

SUMARIO

EDITORIAL

- 1** **Once años de Revista de Salud Ambiental. Se abre una nueva etapa.** José María Ordóñez Iriarte y José Vicente Martí Boscà.

ORIGINALES

- 3** **Compuestos orgánicos persistentes y metales pesados en sangre y efectos en el desarrollo neuropsicológico de la primera infancia en las cohortes de madres-niños INMA** (infancia y medio ambiente). Aritz Aranbarri Paredes, Eduardo Fano Ardanaz, Sabrina Llop Pérez, Rosa Ramón Bonache, Mario Murcia Hinarejos, Mònica Guxens Junyent, Nerea Lertxundi Iribar y Jesús Ibarluzea Maurologoitia.
- 14** **Evaluación del riesgo asociado a la exposición de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la salud de la población residente alrededor del complejo químico de Tarragona.** Anna Cuadras Andreu, Noelia Ramírez González, Enric Rovira Ricart, Rosa Maria Marcé Recasens y Francesc Borrull Ballarin.
- 26** **Evaluación de riesgos potenciales asociados a las captaciones de aguas de consumo que abastecen al polígono industrial de Casares (Málaga).** Carolina Castellano Calero, Miguel Ángel Pezzi Cereto, Rocío Fernández Vázquez y Piedad Martín-Olmedo.
- 34** **Higher blood lead levels among children living in older homes in Evansville Indiana: associations between year house built, soil lead levels and blood lead levels among children aged 1-5 years. 1998 to 2006.** Diane Jackson, Charles Grosse, Hatice Zahran, Gregory M. Zarus and Lourdes Rosales-Guevara.
- 46** **Sistema de seguridad para elaborar nanopartículas de carbono a escala de laboratorio.** Dania Soguero González, Jorge Castillo Álvarez y Luis Felipe Desdín García.

COLABORACIONES ESPECIALES

- 52** **Sistemas de comunicación wifi y efectos sobre la salud. El estado de las evidencias actuales.** Francisco Vargas Marcos.
- 58** **Intervenção comunitária no ensino superior de saúde ambiental.** Cidália Guia, Raquel Rodrigues dos Santos e Rogério da Silva Nunes.

HISTORIAS HETERODOXAS

- 68** **Un breve apunte de la reciente historia de la salud ambiental en España.** Juan Atenza Fernández.

INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

- 71** **Cambio global España 2020/50. Cambio climático y salud.** Gilma C. Mantilla.

LA OPINIÓN DE LOS SOCIOS DE SESA

- 73** **Encuesta de opinión de los socios de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.** María Luisa Pita Toledo, María Pilar Basanta Paredes, Pedro Pi Renart y Teresa Martín Zuriaga.

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL

Revista de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental

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

Dos números al año

Correspondencia científica

Revista de Salud Ambiental
c/Ramón y Cajal, 5 Oficina 11
28100 Alcobendas (Madrid)

Comité de Redacción

c/Ramón y Cajal, 5 Oficina 11
28100 Alcobendas (Madrid)

Gestión técnica y publicación electrónica: Diffundit Diseño & Comunicación
Diseño y maquetación: Ápice XXII

Esta es una revista electrónica que se encuentra disponible en: <http://ojs.diffundit.com/index.php/rsa>

DERECHOS DE AUTOR. Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática los derechos de autor a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la Revista de Salud Ambiental se distribuyen bajo una licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento no Comercial 3.0. España (cc-by-nc). Se pueden copiar, usar, difundir, transmitir y exponer públicamente, siempre que se cite la autoría, la URL y la revista, y no se utilicen para fines comerciales.



Normas para autores en: <http://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/about/submissions#authorGuidelines>

Revista de Salud Ambiental

Sumario

Editorial

- 1** **Once años de Revista de Salud Ambiental. Se abre una nueva etapa.**
José María Ordóñez Iriarte y José Vicente Martí Boscà.

