio-temporales, y como ayudas a la toma de decisiones. Se analizan algunos casos concretos, que han resultado un éxito, en la aplicación de las nuevas tecnologías en SA. También se hace una breve revisión del software más popular para un GIS, comercial y libre, y su conexión con otro software estadístico y especializado para construir herramientas informáticas apropiadas con las que trabajar en SA. Finalmente, se ofrecen algunas estrategias para lograr una mayor utilización de los GIS en SA.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas de Información Geográfica. Software en Salud Ambiental.

### INTRODUCCIÓN

Hoy día las herramientas informáticas permiten el análisis, seguimiento y evaluación de situaciones complejas, además del apoyo a la toma de decisiones en la búsqueda de soluciones eficaces a una gran variedad de problemas.

Un GIS es una aplicación informática diseñada para guardar, analizar y visualizar datos geográficos y alfanumérico. En realidad es una base de datos, con la particularidad de que tiene datos georeferenciados y permite realizar análisis espaciales. El distintivo de un GIS es esa componente espacial o geográfica, pero no se queda en la mera visualización de los datos geográficos, es algo más que cartografía digital, por importante que ésta sea. En resumen, un GIS se debería ver como una herramienta para procesar y analizar información espacial georeferenciada.

La captura de información para llenar la base de datos es lo que más esfuerzo exige en todo proyecto GIS, generalmente supone el 80% del coste económico del proyecto completo. Se distinguen dos tipos de datos de entrada al GIS, los datos de tipo primario, que son los ob-

### ABSTRACT

This paper gives a brief introduction to the Geographic Information Systems (GIS) and its applications to the field of Environmental Health (EH). It starts with a conceptual exposition in order to show the potential of GIS's as an space temporal analysers, and as an aids to take decisions. Some specific cases are analysed, these cases represent success applications of new technology to EH. A brief survey of the more popular software for GIS, free and commercial, is presented. It is also shown the connexion of this software with statistical software and other kind of specialize software in order to build computer tools for working in EH. Finally, some strategies are given for a deepen involvement of GIS in EH.

**KEY WORDS:** Geographic Information Systems. Software for Environmental Health.

tenidos directamente del mundo exterior, por ejemplo, los obtenidos por teledetección, o por observación directa de la fuente que los produce, o los obtenidos por sensores que registran la temperatura en varios puntos, o las mediciones del nivel de pesticida en distintos lugares de un área agrícola, o cualquier otro dato obtenido directamente de la fuente. Los datos de tipo secundario son los obtenidos indirectamente, se extraen de soportes o dispositivos que ya tenían almacenada la información de fuentes primarias, un ejemplo de soporte de este tipo es un mapa en papel, la información que del mapa se obtenga será de tipo secundario. Esta variedad de información dará lugar necesariamente a unos datos imprecisos, vagos o borrosos, por lo que no valdrá la teoría matemática clásica en la construcción de modelos y simulaciones, salvo en los casos muy sencillos, generalmente se utilizan modelos computacionales y matemáticos que tienen en cuenta esta característica de incertidumbre; así se utiliza matemática borrosa (*fuzzy*) y algoritmos heurísticos. Es el nuevo paradigma que se está imponiendo en cierto tipo de ciencias y tecnologías. Puede verse más sobre lo que se acaba de decir y la tendencias en los SIG en el libro de Burrough y McDonnell<sup>1</sup>.

## INFORMACIÓN ESPACIAL

Aparte de los dos tipos de datos consecuencia de qué método de captura se utilice: primario o secundario; la información espacial por ese mismo carácter espacial, puede también ser de dos tipos: ráster y vectorial, que corresponden a dos concepciones ontológicas de espacio distintas, como vamos a ver a continuación.

La noción de espacio en GIS se puede definir de dos formas: como un recinto donde se sitúan los objetos, o como una relación, la que se establece entre el conjunto de objetos. Todo ser humano tiene una idea intuitiva de lo que es el espacio en el que se mueve. Es este concepto el que se quiere aprehender y entender. En el espacio físico todos somos capaces de percibir propiedades tales como tamaño, dirección, color y textura. Quizás el concepto más aceptado es el primero, el de un recipiente que contiene todas las cosas existen, o espacio absoluto. Kant, el filósofo, lo considera un concepto a priori que todos tenemos debido a nuestra estructura cerebral, es una categoría. Para un GIS el concepto del espacio absoluto equivaldría a considerar el espacio como un array (matriz de datos en un ordenador) donde se marcan un conjunto de posiciones con ciertas propiedades, o en otras palabras, donde se marcan los objetos sobre la referencia, que es el array que sirve de recinto. Un array con los objetos marcados se conoce con el nombre de capa ráster del GIS, en realidad el espacio va a venir dado por un conjunto de estas capas. El segundo concepto resulta de definir un conjunto de objetos y sus propiedades de dependencia con los otros objetos, de estas dependencias surge el concepto de espacio.

Los objetos se reducen en un GIS a puntos líneas y polígonos, cuando un conjunto de estos objetos representan una entidad cartográfica, por ejemplo las vías de comunicación, se conoce en GIS como capa vectorial. Esta dicotomía ráster - vector tiene implicaciones importantes para la modelización espacial, el espacio absoluto de la filosofía se modeliza como un conjunto de capas ráster y el espacio relativo como una colección de objetos espacialmente referenciados, capas vectoriales. Couclelis<sup>2</sup> ha llevado esta dicotomía en la visualización del espacio aún más lejos, estableciendo otras relaciones ontológicas con los conceptos de onda y partícula de la física.

Veamos algunos ejemplos de datos de tipo primario y secundario, ráster y vector que quedan almacenados en la base de datos del GIS.

Datos de tipo primario:

- Teledetección: Consiste en la captura de información espacial a partir de sensores colocados en satélites o aviones. Los datos obtenidos por teledetección son generalmente de tipo ráster.
- Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, Global Positioning System) Utilizando una red de satélites permite la captura de posiciones y navegación de vehículos. Los datos son capturados como conjunto de posiciones, generalmente asociados a otros atributos. Los datos están estructurados como una secuencia de puntos y vienen por tanto en formato vectorial.

Datos de tipo secundario:

- Escáneres: Son dispositivos que convierten datos analógicos, por ejemplo un mapa, en un conjunto de datos digitales. Los datos aparecen con estructura ráster.
- Digitalizadores: Permiten convertir una base de datos espacial analógica a una base de datos digital, con estructura vectorial. La digitalización es un proceso manual, aunque últimamente están apareciendo algoritmos que permiten realizarla de manera semiautomática.

Para ver más detalle y explicado con mucha claridad sobre lo dicho en este apartado una buena referencia es Longley et al.<sup>3</sup>. Si se desea realizar un estudio más de tipo algorítmico y computacional es recomendable acudir a Worboys<sup>4</sup>.

## SOFTWARE

En los años 80 sólo se podía utilizar un GIS en una estación de trabajo y con un software muy sofisticado que exigía un aprendizaje y una experiencia que pocos poseían en aquel tiempo, con el paso de los años el abaratamiento del hardware, y con un software que cada vez es más amigable, los GIS están a disposición de cualquiera con un ordenador personal.

Desde hace tiempo se intenta utilizar estándares abiertos que permitan a sistemas desarrollados por distintas compañías trabajar junto, sin necesidad de volver a formatear los datos. Open GIS Consortium ([www.open-gis.org](http://www.open-gis.org)) ha realizado varias de las más importantes especificaciones. Por ejemplo, es posible operar un GIS dentro de una hoja de cálculo, como Excel de Microsoft, y abrir un paquete de análisis estadístico, sin salir de ArcView (el GIS de ESRI). Los sistemas abiertos afortunadamente conducen a centrarse más en los principios y menos en los detalles de las implementaciones específicas. Se puede aprender por cursos *online*, [www.unigis.org](http://www.unigis.org) [www.esri.com](http://www.esri.com) [www.ncgia.org/education/ed.html](http://www.ncgia.org/education/ed.html) Cada vez es más fácil aprender a manejar un GIS.

Un GIS es una herramienta útil a cualquier profesional que tenga que trabajar con datos espaciales georeferenciados, biólogos, geólogos, ingenieros agrónomos, ingenieros forestales, profesionales del medio ambiente, etc. Ya no es necesario que uno de estos profesionales busque a un especialista en GIS para que le resuelva el problema del procesamiento de los datos espaciales, cualquiera de esos profesionales se puede con una preparación mínima realizar con un GIS los análisis que precisa para su trabajo.

Un GIS junto con un compilador son las aplicaciones más complejas de implementar en un ordenador. El procedimiento para llevarlo a cabo es la modularización. El producto final que ofrecen muchas compañías viene dado de esta manera en módulos de forma que se compra sólo los que va a necesitar. Ésta es una de las razones de la utilización en SA de software GIS de propósito general.

El caso más simple de utilización de un GIS se puede considerar constituido por una persona con un PC y un

software GIS de alguna casa comercial, el operador puede introducir los datos manualmente y producir la salida en el monitor de su ordenador. En el otro extremo, se tiene un conjunto de PCs o estaciones de trabajo cartográficas en línea con una gran base de datos espacial, o una serie de bases de datos en red, a las que se puede acceder utilizando internet.

El software GIS de propósito general más importante es el que se señala a continuación:

**IDRISI:** se diseñó con la idea de facilitar la utilización de los GIS ráster. Desde un punto de vista educativo tiene bastantes ventajas por su claridad. La última versión de 32 bits es bastante completa.

**GRASS:** Fue desarrollado por el ejército americano y posteriormente puesto en internet para su distribución gratuita. Las universidades y otros centros de investigación lo han ampliado con nuevos módulos, que generalmente los han ido dejando también libres en internet. Inicialmente estaba para el sistema operativo Unix pero ahora se encuentra también para Windows.

**ARC/INFO:** es una caja de herramientas comercial de ESRI para la automatización, tratamiento, análisis y visualización de información geográfica. Fue de los primeros GIS y todavía mantiene una gran cuota de mercado. ESRI ha sacado un producto llamado Arcview que es de fácil manejo y con el que se pueden presentar resultados espectaculares.

**MGE (Modular Gis Enviroment):** Entorno modular de un sistema de información gráfico. La misma empresa que diseñó MGE comercializa ahora mismo el software Geomedia Profesional, que opera obteniendo datos de distintas bases de datos distribuidas en la web.

**RAISON (Regional Analysis by Intelligent Systems ON microcomputers)** es un paquete software dirigido al apoyo en la toma de decisiones con posibilidades de sistema experto. Ofrece un marco que permite la integración de información de diversos tipos: texto, mapas, "conocimiento", etc.

RAISON aumenta las posibilidades de un GIS ordinario, la primera versión apareció en 1986. Se utiliza hoy día por muchas agencias de medio ambiente. RAISON dispone de un sistema experto que permite introducir conocimiento a través de reglas, que utilizan lógica borrosa y un motor de inferencia. El sistema experto permite el enlace entre los datos numéricos y el conocimiento descriptivo, ambos son necesarios en información medioambiental y en la toma de decisiones. En la actualidad no dispone de funcionalidad para análisis estadísticos avanzados, aunque parece que esto va a cambiar en el corto plazo, según noticias de la casa que comercializa el software, sería deseable que se pudiera hacer clustering, análisis discriminante, componentes principales; o técnicas avanzadas de conocimiento: redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos, enlace de distintas técnicas para la modelización de los problemas, aire, agua, cubiertas de suelo y modelos ecológico, con optimizaciones lineales y no-lineales y procedimiento de propagación con incertidumbre.