Originales

- 3** **Compuestos orgánicos persistentes y metales pesados en sangre y efectos en el desarrollo neuropsicológico de la primera infancia en las cohortes de madres-niños INMA (infancia y medio ambiente).**
Aritz Aranbarri Paredes, Eduardo Fano Ardanaz, Sabrina Llop Pérez, Rosa Ramón Bonache, Mario Murcia Hinarejos, Mònica Guxens Junyent, Nerea Lertxundi Iribar y Jesús Ibarluzea Maurologoitia.
- 14** **Evaluación del riesgo asociado a la exposición de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la salud de la población residente alrededor del complejo químico de Tarragona.**
Anna Cuadras Andreu, Noelia Ramírez González, Enric Rovira Ricart, Rosa Maria Marcé Recasens y Francesc Borrull Ballarín.
- 26** **Evaluación de riesgos potenciales asociados a las captaciones de aguas de consumo que abastecen al polígono industrial de Casares (Málaga).**
Carolina Castellano Calero, Miguel Ángel Pezzi Cereto, Rocío Fernández Vázquez y Piedad Martín-Olmedo.
- 34** **Niveles de plomo elevados en sangre de niños que vivían en casas antiguas de Evansville, Indiana: asociación entre año de construcción de la casa, niveles de plomo en suelo y niveles de plomo en sangre de niños de 1-5 años, entre 1998-2006.**
Diane Jackson, Charles Grosse, Hatice Zahran, Gregory M. Zarus and Lourdes Rosales-Guevara.
- 46** **Sistema de seguridad para elaborar nanopartículas de carbono a escala de laboratorio.**
Dania Soguero González, Jorge Castillo Álvarez y Luis Felipe Desdín García.

Colaboraciones especiales

- 52** **Sistemas de comunicación wifi y efectos sobre la salud. El estado de las evidencias actuales.**
Francisco Vargas Marcos.
- 58** **Intervención comunitaria en la enseñanza superior de salud ambiental.**
Cidália Guia, Raquel Rodrigues dos Santos e Rogério da Silva Nunes.

Historias heterodoxas

- 68** **Un breve apunte de la reciente historia de la salud ambiental en España.**
Juan Atenza Fernández.

Información bibliográfica

- 71** **Cambio global España 2020/50. Cambio climático y salud.**
Gilma C. Mantilla.

La opinión de los socios de SESA.

- 73** **Encuesta de opinión de los socios de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.**
María Luisa Pita Toledo, María Pilar Basanta Paredes, Pedro Pi Renart y Teresa Martín Zuriaga.

Revista de Salud Ambiental

Contents

Editorial.

1 Eleven years of Revista de Salud Ambiental. A new stage starts

José María Ordóñez Iriarte y José Vicente Martí Boscà.

Original articles

3 Levels of persistent organic pollutants and heavy metals in blood and effects on the neuropsychological development of early childhood in INMA (Childhood and Environment) mother-child cohorts.

Aritz Aranbarri Paredes, Eduardo Fano Ardanaz, Sabrina Llop Pérez, Rosa Ramón Bonache, Mario Murcia Hinarejos, Mònica Guxens Junyent, Nerea Lertxundi Iribar y Jesús Ibarluzea Maurologoitia.

14 Health risk assessment of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons for the population living near to the Tarragona chemical industrial site.

Anna Cuadras Andreu, Noelia Ramírez González, Enric Rovira Ricart, Rosa Maria Marcé Recasens y Francesc Borrull Ballarín.

26 Public health assessment of potential hazards in private drinking water wells in the industrial park of Casares (Málaga)

Carolina Castellano Calero, Miguel Ángel Pezzi Cereto, Rocío Fernández Vázquez y Piedad Martín-Olmedo.

34 Higher blood lead levels among children living in older homes in Evansville Indiana: associations between year house built, soil lead levels and blood lead levels among children aged 1-5 years—1998 to 2006.

Diane Jackson, Charles Grosse, Hatice Zahran, Gregory M. Zarus and Lourdes Rosales-Guevara.

46 Security system to elaborate carbon nanoparticles at laboratory scale.

Dania Soguero González, Jorge Castillo Álvarez y Luis Felipe Desdín García.

Special articles

52 The current state of evidence regarding the health effects of wifi communication Systems.

Francisco Vargas Marcos.

58 Community involvement in higher education on environmental health.

Cidália Guia, Raquel Rodrigues dos Santos e Rogério da Silva Nunes.

Heterodox History

68 A short note about the recent history of the environmental health in Spain.

Juan Atenza Fernández.

Bibliographic information

71 Spain global change 2020/50. Climatic change and health.

Gilma C. Mantilla.

The opinion of SESA members.

73 An opinion survey of members of the Spanish Society of Environmental Health.

María Luisa Pita Toledo, María Pilar Basanta Paredes, Pedro Pi Renart y Teresa Martín Zuriaga.

Revista de Salud Ambiental

Sumário

Editorial

- 1 Onze anos de Revista de Salud Ambiental. Abre uma nova etapa.**
José María Ordóñez Iriarte y José Vicente Martí Boscà.