Otro software de propósito general es MapInfo, Smallword, LaserScan, etc. En el apartado siguiente se verá software especializado que se está desarrollando como consecuencia de investigaciones puntuales de universidades y centros de investigación.

## GIS APLICADOS A SALUD AMBIENTAL (SA)

La salud viene determinada en gran parte por factores ambientales, incluyendo el entorno sociocultural y físico. Los GIS y la teledetección son herramientas muy útiles para la vigilancia y el control de enfermedades infecciosas. Son útiles también por las posibilidades que ofrecen de realizar una rápida comunicación de factores espaciales relacionados con las enfermedades, y la elaboración rápida de mapas que muestren la evolución de la enfermedad a lo largo del tiempo. En general la utilización de un GIS en SA se realiza según las siguientes líneas:

- Distribución geográfica de enfermedades.
- Análisis de tendencias espaciales y temporales.
- Cartografía de riesgos de poblaciones.
- Localización de recursos.
- Planificación de acciones.

Generalmente se cita el trabajo del Dr. Snow para mostrar la importancia de la componente espacial en el estudio de las enfermedades infecciosas. El Dr. Snow en la epidemia de cólera que afligió la zona del Soho londinense en 1854 sostenía la hipótesis de que el cólera se extendía debido a la distribución de agua contaminada; mediante mapas demostró la correlación entre los casos de cólera y los puntos de suministro del agua contaminada en el área del Soho. Más recientemente, el accidente de Chernobyl, en 1986, centró la atención de los científicos trabajando en SA en la importancia de la componente espacial. Con la popularidad de los GIS, algunos autores, como Kabel<sup>5</sup> y Scholten y Lepper<sup>6</sup>, han demostrado la importancia de los GIS para analizar la componente espacial en el estudio de enfermedades infecciosas,

El virus del Nilo (West Nile) apareció por primera vez en los Estados Unidos en 1999 en Long Island en Nueva York, de allí se extendió a Nueva York, Vermont, Massachusetts, Connecticut, New Jersey, Maryland, Virginia, Carolina del Norte y Pennsylvania. Este virus se transmite por mosquitos que pican a las aves y a algunos mamíferos, las aves se desplazan a otros lugares y mueren a causa del virus. La aparición en una zona de pájaros muertos por la enfermedad es el indicador de que esa zona está infectada por el virus.

En Pennsylvania la colaboración de tres consejerías o departamentos, el Departamento de Protección del Medio Ambiente, el Departamento de Salud y el Departamento de Agricultura, en colaboración deciden realizar un seguimiento del virus considerando la componente espacial y por esa razón utilizan un GIS como centralización de los datos. Estos datos incluyen resultados de los análisis realizados en una población de humanos; además de, en muestras de pollos y caballos, pájaros muertos y mosquitos. Las muestras tenían que ser enviadas al laboratorio para su análisis, pero antes era necesario que se hiciera algún tipo de registro de esas muestras

para saber más tarde dónde fueron tomadas; en lugar de utilizar el método convencional de notas escritas en este proyecto de Pennsylvania decidieron utilizar el software ArcPad, y este les permitió introducir la información in situ, con portátiles, tanto la localización como otras características relativas a las muestras. El procedimiento consistía en asignar un número a cada muestra, rellenar un formulario con ese número, y enviar el recipiente que contenía la muestra con el número al laboratorio; de esta manera se pudo tener toda la información en la base de datos, centralizada y accesible a quien la necesitaba. Un servidor web automáticamente verificaba la base de datos externa y corregía para actualizar o para avisar de errores. Los datos para ser consultados por el ciudadano se publicaron en internet; véase [www.west-nile.state.pa.us](http://www.west-nile.state.pa.us). No se encuentran ahí todos los datos sólo, los que pueden resultar de interés al ciudadano y no vulneran la confidencialidad de personas e instituciones. Cada departamento tenía su cometido y el acceso a los datos relevantes para su trabajo en el proyecto, y toda la información se guardaba en una sola base de datos accesible online con acceso restringido según los usuarios concretos.

Puesto que el ciclo de vida del virus implica a los pájaros y las hembras de mosquitos, el Departamento de Agricultura vigiló los pájaros y los animales mientras que el Departamento de Medio Ambiente produjo mapas de lugares con cierta probabilidad para la incubación de mosquitos y recogió muestras de insectos a lo largo de la región en estudio, todo esto utilizando el software ArcPad apoyado con GPS. El personal colocaba un código de barras a cada muestra en el lugar de recogida, y registraban la posición e información del hábitat. El Departamento de Salud analizaba los mosquitos para saber si eran portadores del virus.

Dado el éxito logrado en el seguimiento y control del virus del Nilo los tres departamentos decidieron volver a colaborar después del 11 de septiembre de 2001, con el objeto de diseñar un sistema para el caso en que se produjera un nuevo ataque terrorista, esta vez de tipo biológico, químico o nuclear, como exposición al carbunco, viruela, o contaminación del agua. El sistema, que todavía se desarrolla en estos momentos dispone de módulos para la ayuda a la toma de decisiones en caso de emergencias.

Desde hace poco se están celebrando congresos específicos de la aplicación de los GIS en SA lo que muestra la actividad que existe en este campo. Como muestra de la utilidad de los GIS en este área del conocimiento se comentarán brevemente dos de los trabajos que aparecen en una de las convocatorias del año 2000.

O'Dwyer<sup>7</sup> estudia con un GIS el riesgo de altos niveles de plomo en la sangre en Adelaide en Australia, utiliza factores como la presencia de materiales que pueden contener plomo, distancia a ciertas industrias, hábitos alimenticios, aficiones, volumen de tráfico en ciertas calles, posición de los semáforos (retención de vehículos y emisión de plomo), etc.

Es interesante cómo la pintura de casas antiguas es el factor que presenta mayor correlación con los niveles de plomo en sangre. Ciertas pinturas contienen niveles al-

tos de plomo, aunque existe una legislación al respecto, muchas casas que fueron construidas en Australia antes de 1971 representan todavía hoy un alto riesgo. Los factores que determinan un alto riesgo de contaminación por plomo son bien conocidos, pero el hecho de que se sigan produciendo esos altos niveles indica que la localización y su conexión medioambiental no ha sido puesta de manifiesto, pues de otra forma se hubieran tomado las medidas para evitar el riesgo. O'Dwyer establece como limitaciones del método GIS, no ya la tecnología en sí, sino la confidencialidad de los datos. El software utilizado es uno de propósito general mencionado más arriba: ArcInfo.

El segundo trabajo corresponde a U Sunday Tim<sup>8</sup>, que en el estado de Iowa ha utilizado un software llamado EMPHASIS (EnvironMental Public Health data analySis System) para organizar, gestionar, analizar y mostrar información relativa a la salud pública medioambiental; utiliza el GIS Arcview de ESRI (también mencionado más arriba) sobre la base de datos Oracle. También utilizó el software estadístico S-Plus. En este experimento U. S. Tim, de la misma manera que indicara O'Dwyer, muestra que la mayor limitación viene de la confidencialidad de los datos, aunque en este caso se resuelve parcialmente el problema con un acceso restringido a cierta información del GIS, con claves y permisos, que hace ya tiempo permite la tecnología GIS.

Otro software que se utiliza es EpilInfo e Idrisi, que se utilizan con software estadístico como SPSS, S-PLUS. Generalmente el software especializado en SA se conecta con un GIS y paquetes estadístico para permitir mayor flexibilidad y potencia de análisis y cálculo. Sirva como ejemplo la segunda versión del software WASAMS (Water and Sanitation Monitoring System) que permite la posibilidad de enlace con un GIS de propósito general.

## ESTRATEGIAS Y CONCLUSIONES

Con lo dicho hasta ahora resulta patente la utilidad de los GIS en el campo de SA, por lo tanto, ¿cuáles serían las acciones a tomar más apropiadas por la comunidad SA para promover la utilización de los GIS? Se pueden situar en dos frentes fundamentales: el educativo y el investigador.

**Educativo:** Es necesario que la comunidad científica trabajando en SA tome conciencia de la utilidad de esta tecnología. Las nuevas promociones de profesionales que salgan de la universidad en ciencias relacionadas con SA deberían recibir formación en GIS, y a los que no conocieron estas tecnologías debido a que terminaron los estudios hace ya algún tiempo, se les debería organizar cursos o seminarios con los que se les permitiera actualizar sus conocimientos, éstos podrían ser cursos a distancia, del tipo señalado más arriba, o bien diseñando cursos en cooperación con titulaciones que ya tienen varios años de experiencia en el desarrollado de programas GIS: Geografía, Ciencias de la Computación o Geodesia y Cartografía.

**Investigador:** Existen problemas específicos de SA que una vez resueltos permitirían una mejora notable de las aplicaciones informáticas. La mayor parte de la informa-

ción que se maneja en SA es incierta, incompleta o inexacta y el análisis se debe realizar combinando datos muy variados. Ya se habló de técnicas de matemáticas de conjuntos borrosos y algoritmos heurísticos que deben estudiarse en mayor profundidad.

Es interesante la siguiente metáfora de Goodchild<sup>9</sup>: La relación entre un GIS y el mundo real es parecida a la relación entre la imagen médica y el cuerpo humano; un informe medioambiental es como una revisión médica. De la misma manera que es importante para un individuo conocer si un miembro de su cuerpo está enfermo, lo es para la sociedad conocer si un país o región de la tierra tienen buena o mala salud. La sugerencia de Goodchild es que hay que impulsar la utilización de los GIS como herramientas para el análisis y control de la salud ambiental nacional, con diagnósticos, políticas e intervenciones; de la misma manera que hacemos con la salud individual, que hacemos uso de radiografías e imágenes médicas para lograr un diagnóstico más preciso.

Hace algunos años se podía entender la no utilización de los GIS en SA, pues el software era especializado y el coste de las aplicaciones era prohibitivo. Sin embargo, hoy día el software de GIS es cada vez más potente y más sencillo, y como consecuencia de una feroz competencia cada vez más barato. ¡Ya no hay excusa!

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bourrough PA, McDonnell RA. Principles of Geographical Information System. Oxford: Oxford University Press; 1998.
2. Couclelis H. Beyond the raster-vector debate in GIS. Theories of Spatio-Temporal Reasoning in Geogrphic Space. En Lectures Notes in Computer Science 639. Berlin: Springer-Verlag; 1992: 65-77.
3. Longley PA, Goodchild MF, MacGuire DJ, Rhind DW. Geographic Information Systems and Science. Chichster: Wiley & Sons; 2001.
4. Worboy MF. GIS: Acomputing Perspective. London: Taylor & Francis; 1995.
5. abel R. Predicting the next map with spatial adaptive filtering. En Proceedings of the fourth international symposium in medical geography, Norwich, 16-19 July. University of East Anglia, Norwich UK. 1990.
6. Scholten HJ, de Lepper MJC. The benefits of the application of geographical information systems in public and environmental health. WHO Statistical Quarterly; 1991; 44(3).
7. O'Dwyer LA. The Use of GIS in Identifying Risk of Elevated Blood Lead Levels in Australia. En Proceedings of the third National Conference of the Geographic Information Systems in Public Health. 2000: 167-181.
8. Tim US. Understanding the Role of Geospatial Information Technologies in Environmental and Public Health: Applications and Research Directions. En Proceedings of the third National Conference of the Geographic Information Systems in Public Health. 2000: 647-658.
9. Goodchild MF. Strategies for GIS and Public Health. En Proceedings of the third National Conference of the Geographic Information Systems in Public Health; 2000: 63-71.

# LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN SALUD DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

## EVALUATION OF THE IMPACT OF AIR POLLUTION ON HEALTH

Ferran Ballester Díez \*, en nombre del Grupo APHEIS \*\*

Escuela Valenciana de Estudios para la Salud, EVES

### RESUMEN

En los últimos años un número importante de estudios realizados en distintas ciudades han encontrado que, aún por debajo de los niveles de calidad del aire considerados como seguros, los incrementos de los niveles de la contaminación atmosférica se asocian con efectos nocivos sobre la salud. La epidemiología ha jugado un papel crucial en la evaluación de impacto en salud de la contaminación atmosférica al proporcionar pruebas de la asociación en poblaciones humanas en condiciones naturales. Por su parte la toxicología y las ciencias clínicas aportan pruebas convincentes acerca de los mecanismos etiopatogénicos de dichas asociaciones.

El propósito de la evaluación de impacto en salud es cuantificar el número esperado de personas con un efecto en salud que puede ser atribuido a una situación específica de exposición. En Europa, desde hace tres años, el proyecto APHEIS, en el que participan 26 ciudades, ha establecido un sistema de vigilancia en salud ambiental que incluye una base de datos de contaminación atmosférica y salud. Con ello se pretende cuantificar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pública a nivel local, nacional y europeo así como distribuir informes estandarizados sobre el impacto de la contaminación atmosférica en salud pública.

**PALABRAS CLAVE:** contaminación atmosférica, evaluación de impacto en salud, epidemiología, APHEIS.

### INTRODUCCIÓN

A pesar de ser un riesgo ambiental conocido desde antiguo, la exposición a contaminación atmosférica ha pasado a ser uno de los problemas de salud pública que más atención recibe. Desde principios de la pasada década, un número importante de estudios realizados en distintas ciudades han encontrado que, aún por debajo de los niveles de calidad del aire considerados como seguros, los incrementos de los niveles de la contaminación atmosférica se asocian con efectos nocivos sobre la salud. Entre estos estudios destacan el proyecto APHEA<sup>1,2</sup> (Air Pollution and Health: an European Assessment) en el que participan 35 ciudades europeas y el estudio NM-

### ABSTRACT

In recent years, an important number of studies, carried out in different cities, have found that, even below air quality levels considered as safe, increases in the levels of air pollution are associated with harmful effects on health. Epidemiology has played a major role in the evaluation of the impact of air pollution on health, since it provides proofs of the association among human populations within natural conditions. Also, toxicology and clinical sciences provide convincing proofs on the etiopathogenic mechanisms of such associations.

The purpose of the evaluation of impact on health is to quantify the expected number of people whose health is affected due to a specific exposure situation. In Europe, since three years ago, the APHEIS project, with 26 participating cities, has established an environmental health surveillance system which includes a database of air pollution and health. This is aimed at quantifying the effects of air pollution on public health at local, national and European levels, as well as distributing standardised reports about air pollution impact on public health.

**KEY WORDS:** air pollution, health impact assessment, epidemiology, APHEIS

MAPS (National Mortality and Morbidity Air Pollution Study)<sup>3,4</sup> que incluye las 100 ciudades estadounidenses de mayor población. En España, el proyecto EMECAM ha evaluado la asociación de la contaminación atmosférica con la salud en 14 ciudades<sup>5</sup>.

Un estudio reciente llevado a cabo en Francia, Suiza y Austria<sup>6</sup> indica que el 6% de la mortalidad y un número muy importante de nuevos casos de enfermedades respiratorias en estos países puede ser atribuido a la contaminación atmosférica. La mitad de este impacto es debido a la contaminación emitida por los vehículos a motor. Por

**Correspondencia:** Ferran Ballester, Escuela Valenciana de Estudios para la Salud, EVES, C/ Juan de Garay, 21. 46017 Valencia. Tel.: 963 86 93 61. Fax: 963 8693 70. Correo electrónico: ballester\_fer@gva.es

\*\* **Convenio:** El programa APHEIS está financiado por la Comisión Europea, DG SANCO, Programa de Acción Comunitaria sobre enfermedades relacionadas con la contaminación, y por las instituciones participantes.

otro lado, aumenta la preocupación sobre los posibles riesgos de agentes para los que no existe una evaluación satisfactoria. En definitiva, importantes sectores de la población se encuentran expuestos a contaminantes atmosféricos con posibles repercusiones negativas sobre su salud. Y todo ello a pesar del ajuste de las normas de emisión de contaminantes, el mayor control de los niveles de contaminación atmosférica y el descenso de los niveles de ciertos tipos de contaminantes.

Debido a la importancia del problema, los políticos y responsables de los servicios, profesionales de salud pública y de medio ambiente y los ciudadanos necesitan información, comprensible y actualizada, sobre contaminación atmosférica y salud pública a que les ayude a tomar decisiones informadas sobre las cuestiones políticas, profesionales e individuales que les interesan. Sin embargo, en muchos países de Europa y, especialmente en España, las funciones de vigilancia y control de los riesgos ambientales se han ido alejando de los Servicios de Salud Pública. Esto ha llevado, entre otras consecuencias, a una falta de coordinación en las estrategias de los servicios de salud pública y medio ambiente y a un desconocimiento técnico sobre la manera de controlar y ayudar a resolver los problemas relacionados con los riesgos ambientales.

En Europa, desde hace tres años, el proyecto APHEIS<sup>7,8</sup> en el que participan 26 ciudades, intenta dar respuesta a dicha necesidad por medio de la creación de un sistema de vigilancia en salud ambiental en Europa que incluya una base de datos comprensiva de contaminación atmosférica y salud. Con ello se pretende cuantificar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pública a nivel local, nacional y europeo así como distribuir informes estandarizados sobre el impacto de la contaminación atmosférica en salud pública.

Los objetivos de esta ponencia son:

- Presentar una síntesis de los efectos probados de la contaminación atmosférica sobre la salud.
- Presentar los elementos fundamentales, concepto y método, de la evaluación de impacto en salud relacionado con la contaminación atmosférica.
- Presentar el proyecto APHEIS y los resultados de la evaluación de impacto ambiental del proyecto.
- Discutir acerca de las asunciones y limitaciones de la evaluación de impacto ambiental de la contaminación atmosférica, así como de las perspectivas y necesidades de futuro.

**Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud**

La epidemiología juega un papel crucial en la evaluación de impacto en salud al proporcionar pruebas de la asociación en poblaciones humanas en condiciones naturales. Además, aporta la estimación de las funciones de exposición-respuesta. Por su parte la toxicología y las ciencias clínicas aportan pruebas convincentes acerca de los mecanismos etiopatogénicos de dichas asociaciones.

Entre los estudios epidemiológicos que han aportado información relevante sobre la relación de la contaminación atmosférica con la salud destacan los que han utili-

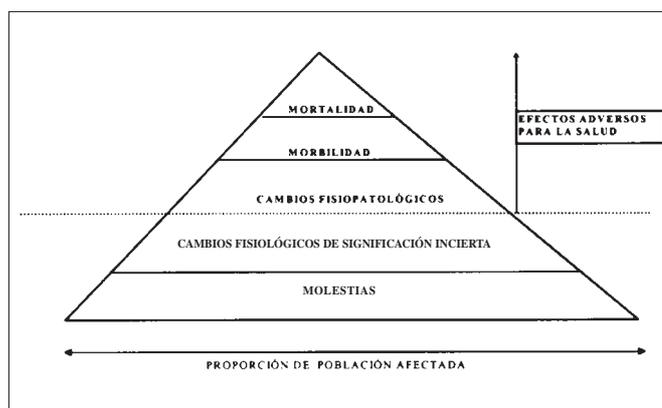
zando diseños de series temporales y los de cohortes. En los últimos 10 ó 12 años ha habido un número importante de estudios de series temporales que han utilizado datos secundarios existentes en las redes para el control de la contaminación atmosférica, en los servicios de vigilancia de epidemiología y salud pública, así como en otras fuentes de datos como los institutos de meteorología.

Por otro lado, los estudios toxicológicos experimentales, en el hombre o los animales, han aportado evidencias fundamentales para el establecimiento de los mecanismos etiopatogénicos para el daño que la exposición a contaminantes atmosféricos puede causar sobre la salud. La principal ventaja de estos estudios radica precisamente en el control de las condiciones de exposición, por lo que la medida de ésta es más precisa que en el caso de los estudios observacionales. En cuanto a los inconvenientes, radican fundamentalmente en el hecho de someter a los sujetos en experimentación a una situación artificial, ya que se utiliza un reducido número de contaminantes, en situación ideal, a grandes dosis y en circunstancias ambientales especiales. Además, las poblaciones con las que se experimenta podrían ser poco representativas.

Es de destacar que en los últimos años ha habido grandes avances en el desarrollo de estudios de los efectos a exposiciones controladas de contaminantes, en especial se ha avanzado sustancialmente en la comprensión de los efectos y mecanismos biológicos relacionados con el las partículas y el ozono<sup>9</sup>.

Los efectos que se han relacionado con la exposición a la contaminación atmosférica son diversos y de distinta severidad. Entre ellos destacan los efectos sobre el sistema respiratorio y el cardiocirculatorio. El efecto mantiene una gradación tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la población a riesgo afectada (Figura 1).

**Figura 1:** Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.



**Estudios epidemiológicos**

Para el estudio de dichos efectos se han empleado diversos diseños epidemiológicos que se pueden dividir básicamente en cuatro categorías dependiendo de si el análisis se lleva a cabo a nivel poblacional o individual, y si se valoran los efectos debidos a exposiciones agudas o a más largo plazo, es decir, exposiciones crónicas (Tabla 1).

**Tabla 1:** Diseños básicos en los estudios epidemiológicos de contaminación atmosférica

Unidad de observación	Exposición	
	Aguda	Crónica
	Agregada	Serie temporales: Mortalidad Ingresos hospitalarios Urgencias
Individual	Estudios en Panel: Síntomas Enfermedades Función pulmonar Estudios de cohortes: Síntomas Enfermedades Función pulmonar	Estudios de cohortes: Mortalidad, Síntomas Enfermedades Función pulmonar Estudios de casos y controles

Adaptado de Antó y Sunyer<sup>10</sup>; y Pope y Dockery<sup>11</sup>.

Uno de los diseños epidemiológicos más utilizados es el de series temporales. En estos estudios se analizan las variaciones en el tiempo de la exposición y el indicador de salud en una población (número de defunciones, ingresos hospitalarios, etc.). Una de las ventajas de estos estudios es que al analizar a la misma población en diferentes periodos de tiempo (día a día, generalmente) muchas de aquellas variables que pueden actuar como factores de confusión a nivel individual (hábito tabáquico, edad, género, ocupación, etc.) se mantienen estables en la misma población y pierden su potencial efecto de confusión<sup>12</sup>.