Originais

- 3 Níveis de poluentes orgânicos persistentes e de metais pesados no sangue e os efeitos no desenvolvimento neuro-psicológico na primeira infância e em coortes mães-filhos INMA (Infância e Meio Ambiente).**
Aritz Aranbarri Paredes, Eduardo Fano Ardanaz, Sabrina Llop Pérez, Rosa Ramón Bonache, Mario Murcia Hinarejos, Mònica Guxens Junyent, Nerea Lertxundi Iribar y Jesús Ibarluzea Maurologoitia.
- 14 Avaliação de risco por exposição a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos na saúde da população residente ao redor do complexo químico de Tarragona.**
Anna Cuadras Andreu, Noelia Ramírez González, Enric Rovira Ricart, Rosa Maria Marcé Recasens y Francesc Borrull Ballarín.
- 26 Avaliação dos riscos potenciais associados às captações de água de consumo que abastecem o parque industrial de Casares (Málaga).**
Carolina Castellano Calero, Miguel Ángel Pezzi Cereto, Rocío Fernández Vázquez y Piedad Martín-Olmedo.
- 34 Elevados níveis de chumbo no sangue de crianças que vivem em habitações antigas em Evansville, Indiana: associação entre o ano de construção da casa, níveis de chumbo no solo e níveis de chumbo no sangue de crianças de 1-5 anos, entre 1998 – 2006.**
Diane Jackson, Charles Grosse, Hatice Zahran, Gregory M. Zarus and Lourdes Rosales-Guevara.
- 46 Sistema de segurança para elaborar nanopartículas de carbono à escala laboratorial.**
Dania Soguero González, Jorge Castillo Álvarez y Luis Felipe Desdín García.

Colaborações especiais

- 52 Sistemas de comunicação wi-fi e efeitos na saúde: o estado atual da evidência.**
Francisco Vargas Marcos.
- 58 Intervenção comunitária no ensino superior de saúde ambiental.**
Cidália Guia, Raquel Rodrigues dos Santos e Rogério da Silva Nunes.

Histórias heterodoxas

- 68 Uma breve nota sobre a história recente da saúde ambiental na Espanha.**
Juan Atenza Fernández.

Informação bibliográfica

- 71 Mudança global Espanha 2020/50. Mudanças climáticas e saúde.**
Gilma C. Mantilla.

O feedback dos membros da SESA

- 73 Inquérito de opinião aos sócios da Sociedade Espanhola de Saúde Ambiental.**
María Luisa Pita Toledo, María Pilar Basanta Paredes, Pedro Pi Renart y Teresa Martín Zuriaga.

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL
Sociedad Española de Sanidad Ambiental

COMITÉ EDITORIAL

Director

José Vicente Martí Boscà
Direcció General d'Investigació y Salut Pública
marti_josboc@gva.es

Directores adjuntos

Emiliano Aránguez Ruiz
Observatorio de Alimentación, Medio Ambiente y Salud
emiliano.aranguez@salud.madrid.org

Rosalía Fernández Patier
Centro Nacional de Sanidad Ambiental
rfernandez@isciii.es

Responsable del número

Emiliano Aránguez Ruiz

Editor técnico

Paloma González Arín

Editores asociados

Javier Aldaz Berruezo
Instituto de Salud Pública de Navarra
Juan Atenza Fernández
Instituto de Ciencias de la Salud de Castilla-La Mancha
Volney M. de Câmara
Instituto de Estudos em Saúde Coletiva
Rafael J. García –Villanova Ruiz
Universidad de Salamanca
José Jesús Guillén Pérez
Área de Salud de Cartagena
Jesús M^a Ibarlucea Maurologoitia
Instituto de investigación Sanitaria BioDonostia
Antonio López Lafuente
Universidad Complutense de Madrid

Gilma C. Mantilla
International Research Institute for Climate and Society (IRI)
Stella Moreno Grau
Universidad Politécnica de Cartagena
Rogério Nunes
Sociedade Portuguesa de Saúde Ambiental
Margarita Palau Miguel
Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
Luis Francisco Sánchez Otero
Organización del tratado de cooperación de la Amazonía
Silvia Suárez Luque
Xunta de Galicia
María M. Morales Suárez-Varela
Universitat de València

JUNTA DIRECTIVA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE SANIDAD AMBIENTAL