En los últimos años se han llevado a cabo diversos proyectos multicéntricos utilizando criterios de análisis estandarizados para el estudio de diferentes aspectos de la relación contaminación atmosférica-salud. Como se dijo al principio, en Europa, el proyecto APHEA y en Estados Unidos el estudio NMMAPS se encuentran entre los que han aportado más al conocimiento del impacto agudo de la contaminación en la salud.

En la segunda fase del proyecto, APHEA2, participan 30 ciudades europeas (entre ellas cuatro españolas: Barcelona, Bilbao, Madrid y Valencia), con información más completa sobre exposición y otras variables. Ello ha permitido evaluar la consistencia de las asociaciones así como un mayor control de los posibles factores de confusión y modificadores de efecto. Para las partículas la relación con la mortalidad mostró un incremento de 0,6 por ciento en el número de defunciones diarias por aumento de 10 mg/m<sub>3</sub> en los niveles de humos negros y lo mismo para PM<sub>10</sub>. La investigación de los factores modificadores de efecto mostró asociaciones de mayor magnitud en aquellas ciudades con niveles medios de NO<sub>2</sub> más altos, con clima más cálido y con tasas de mortalidad más baja<sup>2</sup>. La asociación entre el número de ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias fue de alrededor de 1 por ciento para las PM<sub>10</sub> y de menor magnitud para humos negros<sup>13</sup>. Por el contrario, los niveles de humos negros mostraron una asociación más clara con el número de ingresos por causas del aparato circulatorio que las PM<sub>10</sub> 1,1 por ciento y 0,5, respectivamente<sup>14</sup>.

En varios países europeos como Francia<sup>15</sup> o Italia<sup>16</sup> se han llevado estudios multicéntricos a nivel nacional que han valorado el impacto de la contaminación teniendo en cuenta las características ambientales, sanitarias y sociales. En España el proyecto EMECAS está llevando a cabo un estudio sobre el impacto de la contaminación atmosférica que incluye a 16 ciudades y que desarrolla las investigaciones iniciadas en el proyecto EMECAM<sup>5,17,18</sup>. Estos estudios, además de aportar estimaciones de la asociación en las poblaciones a estudio, pueden ser de utilidad para la toma de decisiones en cuanto a medidas relacionadas con el control de la contaminación y la mejora de los sistemas de información en cada país.

Aunque en mucha menor cuantía que los estudios de series temporales, existen varios estudios de cohortes sobre el impacto de la contaminación en la salud. El primero de ellos, es conocido como el estudio de las seis ciudades. En él se siguieron, desde 1974, a 8.111 adultos de 6 ciudades de los Estados Unidos<sup>19</sup>. Sus resultados indican que, una vez controlado por el hábito de fumar y otros factores de riesgo, las tasas de mortalidad están asociadas con la contaminación del aire. El riesgo de morir en las ciudades más contaminadas fue un 26 por ciento más alto comparado con las menos contaminadas. En otro estudio, Pope y colaboradores<sup>20</sup>, evaluaron los efectos de la contaminación atmosférica por partículas sobre la mortalidad en los participantes el estudio de seguimiento de la Sociedad Americana del Cáncer (ACS) como parte del Estudio II para la Prevención del Cáncer. En total se recogieron datos sobre factores de riesgo y contaminación atmosférica para unos 500.000 adultos de 151 áreas metropolitanas de los Estados Unidos y desde 1982. Se encontró que el riesgo de morir por todas las causas en las áreas más contaminadas era un 15 por ciento más alto que en las menos contaminadas. En marzo de 2002 se ha publicado los resultados del seguimiento hasta el año 1998 de dicha cohorte<sup>21</sup>. Las partículas finas (PM<sub>2,5</sub>) y los óxidos de azufre mostraron una asociación con la mortalidad por todas las causas, por causas del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón. Cada aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> en los niveles atmosféricos de partículas finas se asoció con aproximadamente un au-

mento de un 4%, 6%, y 8% del riesgo de morir por todas las causas, por causas del aparato circulatorio y por cáncer de pulmón, respectivamente.

En otro estudio en EEUU se siguió a unos 4.000 adultos no fumadores (Adventistas del Séptimo Día) y se encontró un incremento en el riesgo de morir asociado al nivel de contaminantes en la región<sup>22</sup>. En este estudio también se ha descrito la relación de las partículas con síntomas crónicos del aparato respiratorio<sup>23</sup>.

El primer estudio de cohortes en Europa sobre el impacto a largo plazo de la contaminación atmosférica en la salud ha sido publicado recientemente<sup>24</sup>. Se trata de una cohorte de 5.000 adultos holandeses seguidos durante 7 años. Los resultados muestran una asociación entre la mortalidad cardiopulmonar y vivir cerca de una calle con mucho tráfico. Sin embargo, no se ha descrito una asociación clara con los niveles de contaminantes medidos por la red de vigilancia y control.

### Guías para la evaluación de impacto en salud

El propósito de la evaluación de impacto en salud es cuantificar el número esperado de personas con un efecto en salud que puede ser atribuido a una situación específica de exposición. En nuestro contexto la evaluación de impacto en salud puede desempeñar un papel en la evaluación de los escenarios alternativos para la reducción de la contaminación atmosférica a nivel local, regional o nacional.

Siguiendo las recomendaciones de la OMS<sup>25</sup> y APHEIS<sup>7</sup> los pasos a seguir en la evaluación de impacto en salud son:

- Especificar el objetivo de la evaluación, con la participación conjunta de decisores, científicos y profesionales encargados del control y vigilancia
- Especificar los métodos utilizados para la cuantificación de la incertidumbre, teniendo en cuenta las asunciones consideradas
- Especificar la exposición a considerar.
- Definir los indicadores de salud adecuados
- Especificar la función de exposición-respuesta que debería estar basada en estimadores combinados robustos y adecuados a las poblaciones a estudio
- Obtener indicadores de salud estandarizados de las poblaciones a estudio
- Calcular el número atribuible de casos
- Interpretar los resultados considerando las asunciones consideradas y las limitaciones del método
- Llevar a cabo análisis de sensibilidad para explorar la consistencia de las estimaciones

### Evaluación de impacto en salud en el programa APHEIS

Uno de los objetivos del programa APHEIS es proporcionar información clara, exhaustiva y actualizada sobre el impacto en salud de la contaminación atmosférica. Para ello, se ha llevado a cabo la evaluación de impacto en salud de la contaminación atmosférica en 26 ciudades de 12 países europeos, entre las que se encuentran Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla y Valencia.

Los Centros APHEIS creados en todas las ciudades participantes en el programa han adoptado las recomendaciones de la OMS para la evaluación del riesgo ambiental en salud, implantando una metodología común para la recogida y análisis de los datos. APHEIS ha estimado el impacto a corto plazo de las partículas (PM<sub>10</sub>) y humos negros-HN) sobre la mortalidad anticipada y los ingresos hospitalarios<sup>8</sup>, utilizando las funciones de exposición-riesgo recientemente desarrolladas en el programa APHEA2. Asimismo, se han estimado los efectos crónicos de las partículas sobre la mortalidad, en base a las funciones de exposición-riesgo utilizadas en el estudio de impacto en salud de la contaminación atmosférica en Austria, Francia y Suiza, basadas a su vez en dos estudios de cohorte en EEUU. Se realizó la presente evaluación del impacto en salud cuantificando los beneficios en salud esperables para diferentes escenarios de reducción de los niveles de PM<sub>10</sub> y HN.

La población total cubierta por esta evaluación del impacto en salud incluye cerca de 39 millones de habitantes europeos. Diez y nueve ciudades proporcionaron medidas de PM<sub>10</sub>. En la mayoría de ellas, los niveles medios de PM<sub>10</sub> se encuentran entre 20 y 50 µg/m<sup>3</sup>; las ciudades suecas presentan los niveles más bajos, por debajo de 20 µg/m<sup>3</sup>. Catorce ciudades midieron HN. Atenas presenta los niveles más elevados, mientras que los niveles más bajos se dan en Lille, Le Havre, Londres y Rouen. La tasa de mortalidad estandarizada varía entre 456 por 100.000 habitantes en Toulouse y 1.127 por 100.000 habitantes en Bucharest. En conjunto, una reducción de 5 µg/m<sup>3</sup> de los niveles de PM<sub>10</sub> conllevaría una disminución en la mortalidad a largo plazo de 5.000 muertes anuales, de las cuales 800 serían fallecimientos a corto plazo. A su vez, una reducción de 5 µg/m<sup>3</sup> en los niveles de HN supondría una disminución de 500 fallecimientos a corto plazo.

El programa APHEIS ha creado una red activa de información en salud pública y medio ambiente sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud en Europa, utilizando una metodología estandarizada y común para la evaluación del impacto en salud. Los resultados muestran que la contaminación atmosférica continua siendo un riesgo para la salud de los ciudadanos en Europa. Esta evaluación proporciona una estimación cuantitativa de los beneficios potenciales de la disminución de los niveles de los contaminantes.

Por último es importante destacar que la implantación de los modelos organizativos y de los criterios técnicos para el desarrollo de APHEIS es amplia y diversa con respecto al grado de implicación técnica y científica. Los centros cuentan además con una participación efectiva de los niveles de responsabilidad en el campo de la salud pública y del medioambiente, tanto locales como regionales. Dicha integración puede ser un elemento clave que ayude a gestionar y relacionar los resultados de la evaluación de impacto en salud y las acciones de mejora de calidad del aire.

Los resultados de la evaluación de impacto en salud, así como cada uno de los informes completos y guías metodológicas de APHEIS se encuentran disponibles en la página web del programa: [www.APHEIS.net](http://www.APHEIS.net)

### Necesidades de investigación y perspectivas de futuro en la evaluación de impacto ambiental en salud

Cuando se pretende, como es el objetivo de la evaluación de impacto ambiental, obtener estimadores del impacto, en forma de casos atribuibles o la reducción de la esperanza de vida debidos a la exposición a contaminación atmosférica en una población concreta, los estimadores más completos serían los que provienen de los estudios de cohortes<sup>25,26</sup>. Sin embargo, hasta el momento no existen estimaciones directas llevadas a cabo en poblaciones europeas. El único estudio de cohortes publicado hasta el momento<sup>24</sup> no proporciona estimadores cuantitativos de la asociación entre algún contaminante atmosférico y los indicadores de salud que permita ser aplicado de manera efectiva en la evaluación de su impacto en salud. Debido a ello, para llevar a cabo dicha evaluación se debe recurrir a los estimadores obtenidos en los estudios realizados en Estados Unidos, con los problemas mencionados anteriormente. Serían necesarios estudios adicionales realizados en Europa para la confirmación de la aplicación de los estimadores existentes hasta el momento.

Los estudios de series temporales han sido los más numerosos hasta ahora. Desde el punto de vista de la Evaluación de Impacto en Salud proporcionarían una infraestimación del impacto. Ello, no obstante, no debe minimizar su utilidad, ya que desde el punto de vista de la Salud Pública son los que nos indican que está ocurriendo en una población como conjunto, y permiten evaluar la relación entre los cambios en la medida de la exposición (incluyendo episodios de contaminación atmosférica), tal como se controla cotidianamente, con la salud de la población expuesta, además de servir como base para los sistemas de alarma de la contaminación atmosférica. Sin embargo existen una serie de puntos sobre los que se debería profundizar. Uno de ellos, muy importante es el de la valoración de la exposición ambiental. La información sobre la contaminación atmosférica debería responder a los estándares establecidos de manera que permitiera una estimación adecuada de la exposición de la población a la contaminación atmosférica. Todavía una parte importante de las redes de vigilancia y control de las ciudades europeas, incluyendo las españolas, están orientadas a la contaminación por tráfico. Por otro lado, en algunos lugares no se están controlando la totalidad de contaminantes contemplados en la Directiva Europea, como, por ejemplo las  $PM_{10}$ .

La otra cuestión se refiere al indicador de contaminación por partículas utilizado en este estudio, los humos negros. A pesar de haber sido sustituido por las  $PM_{10}$  en los estándares de la Unión Europea, hay estudios que indican que son un buen marcador de los efectos de las partículas sobre la salud. Además los humos negros han demostrado ser un mejor marcador de la exposición a partículas derivadas del tráfico que las  $PM_{10}$  e incluso que las  $PM_{2.5}$ . Lo anterior junto con la existencia de series históricas de medidas fiables de humos negros nos lleva a recomendar, desde el punto de vista de la epidemiología y la salud pública, que junto a la puesta en marcha de estaciones que midan las  $PM_{10}$ , con el fin de cumplir con la nueva normativa Europea<sup>27,28</sup> se mantengan las mediciones de humos negros. Además de estos dos indicadores sería de gran interés que se fuera extendiendo el número de estaciones para la determinación de partículas finas ( $PM_{2.5}$ ) para las cuales ya existe una norma europea contrastada<sup>29</sup>.

Otro aspecto se refiere a la disponibilidad de los indicadores de salud. La recogida sistemática de los datos sobre los ingresos hospitalarios en nuestro país es bastante reciente y, aún presenta problemas de calidad y de heterogeneidad entre las diferentes fuentes. Por otro lado, es una lástima que la información sobre las urgencias atendidas en los hospitales no se recoja de manera sistemática y homogénea en los centros sanitarios. El conocimiento sistemático del número de urgencias cardiovasculares atendidas sería un indicador muy útil en la vigilancia de los efectos de variables ambientales.

Por último, teniendo en cuenta la situación mundial en cuanto a la contaminación atmosférica, sería muy importante considerar el impacto en salud de la contaminación sobre la salud. Los países en desarrollo con un importante crecimiento en cuanto a la industrialización, el uso de vehículos a motor y otras fuentes de energía están situándose como las zonas del mundo con unos niveles de contaminación mayores. La OMS estima que la contaminación atmosférica podría relacionarse con una 4 a 8% de la morbilidad total, es decir, aproximadamente 3 millones de muertes al año<sup>25</sup>. En este sentido, es importante mencionar que más del 80% de dicho impacto se relacionaría con la contaminación en interiores en los países menos desarrollados. Por otro lado, una estimación de los beneficios que una reducción de la contaminación atmosférica tendría en cuatro ciudades americanas (Santiago de Chile, Sao Paulo, Méjico y Nueva York) indica que si se adoptaran las tecnologías disponibles para reducir la contaminación atmosférica y el calentamiento global se reduciría 65.000 defunciones y los correspondientes casos de bronquitis y actividad restringida<sup>30</sup>. Estos resultados ilustran los beneficios que a escala local y cercana en el tiempo tendrían las políticas de reducción de las emisiones de gases que provocan el calentamiento global.

**Agradecimientos:** A todos los participantes del grupo APHEIS y, especialmente a los coordinadores del programa, Sylvia Medina y Antoni Plasència, y a los componentes de los grupos españoles de Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla y Valencia.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Katsouyanni K, Zmirou D, Spix C, Sunyer J, Schouten JP, Pönkä A, Anderson HR, Le Moulec Y, Wojtyniak B, Vigotti MA. Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. The APHEA project: background, objectives, design. *European Respiratory Journal* 1995; 8, 1030-1038.
2. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and Effect Modification in the Short-Term Effects of Ambient Particles on Total Mortality: Results from 29 European Cities within the APHEA2 Project. *Epidemiology* 2001; 12, 521-531.
3. Samet JM, Dominici F, Zeger S, Schwartz J, Dockery DW. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part I: Methods and Methodologic Issues. Boston: Health Effects Institute; 2000.
4. Samet JM, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW, Schwartz J, Zanobetti A. 2000c, The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. Boston: Health Effects Institute; 2000.

5. Grupo EMECAM. El proyecto EMECAM: Estudio español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. *Revista Española de Salud Pública* 1999; 73: 165-314.
6. Künzli N, Kaiser J, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, Herry M, Horak F, Buybonnieux-Texier V, Quenel P, Schneider J, Seethaler R, Vergnaud JC, Sommer H. Public Health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet* 2000; 356 795-801.
7. APHEIS. Air Pollution and Health: a European Information System. Monitoring the Effects of Air Pollution on Public Health in Europe. Scientific report 1999-2000. Saint Maurice: Institut de Veille Sanitaire, 2001.
8. APHEIS. Air Pollution and Health: a European Information System. Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities. Second year report 2000-2001. Saint Maurice: Institut de Veille Sanitaire, 2002.
9. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *The Lancet* 2002; 360, 1233-1242.
10. Antó JM, Sunyer J. *Epidemiología Ambiental*. En: Salud Pública. Martínez Navarro et al (eds). Madrid: Interamericana, 1999.
11. Pope AC, Dockery D. *Epidemiology of Particles Effects*. En: Holgate ST, Samet JM, Koren H, Maynard RL, (eds). *Air Pollution and Health*. San Diego, California: Academic Press, 1999.
12. Schwartz J, Spix C, Touloumi G, Bacharova L, Barumandzadeh T, Le Tertre A, Ponce A, Pönkä A, Rossi G, Sáez M, Schouten JP. Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions, *Journal of Epidemiology and Community Health* 1996; 50 Suppl 1, S3-S11.
13. Atkinson RW, Ross AH, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, Boumghar A, Forastiere F, Forsberg B, Touloumi G, Schwartz J, Katsouyanni K. Acute Effects of Particulate Air Pollution on Respiratory Admissions. Results from APHEA2 project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2001; 164, 1860-1866.
14. Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, Vonk J M, Bellini A, Atkinson R, Ayres JG, Sunyer J, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities, *Journal of Epidemiology and Community Health* 2002; 56, 773-779.
15. Quenel P, Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleu L, Le Goaster C, Le Tertre A, Medina S, Pascal L, Prouvost H, Saviuc P, Zeghnoun A. Rapport Surveillance épidémiologique 'Air & Santé'. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Paris: Institut de Veille Sanitaire; 1999.
16. Biggeri A, Bellini P, Terracini B, (eds). Meta-analysis of the Italian Studies on Short-term Effects of Air Pollution. *Epidemiologia & Prevenzione* 2001; 25 (Suppl), 1-72.
17. Saez M, Ballester F, Barceló MA, Perez-Hoyos S, Tenías JM, Bellido J, Ocaña R, Figueiras A, Arribas F, Aragonés N, Tobías A, Cirera LI, Cañada AM, on behalf of the EMECAS group (2002) A combined analysis of the short-term effects of photochemical air pollutants on mortality within the EMECAM project. *Environmental Health Perspectives* 110, 221-8.
18. Ballester F, Saez M, Pérez-Hoyos S, Iñiguez C, Gandarillas A, Tobias A, Bellido J, Taracido M, Arribas F, Daponte A, Alonso E, Cañada A, Guillen-Grima F, Cirera LI, Perez-Boillos MJ, Saurina C, Gómez F, Tenías JM, and on behalf of the EMECAM group. The EMECAM project: a multi-center study on air pollution and mortality in Spain. Combined results for particulates and for sulphur dioxide. *Occupational and Environmental Medicine* 2002; 59, 300-308.
19. Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BGJ, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal of Medicine* 1993; 329, 1753-1759.
20. Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath C. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1995; 151, 669-674.
21. Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, *Journal of American Medical Association* 2002; 287, 1132-1141.
22. Abbey DE, Nishino N, McDonnell WF, Burchette RJ, Knutsen SF, Lawrence BW, Yang JX. Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1999; 159, 373-382.
23. Abbey DE, Hwang BL, Burchette RJ, Vancuren T, Mills PK. Estimated long-term ambient concentrations of PM10 and development of respiratory symptoms in a non smoking population. *Archives of Environmental Health* 1995; 50, 139-152.
24. Hoek G., Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, Van Den Brandt P. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet* 2002; 360: 1203-1209.
25. Kunzli N, Medina S, Kaiser R, Quenel P, Horak FJ, Studnicka M. Assessment of deaths attributable to air pollution: should we use risk estimates based on time series or on cohort studies?, *American Journal of Epidemiology* 2001; 153, 1050-1055.
25. WHO. Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment. Bilthoven: European Centre for Environment and Health; 2000.
26. Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R. Quantification of health effects of exposure to air pollution. *Occupational and Environmental Medicine* 2002, vol. 59, no. 12, pp. 791-793.
27. Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air.
28. Council Directive 2000/69/EC of 16 November 2000 relating to limit values for benzene, and carbon monoxide.
29. Ramos MC, Rubio L, Martín D, Hernández P, García dos Santos R, Fernández R. Desarrollo de la norma europea (EN) para la determinación de las partículas PM2,5 (respirables) en aire ambiente. Método de captación por un filtro y posterior análisis gravimétrico (resumen), *Revista Española Salud Ambiental* 2001, 1, 102.
30. Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL. Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, Sao Paulo, Mexico city, and New York city. *Environmental Health Perspectives* 2001; 109 Suppl 3:419-425.

# EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

## HEALTH IMPACT ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION

**Koldo Cambra Contín \***

Técnico de Evaluación de Riesgos Ambientales. Dirección de Salud Pública.  
Departamento de Sanidad. Gobierno Vasco

### RESUMEN

El suelo integra y refleja todas las actividades que han tenido lugar en el curso de su existencia, entre ellas las actividades industriales contaminantes y el vertido de residuos. A su vez, puede ser el origen de la contaminación del aire (por volatilización o suspensión de partículas), del agua subterránea y superficial (por lixiviación y arrastre), y de los vegetales que se cultiven en el lugar (por absorción radicular o foliar). La probabilidad y la magnitud de la exposición de las poblaciones humanas a los contaminantes del suelo dependen de la accesibilidad y del uso del mismo, y pueden variar drásticamente en las remodelaciones urbanísticas.

En los años 90 se generalizó el uso de la evaluación de riesgos tanto para valorar zonas contaminadas como para fijar límites máximos admisibles de contaminantes en suelo.

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación del suelo, evaluación de riesgos, límites admisibles, contaminantes

### INTRODUCCIÓN

En la década de los años noventa aumentó el interés sobre los riesgos para la salud derivados de la contaminación del suelo. El suelo integra y refleja todas las actividades que han tenido lugar en el curso de su existencia, entre ellas las actividades industriales contaminantes y el vertido de residuos.

La probabilidad y la magnitud de la exposición de las poblaciones humanas a los contaminantes del suelo dependen de la accesibilidad y del uso del mismo, y pueden variar drásticamente en las remodelaciones urbanísticas en las que se prevé dedicar antiguos vertederos y solares industriales a suelo residencial.

El suelo puede ser el origen de la contaminación del aire (por volatilización o suspensión de partículas), del agua subterránea y superficial (por lixiviación y arrastre), y de los vegetales que se cultiven en el lugar (por absorción radicular o foliar). Como consecuencia, la exposición

### SUMMARY

The soil reflects every activity taking place on it, such as polluting industrial activities and waste disposal. Contaminated soils also may be the source of pollution of air (volatilization and suspension of particles), of surface and groundwater (leaching and running-off), and of vegetables grown there (root and leaf absorption). The likelihood and extent of human exposure to soil contaminants depends on its accessibility to populations and, consequently, it can be altered dramatically when land use is changed at urban renewals.

During the 90s health risk assessment was broadly used to evaluate the risk of contaminated soils and to set up maximum acceptable levels of pollutants in soil.

**KEY WORDS:** Soil pollution, risk assessment, standards, pollutants.

de las personas a los contaminantes del suelo puede darse por vía digestiva, inhalatoria y, en los casos en que exista un contacto con la tierra, por vía dérmica. La ingestión de polvo y tierra ha sido considerada una ruta importante de exposición a los contaminantes del suelo, especialmente para los niños de corta edad.

La manera de abordar el estudio del riesgo derivado de la contaminación del suelo se ha basado en la metodología conocida como evaluación de riesgos.

### EVALUACIÓN DE RIESGO

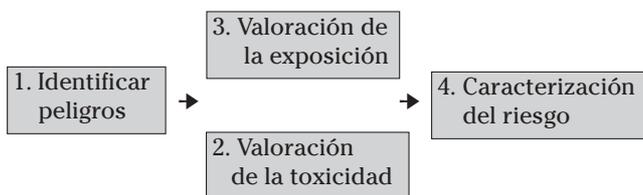
La *Evaluación de Riesgos Ambientales* (ERA) es una metodología, consolidada en la década de los 90, que de manera sistemática valora y compara el riesgo que representan los problemas ambientales. Junto con la consideración de costes y factibilidad técnica, puede ser utilizada para establecer prioridades en la Gestión Ambiental.

**Correspondencia:** Koldo Cambra Contín. Dirección de Salud Pública. C/ Donostia, 1. 01010. Vitoria Gasteiz. Tel.: 945 01 92 75. Fax: 945 01 01 02. Correo electrónico: kcambra-san@ej-gv.es

En cierta medida presenta similitudes con la estrategia seguida en Epidemiología para determinar la fracción atribuible (la proporción de enfermedad atribuible a la exposición pasada a un factor de riesgo) y la proporción evitable (proporción de enfermedad que se evitaría si se redujera la exposición). Se ha considerado que la ERA es una interfaz entre la Epidemiología y las políticas ambientales, entre científicos y gestores. Representa una medida del riesgo cuando no puede medirse en las poblaciones, porque es bajo, la población pequeña, la exposición no ha ocurrido todavía o no ha pasado el tiempo de latencia.

La ERA consiste en 4 elementos (figura 1): Identificación del peligro, Valoración de la exposición (estimación de la cantidad de contaminante que alcanza a las personas expuestas), Valoración de la dosis-respuesta (probabilidad de aparición de un efecto según la intensidad de exposición) y Caracterización del riesgo (combinación de las dos anteriores para calcular el riesgo estimado).

**Figura 1.** Esquema general de un análisis de riesgos



### Identificación de peligros

La fase de identificación de peligros es fundamental, pues de sus resultados depende toda la evaluación. En esta fase se debe identificar: 1) los contaminantes o factores de riesgo ambiental, 2) su comportamiento y destino en el medio, 3) los usos del terreno y su accesibilidad, 4) los grupos de población potencialmente expuesta, 5) las rutas de exposición implicadas.

Una vez realizado esto se necesita calcular o medir las concentraciones ambientales del contaminante en los puntos de contacto con las poblaciones humanas.

### Valoración de la toxicidad

Se acepta que, para *efectos distintos al cáncer*, existen mecanismos protectores que deben sobrepasarse antes de que un efecto se manifieste. Las dosis de referencia, como las Ingestas Diarias Tolerables (IDT) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) o las Dosis de Referencia (RfD) de la Agencia Ambiental de EEUU (USEPA), representan la exposición para la cual es de esperar que no se presenten, incluso para poblaciones sensibles, efectos nocivos.

En el caso de *sustancias cancerígenas* se considera que no existe un umbral o nivel sin efecto y que toda dosis de exposición conlleva una probabilidad de desarrollo de cáncer. Su evaluación es doble: por una parte, estas sustancias son clasificadas por la USEPA y la IARC en grupos según el grado de evidencia científica de su carcinogenicidad; y, por otra, se calcula un factor de pendiente,

que define cuantitativamente la relación entre la dosis y la respuesta. Se acepta que, para niveles de exposición bajos, como son los ambientales, la curva dosis-respuesta es lineal.

### Valoración de la exposición

La exposición ha sido definida como el contacto de un organismo con un agente físico o químico. Su valoración consiste en determinar la magnitud, la frecuencia, la duración y las rutas de exposición implicadas. La magnitud de la exposición se determina, en el caso de las sustancias químicas, midiendo o estimando la cantidad de contaminante disponible en la barrera de intercambio del organismo (pulmones, tracto digestivo, piel), durante un periodo determinado.

Para cada ruta de exposición identificada en la fase 1 debe calcularse la exposición para el grupo de población previsiblemente más expuesto

La fórmula genérica para el cálculo es la siguiente:

$$IDE = C \cdot \frac{TC \cdot FE \cdot DE}{PC} \cdot \frac{1}{TM}$$

donde:

*IDE* = Exposición expresada en mg compuesto/(kg peso corporal-día).

*C* = Concentración de exposición para el medio de contacto considerado.

*TC* = Tasa de contacto (p.e. mg suelo/día, m3 aire inhalados/día, mg adheridos a la piel, etc.)

*FE* = Frecuencia de exposición.

*DE* = Duración de la exposición.

*PC* = Peso corporal, correspondiente al peso corporal medio durante el período de exposición.

*TM* = Período en el que se promedia la exposición.

Los tres términos de que consta la ecuación corresponden a variables relacionadas respectivamente con la contaminación (*C*), con la intensidad de la exposición (*TC*, *FE*, *DE*, *PC*) y con el tiempo de exposición al que se refiere la evaluación. La tasa de exposición depende del uso que se haga del suelo.

### Caracterización del riesgo

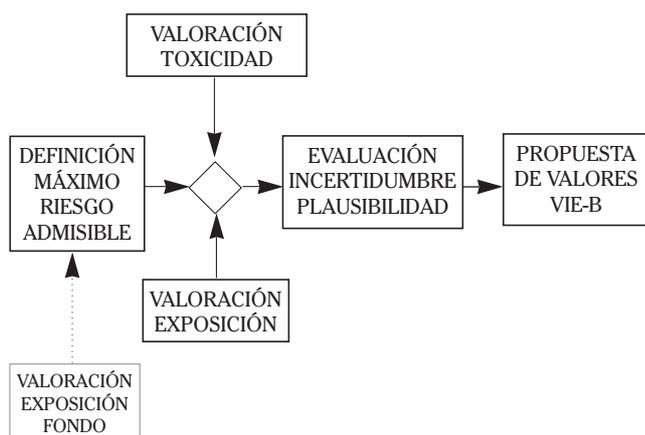
Es el resultado de combinar los datos de exposición con la información de toxicidad.

En el caso del cáncer la caracterización del riesgo se hace mediante un cálculo de probabilidad. El riesgo se estima como el incremento de la probabilidad individual de desarrollar cáncer en un periodo de vida, como resultado de la exposición a uno o varios contaminantes. Se asume que el tramo de la curva de relación dosis-respuesta sea lineal a las concentraciones de contaminante que se encuentran normalmente en el medio ambiente.

Cuando los efectos son distintos al cáncer no se usa una aproximación probabilística. La valoración se realiza dividiendo la exposición durante un periodo, con las dosis de referencia. Este cociente es conocido con el nombre de cociente de peligro (CP). El uso de este cociente se basa en asumir que hay un nivel de exposición (RfD) por debajo del cual es improbable que se presenten efectos adversos incluso en grupos sensibles. Los CP por debajo de 1 se consideran aceptables.

### CALCULO DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE CONTAMINANTES EN SUELO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAIS VASCO (CAPV)

La metodología general aplicada en la derivación de los valores máximos admisibles en suelo recibió el nombre del Modelo LUR. Se corresponde con la metodología general del análisis de riesgos para la salud humana, si bien el proceso discurre en sentido inverso. Así, a partir de la definición del riesgo máximo admisible, que considera entre otros aspectos la exposición de fondo de la población, y de la combinación de la información relativa a la valoración de la toxicidad del compuesto y la exposición del receptor al mismo para un escenario dado, se derivan las correspondientes concentraciones en suelo. En la figura siguiente se presenta un esquema del proceso



La determinación del riesgo admisible se realiza de manera distinta para el cáncer y para los efectos distintos al cáncer. En el caso de los compuestos con efectos distintos al cáncer se debe determinar qué parte de la TDI es aceptable recibir desde el suelo, de manera que las poblaciones tengan un margen de seguridad para exposiciones de otro origen. En la aproximación seguida en la CAPV estas fracciones oscilaron entre el 5 y el 50% de la TDI. En el caso de las sustancias cancerígenas se esta-

bleció el riesgo máximo admisible para cada uso del suelo y sustancia en  $10^{-5}$ , es decir un caso adicional de cáncer por 100 000 expuestos. Este es el riesgo que acepta la OMS para la derivación de sus guías de calidad del agua potable.

Estos valores han sido calculados para un conjunto de sustancias inorgánicas y orgánicas, consideradas como contaminantes relevantes y habituales en los emplazamientos contaminados de la CAPV. Para cada una de estas sustancias se han establecido valores para cinco escenarios de uso diferentes: área de juego infantil, residencial con huerta, residencial, parque y comercial / industrial. En su derivación se tiene en cuenta las condiciones generales del medio físico (climatología, edafología), uso del suelo y patrones de actividad de la población de la CAPV y, siempre que ha sido posible, se han empleado datos y modelos adaptados a la realidad local.

El carácter conservador de los valores está igualmente relacionado con su definición y función en el proceso de caracterización de los emplazamientos potencialmente contaminados. Estos valores representan niveles de contaminante en el suelo que no suponen un riesgo inaceptable para la población humana expuesta para el escenario de uso considerado, y su función es la de permitir discriminar aquellos emplazamientos que no suponen un riesgo de aquellos que sí pudieran representarlo. Constituyen el principal instrumento para la evaluación de la contaminación en la fase exploratoria de la investigación de un emplazamiento potencialmente contaminado. Se trata de una evaluación de carácter genérico y por ello, estos valores reciben la denominación de Valores Indicativos de Evaluación, VIE-B.

Cuando estos niveles son superados el protocolo de investigación obliga a proseguir con la fase de investigación detallada, uno de cuyos objetivos es el análisis específico de los riesgos en dicho emplazamiento a partir de la caracterización en detalle de la contaminación en relación con los receptores identificados.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez T, Cambra K, Cuetos Y, Urzelai A. Valores máximos admisibles en suelo (VIE-B) para la protección de la salud. En: Calidad del Suelo. Valores Indicativos de Evaluación. Bilbao: Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco- IHOBE, SA; 1998.
2. USEPA Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) Part A. Dispon. en <http://www.epa.gov/oerr-page/superfund/programs/risk/ragsa/index.htm>

# FACTORES MEDIOAMBIENTALES, VIVIENDA Y SALUD

## ENVIRONMENTAL FACTORS, HOUSING AND HEALTH

Ricardo Iglesias García \*

Jefe del Departamento de Estructura y Organización Internacional. Ayuntamiento de Madrid

### RESUMEN

Uno de los factores medioambientales más importantes que influyen en la salud de las personas es la vivienda, en la que pasamos dos tercios del día.

En primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica de los condicionantes de la vivienda que influyen sobre la salud. En segundo lugar, se analiza una serie de encuestas realizadas a residentes en bloques de viviendas, de varias ciudades europeas. Por último, se establecen los determinantes de la vivienda que influyen más en la salud y calidad de vida de sus residentes y que deben tenerse en cuenta en la renovación o modernización de las viviendas.

A continuación se determinan los "factores ambientales de la vivienda que influyen potencialmente sobre la salud" y que deben ser reflejados en cualquier estudio sobre vivienda y salud. Por último se enumeran una serie de conclusiones y recomendaciones.

**PALABRAS CLAVE:** factores medioambientales, vivienda, salud

### INTRODUCCIÓN

En el siglo XVI, es cuando la casa empieza a tener un significado estricto de residencia, identificándolo con la familia. Eran viviendas de cuatro o cinco pisos donde vivían varias familias.

Entre los siglos XVIII y XIX, la casa se convierte en hogar. Y, por último, en el siglo XX las casas se hacen más prácticas. Aparece una progresiva tecnificación de las viviendas, con espacios y objetos multifuncionales, que sirven para el descanso, el trabajo y el ocio. Sin embargo, estas ciudades desgraciadamente no están diseñadas para los estilos y formas de vida existentes actualmente.

Precisamente en el informe anual de la OMS sobre la salud de los europeos 2002, se destaca el aumento en los últimos 20 años de los riesgos para la salud que ocasiona el medioambiente y los estilos de vida.

Uno de los factores medioambientales más importantes es la vivienda. La vivienda, considerada como "casa", "hogar", "vecindad" y "comunidad" que condiciona nuevas perspectivas en la evaluación de sus impactos en salud.

### ABSTRACT

One of the most important environmental factors affecting people is housing, since we live three quarters of our lives inside them.

Firstly, a bibliographical revision about conditioning factors affecting health is made. Secondly, a series of questionnaires are analysed. They are addressed to apartment houses dwellers, in different European cities. Lastly, dwelling determinants which influence the most in health and quality of life, to be taken into account in the renovation or modernization of dwellings, are established.

To end up, "environmental factors of dwellings potentially influencing health" and which must be taken into consideration in any study on housing and health, are determined. Finally, a series of conclusions and recommendations are made.

**KEY WORDS:** environmental factors, housing, health

La "casa" definida como refugio, el "hogar" como el espacio vital de cada uno y luego de los que lo comparten con él. La "vecindad" identificada como las zonas comunes del edificio (escaleras, ascensores, zonas verdes...). Y, por último, la "comunidad" que son los propios vecinos y residentes con los lazos que se crean entre ellos.

Los bloques de viviendas anticuados, construidos entre los años 60 y 80 del siglo pasado, en ciudades con un crecimiento demasiado rápido, son las que más están afectado al el estado de salud particular y público de sus residentes<sup>1</sup>.

Este problema se agrava cuando este tipo viviendas son de propiedad privada, como ocurre en el 61% de las viviendas de la UE, llegando en los países bálticos y de la ex Unión Soviética hasta el 70%.

El impacto negativo sobre la salud da lugar a una amplia gama de patologías, que van desde la simple lesión producida por un accidente doméstico, hasta otras más

sutiles pero no menos perjudiciales, que afectan al bienestar y a la calidad de vida de las personas (alergias, infecciones, enfermedades cardiorrespiratorias...)<sup>2</sup>.

Sin embargo, la relación entre la vivienda, estilos de vida y salud está poco documentada.

No existen enfoques aceptables que valoren y evalúen los riesgos, siendo casi siempre los aspectos económicos y de ingeniería los que prevalecen sobre los de la salud.

Las investigaciones actuales no se centran en la correlación de la salud y la vivienda de una manera integral, y como consecuencia las políticas actuales no invierten en la vivienda pensando en la salud de los ciudadanos.

Es por lo tanto imprescindible, identificar desde el punto de vista de la salud, los factores más importantes y recomendar las maneras de integrarlos en los planes de rehabilitación de las viviendas<sup>3</sup>.

## OBJETIVOS

1. El objetivo primordial de este estudio es informar del estado de la situación de los estudios y proyectos relacionados con la vivienda y la salud.
2. Llevar a cabo una revisión de los instrumentos de mejoras en la vivienda en Europa.
3. Identificar los principales factores ambientales de la vivienda que influyen sobre la salud y que se deben tener en cuenta en futuros estudios y proyectos.
4. Recoger la evidencia disponible sobre la relación entre las mejoras de vivienda y las ganancias en nivel de salud.
5. Desarrollar herramientas que permitan a las autoridades locales, nacionales e internacionales comprobar y comprender mejor la influencia existente entre las condiciones de la vivienda y la salud de sus residentes.

## MÉTODO

En primer lugar, se realizó una labor recopilatoria de lo que dice la literatura científica en los últimos años sobre los condicionantes de la vivienda que influyen sobre la salud.

En segundo lugar, mediante un estudio de campo en el que se aplicaron tres tipos de encuesta a los residentes de viviendas en varias ciudades europeas. Un "cuestionario subjetivo sobre la vivienda", otro "cuestionario de salud" y una "hoja de inspección" de la vivienda.

El estudio se realizó en varios bloques de viviendas rehabilitadas y sin rehabilitar.

Por último, después de varias reuniones coordinadas por la OMS en las que participaron expertos y técnicos de distintas administraciones e instituciones de varios países europeos, se establecieron los determinantes de la vivienda que influyen más en la salud de sus residentes.

## RESULTADOS

### *Informe sobre la Vivienda en Europa*

La fotografía de la casa del europeo es una vivienda con una superficie de 87,1 m<sup>2</sup>, compartida por 2,57 personas (3,16 en España) y es de régimen de propiedad generalmente. En España, el 84% de las familias habita una residencia que ya ha pagado, sólo el 14% de las familias ocupa sus hogares de alquiler<sup>4</sup>.

Nuestro país es el que tiene, mayor porcentaje (46%), de hogares residentes en bloques de edificios de 10 o más viviendas, frente a la media europea, del 21,5%.

Aunque nuestras viviendas, están construidas después de 1945, tienen un estado de conservación generalmente bueno. Sólo el 10% de nuestro parque residencial presenta problemas de estado ruinoso, muy por debajo de la media europea, situada en el 24%.

El español en general, se siente satisfecho con su vivienda, su barrio y su municipio (7,5 sobre 10). La mitad de la población, sin embargo, se queja de escasez de zonas verdes en su entorno más cercano, frente al 28% de la media europea.

Prácticamente todas las viviendas en la UE, disponen de las más básicas comodidades como son el agua caliente, baño-ducha e inodoro.

Vivir en un entorno contaminado o que sufre algún tipo de conflicto medioambiental es el tercer problema en importancia de los que afectan a la media de hogares europeos (un 16,7% lo padece). Los más afectados son los italianos (24,3%) y luego los españoles (19,6%), los menos son los daneses (7,2%).

A pesar de ser los países que más disfrutan de la luz natural en las viviendas, los portugueses y españoles son los que más se quejan de su insuficiencia (18,9% y 17,7%, respectivamente), muy por encima de la media comunitaria (8,9%). Quienes gozan de casas más luminosas son los daneses.

En España, el 30,6% de las casas tiene problemas de ruidos. Nos siguen de cerca los alemanes (29%) y los italianos (26,7%).

Tener una calefacción adecuada en la vivienda es algo que puede permitirse el 85,4% de la media de las casas europeas, mientras que en España, únicamente un 41,8% disfruta de esta situación. Aunque, hay que tener en cuenta, que por razones climáticas, para amplias zonas del país no se trata ésta de una comodidad indispensable.

Los que viven más a salvo de humedades son los luxemburgueses, con sólo un 4,8% de los hogares afectados. Para España, el porcentaje es del 7,5%. (la media europea está en el 9%).

Pasada la insalubre moda de la moqueta, fuente inagotable de alergias, la Unión Europea se ha rendido al poder de seducción de las alfombras. De hecho, los europeos somos los mayores consumidores del mundo, absorbiendo alrededor del 63% del mercado total.

En cuanto a los hábitos, en España, aunque nos encanta ponernos en remojo, dedicamos más tiempo a limpiar la ducha que a utilizarla (52 horas al año, cinco veces más que la media europea, 48 horas anuales).

### Resultados de las Encuestas

- La salud de la vivienda es un tema complejo en el que influye no sólo la estructura de la vivienda, sino también la interacción de ésta con los residentes. Siendo de gran importancia las percepciones subjetivas a la hora de realizar cualquier evaluación de las condiciones de vida de las viviendas.
- Puede llevarse una vida sana en los bloques de vivienda estudiados si se aplica un mínimo nivel de mantenimiento de los mismos. De hecho, tienen un impacto directo sobre las condiciones de vida todas las medidas encaminadas a la renovación y modernización de las viviendas.
- La responsabilidad y la propiedad privada de la vivienda son claves para un mantenimiento adecuado de su entorno.
- Los parámetros de la vivienda que más influyen en la salud y calidad de vida de los residentes en viviendas de bloques y que deben tenerse en cuenta en la renovación o modernización de las viviendas, son:
  - La calidad del aire interior: con sistemas eficientes de ventilación y calor.
  - El tamaño de la vivienda y del edificio.
  - Calidad del aislamiento.
  - Insectos nocivos para la salud.
  - Existencia de Servicios higiénicos.
  - Mantenimiento adecuado de los edificios y sus zonas comunes.

Como consecuencia del resultado de la recopilación bibliográfica y del estudio de campo en las ciudades, se determinaron nueve grupos de **“factores ambientales de la vivienda que influyen sobre la salud”** y que deben ser reflejados en cualquier estudio sobre vivienda y salud son<sup>5</sup>:

#### I. Calidad de aire de interiores

- ✓ Calidad de aire y humedad
- ✓ Intercambio de aire / ventilación
- ✓ Compuestos volátiles orgánicos
- ✓ Partículas / polvo
- ✓ Contaminantes clásicos (CO, NO<sub>x</sub>)
- ✓ Humo de tabaco circulante

#### II. Materiales o elementos peligrosos

- ✓ Asbesto
- ✓ Radón
- ✓ Plomo

#### III. Compuestos bioquímicos

- ✓ Animales domésticos
- ✓ Insectos
- ✓ Hongos
- ✓ Ácaros

#### IV. Aspectos psicosociales

- ✓ Densidad y hacinamiento
- ✓ Ruidos
- ✓ Plagas
- ✓ Viviendas altas y aislamiento

#### V. Energía y temperatura

- ✓ Temperaturas en verano (calurosas)
- ✓ Temperaturas en invierno (frías)
- ✓ Aislamientos
- ✓ Consumo de energía y casas pequeñas
- ✓ Escasez de combustibles

#### VI. Estructura y diseño de la vivienda

- ✓ Luminosidad
- ✓ Defectos estructurales y riesgo de accidentes
- ✓ Servicios higiénicos y suministro de agua
- ✓ Sistemas de calefacción y ventilación

#### VII. Entorno inmediato de la vivienda

- ✓ Espacios abiertos y zonas verdes
- ✓ Ruidos
- ✓ Basuras, destrucción de residuos y pintadas
- ✓ Seguridad versus violencia y delitos
- ✓ Contexto social de la vecindad

#### VIII. Aspectos de mantenimiento

- ✓ Rehabilitación de la vivienda
- ✓ Mejora de la eficiencia energética
- ✓ Reglamentaciones o legislación existente sobre el mantenimiento
- ✓ Propiedad y responsabilidades
- ✓ Políticas y leyes generales sobre la vivienda
- ✓ Valoración de la calidad de la vivienda

#### IX. Otros aspectos

- ✓ Campos electromagnéticos
- ✓ Productos de limpieza
- ✓ Conservación de los alimentos en el hogar
- ✓ Socioeconómicos
- ✓ Segregación, desigualdades, dificultad de acceso a los servicios públicos...

### Factores ambientales y sus efectos sobre la salud

Según sugieren actualmente numerosos estudios, existe una correlación directa entre la alteración del medioambiente y la salud:

- **El humo del tabaco en el ambiente** puede ocasionar: síntomas respiratorios en niños; cáncer de pulmón; incremento del riesgo de enfermedades cardiovasculares y molestias en general.
- **El radón:** cáncer de pulmón.
- **Los asbestos:** asbestosis; cáncer de pulmón; mesotelioma.
- **El plomo:** envenenamiento; daños cerebrales permanentes en niños; anemia.
- **Las partículas:** irritación de nariz, ojos y garganta; Infecciones respiratorias y bronquitis.

- **Los compuestos orgánicos volátiles:** irritación ocular y respiratoria; cefaleas; náuseas; toxicidad orgánica y cáncer
- **Los contaminantes del aire clásicos:** problemas respiratorios, cefaleas, náuseas, envenenamiento por CO
- **Los agentes biológicos (mohos, virus, bacterias, insectos, pelos):** irritaciones oculares y de vías respiratorias altas, reacciones alérgicas cutáneas y respiratorias, infecciones transmisibles, envenenamiento de los alimentos, toxicidad, molestias
- **Relacionados con la temperatura del agua:** resfriados, hiper e hipotermia, alteraciones cardiovasculares
- **Relacionados con la Iluminación:** cambios hormonales / emocionales y aumento de riesgo de accidentes
- **El aumento de los ruidos:** pérdida de audición, molestias, agresividad, cambios hormonales, alteraciones mentales, cardiovasculares y del sueño
- **El hacinamiento:** aumento de la agresividad, infecciones y alteraciones mentales y de conducta

## CONCLUSIONES

1. El medio ambiente inmediato en el ámbito de vivienda y las condiciones de vida son elementos de gran importancia en la percepción y satisfacción de la vivienda, además de tener un gran impacto sobre la salud.
2. Los resultados del estudio llevado a cabo por la OMS en las ciudades, hacen interesante desde el punto de vista de la salud y la vivienda, extender dicha encuesta, a otras ciudades europeas, como se está haciendo actualmente en Italia, Suiza, Francia, Portugal, etc.

3. Estos estudios nos servirán para desarrollar y establecer una serie de *indicadores sobre vivienda y salud*, que actúen sobre las políticas de salud y medioambiente.
4. A largo plazo, servirán también para desarrollar actuaciones de mantenimiento, vigilancia, modernización y rehabilitación de la vivienda. Estos nos ayudan a priorizar y establecer políticas de vivienda y salud pública que beneficiarán a nuestros ciudadanos.
5. También a largo plazo servirían como apoyo a programas encaminados a la disminución de las desigualdades y la pobreza, sirviendo a la vez de evidencia en el campo de la salud pública.
6. Hay que fomentar las estrategias encaminadas a la construcción de edificios sostenibles, que minimicen al máximo el impacto ambiental y su repercusión sobre la salud.
7. Se debe incorporar la dimensión de vivienda y salud en los planes de salud ambiental, y en el nivel local, basados en encuestas que incluyan todos los elementos necesarios que apoyen políticas integrales de vivienda y salud.
8. Se deberán llevar a cabo proyectos de renovación a bajo coste que promuevan una forma más saludable de uso de sus viviendas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Health Report Year 2002. WHO.
2. Upton A, Graber E. Staying Healthy in a Risky Environment. Family Guide. New York University Medical Center Ed Simon & Schuster.1993.
3. Bonnfoy X, Braubach M. A Review of Knowledge in Housing and Health and Summary of a Study in panel block building. WHO. 2001.
4. Eurostat, [http:// europa.eu.int/comm/dgs/eurostat/index\\_es.htm](http://europa.eu.int/comm/dgs/eurostat/index_es.htm)
5. World Health Organization Regional Office for Europa. Who Symposium on Housing and Health in Europe 2001, Jun 6-8. Bonn. Germany.



## **SESA: UN FORO DE INVESTIGACIÓN Y DEBATE**

La Sociedad Española de Sanidad Ambiental se constituyó con el objetivo prioritario de servir de foro para agrupar a las personas físicas o jurídicas, cuyas actividades profesionales o científicas se desenvuelven en el campo de la Sanidad Ambiental. Su finalidad es favorecer el intercambio de conocimientos en los campos de la investigación, gestión, formación de personal o cualquier otro que contribuya al desarrollo y difusión de la Sanidad Ambiental.

Con independencia, objetividad y profesionalidad, la SESA quiere comprometerse con la sociedad española a dar una respuesta científica a los rápidos cambios que se producen en el campo de la Salud y Medio Ambiente, tan necesitado de foros de exposición, intercambio y comunicación, centrándose en el estudio e identificación de los factores de riesgo ambientales y los efectos sobre la salud, aportando soluciones realistas y efectivas.

### **¿QUÉ ACTIVIDADES DESARROLLA LA SESA?**

- Grupos de trabajo
- Jornadas científicas
  - Seminarios
  - Mesas redondas
- Revista de Salud Ambiental
- Información y estudios de Sanidad Ambiental

### **¿CÓMO PUEDES ASOCIARTE?**

Dirigirse a la secretaría administrativa de SESA: TILESА OPC, S. L.  
C/ Londres, 17. 28028 MADRID

Tel.: 913 612 600 - Fax: 913 559 208 - E-mail: [sesa@tilesa.es](mailto:sesa@tilesa.es)



## SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN A LA SESA

APELLIDOS \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_ D.N.I. \_\_\_\_\_

### **DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:**

Para el caso que sea dirección profesional, especificar el organismo:

CALLE \_\_\_\_\_

N.º \_\_\_\_\_ ESCALERA \_\_\_\_\_ PISO \_\_\_\_\_ PUERTA \_\_\_\_\_

CIUDAD \_\_\_\_\_ PROVINCIA \_\_\_\_\_ C. P. \_\_\_\_\_

TELÉFONO/S DE CONTACTO \_\_\_\_\_

CORREO ELECTRÓNICO \_\_\_\_\_

### **DATOS PROFESIONALES:**

TITULACIÓN ACADÉMICA \_\_\_\_\_

CENTRO DE TRABAJO \_\_\_\_\_ CARGO \_\_\_\_\_

En \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_

Firmado

Dirigirse a la secretaría administrativa de SESA: TILESА OPC, S. L.  
C/ Londres, 17. 28028 MADRID  
Tel.: 913 612 600 - Fax: 913 559 208 - E-mail: [sesa@tilesa.es](mailto:sesa@tilesa.es)



## DOMICILIACIÓN DE LAS CUOTAS

### DATOS BANCARIOS

BANCO o CAJA \_\_\_\_\_

SUCURSAL/AGENCIA \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE LA LIBRETA O CUENTA CORRIENTE:

ENTIDAD 

--	--	--	--

SUCURSAL 

--	--	--	--

D. C: 

--	--

NÚMERO 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Fecha y Firma*

*Sello entidad*

- 
- Para remitir esta hoja de inscripción, previamente debe ser sellada por la oficina de su sucursal bancaria para que se efectúe el pago de las cuotas anuales a cargo de su cuenta cuando se presenten por parte de la SESA.
  - Cuotas: 37 € para los Socios Numerarios; 325 € para los Socios Colaboradores.

Dirigirse a la secretaría administrativa de SESA: TILESА OPC, S. L.  
C/ Londres, 17. 28028 MADRID  
Tel.: 913 612 600 - Fax: 913 559 208 - E-mail: [sesa@tilesa.es](mailto:sesa@tilesa.es)



## SOLICITUD DE SUSCRIPCIÓN A REVISTA DE SALUD AMBIENTAL

APELLIDOS y NOMBRE \_\_\_\_\_

ORGANISMO (si procede) \_\_\_\_\_ D.N.I./N.I.F. \_\_\_\_\_

### **DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:**

Para el caso que sea dirección profesional, especificar el organismo:

CALLE \_\_\_\_\_

N.º \_\_\_\_\_ ESCALERA \_\_\_\_\_ PISO \_\_\_\_\_ PUERTA \_\_\_\_\_

CIUDAD \_\_\_\_\_ PROVINCIA \_\_\_\_\_ C. P. \_\_\_\_\_

TELÉFONO/S DE CONTACTO \_\_\_\_\_

### **DOMICILIACIÓN DE LA SUSCRIPCIÓN**

#### **DATOS BANCARIOS**

BANCO o CAJA \_\_\_\_\_

SUCURSAL/AGENCIA \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN DE LA AGENCIA \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE LA LIBRETA O CUENTA CORRIENTE:

ENTIDAD 

--	--	--	--

SUCURSAL 

--	--	--	--

D. C: 

--	--

NÚMERO 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Fecha y Firma*

*Sello entidad*

- Para remitir este boletín de suscripción, previamente debe ser sellado por la oficina de su sucursal bancaria para que se efectúe el pago de la suscripción anual a cargo de su cuenta cuando se presenten por parte de la SESA.
- Suscripción anual: 19 € · Ejemplar suelto: 13 €.

Dirigirse a la secretaría administrativa de SESA: TILES A OPC, S. L.  
C/ Londres, 17. 28028 MADRID  
Tel.: 913 612 600 - Fax: 913 559 208 - E-mail: [sesa@tilesa.es](mailto:sesa@tilesa.es)



# JORNADAS TOXICOLOGÍA AMBIENTAL: SEGURIDAD QUÍMICA

**22 al 25  
de Marzo 2004**

CENTRO EDUCATIVO DEL MEDIO AMBIENTE  
de la CAJA DE AHORROS DEL MEDITERRÁNEO  
**CEMACAM Torre Guil • Sangonera La Verde - Murcia**

Organiza:



**AETOX**  
Asociación Española  
de Toxicología



**SESA**  
Sociedad Española  
de Sanidad Ambiental



**Región de Murcia**  
Consejería de Sanidad  
Dirección General de Salud Pública

Colabora:



**CEMACAM**  
**Torre Guil**  
CENTRO EDUCATIVO  
DEL MEDIO AMBIENTE  
Murcia



Caja de Ahorros  
del Mediterráneo

**OBRAS SOCIALES**