Presidente

José M^a Ordóñez Iriarte

Vicepresidente

Ángel Gómez Amorín

Secretaria

Guadalupe Martínez Juárez

Tesorero

José Jesús Guillén Pérez

Vocales

Emiliano Aránguez Ruiz
Covadonga Caballo Diéguez
Ana Fresno Ruiz
Saúl García dos Santos-Alves
Antonio López Lafuente
Isabel Marín Rodríguez
María Teresa Martín Zuriaga
María Luisa Pita Toledo

Once años de *Revista de Salud Ambiental*. Se abre una nueva etapa

Eleven years of Revista de Salud Ambiental. A new stage starts

Onze anos de Revista de Salud Ambiental. Abre uma nova etapa

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL, órgano de expresión de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA), ha cumplido once años y queremos compartir, con todos los socios, sus lectores y evaluadores, este aniversario que para nosotros resulta entrañable.

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL nació como continuación de *SESA. Boletín de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental*, publicación impresa no periódica, de tamaño variable, que recogía trabajos de reuniones de SESA, del que, entre enero de 1994 y agosto de 1997, se publicaron 6 números. En la candidatura a la Junta Directiva de la SESA de ese año, ya introdujimos la necesidad de impulsar las publicaciones científicas periódicas en nuestra área profesional.

En el editorial del primer número se decía: "recogemos con orgullo su herencia [del *Boletín de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental*] de la que esperamos hacernos merecedores"¹

En mayo de 1998, recién incorporada SESA a la Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria (SESPAS), titular de la revista *Gaceta Sanitaria*, la Junta Directiva de la SESA tuvo que decidir entre dos opciones posibles: solicitar una reserva de páginas en *Gaceta Sanitaria* para contenidos de Salud Ambiental gestionadas por la propia SESA, pero con condiciones especiales de publicación, o crear una nueva publicación científico técnica. Ambas opciones suponían muchos problemas, pero nosotros no queríamos desistir, pensábamos, y seguimos con la misma idea, que por sus características propias, la mayoría de los profesionales de sanidad ambiental precisa de una publicación científica propia, capaz, al tiempo, de aportar estudios originales de interés y de proporcionar herramientas útiles para la mejora y renovación de la actividad cotidiana.

La Junta Directiva apostó, aún sabiendo de los riesgos y costes, por crear una nueva publicación que, siendo el órgano oficial de SESA, recogiera artículos y trabajos científicos sobre salud y medio ambiente, dirigida de forma clara a sus socios, con unos criterios científicos básicos; también se optó por el nombre actual, ya que no solo incorporaba temas de las estructuras administrativas de la Sanidad Ambiental sino también del área de conocimiento que conocemos como Salud Ambiental.

Como indica su subtítulo, REVISTA DE SALUD AMBIENTAL aceptaría artículos en los cuatro idiomas españoles, con el resumen en castellano cuando no fuera este el idioma del texto. A principios de 2000 comenzó a trabajarse en la edición y *Revista* salió en el primer semestre de 2001, con periodicidad semestral.

Durante estos once años transcurridos, la sanidad ambiental ha crecido y se ha podido apreciar su evolución y desarrollo, tanto en la práctica diaria como en la investigación realizada y en la emergencia de nuevos problemas sanitarios y ambientales. REVISTA DE SALUD AMBIENTAL lo ha registrado en sus páginas.

Actualmente vivimos unas circunstancias especiales en nuestro país. La publicación de la Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública², supuso un balón de oxígeno para la salud pública que, por primera vez, ha visto cómo se hacía hincapié en "la vertiente preventiva y de protección y promoción de la salud", como un área de la salud que no había tenido la consideración legislativa que tuvo la vertiente asistencial. Sin embargo, la crisis económica está generando dificultades para el mantenimiento de los ingresos públicos y, en consecuencia, para el sostenimiento del nivel de gasto público³. La reducción del gasto sanitario público es ya una realidad y ello empaña las esperanzas que teníamos depositadas en esta ley.

Sin embargo puede haber motivos de optimismo. Sin duda la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, popularmente conocida como Río + 20, que tendrá lugar en el mes de junio en Río de Janeiro, va a marcar un horizonte interesante en el que la salud ambiental no va a ser ajena al camino que se marque.

La actual Junta Directiva, cumpliendo con el programa con el que se presentó a las elecciones, quiere potenciar *Revista* sin perder su espíritu fundacional, aproximarla aún más, si es posible, al socio pero también al ciudadano interesado, darle una proyección más allá de nuestras fronteras, acercar las dos orillas del océano Atlántico para poder compartir las ricas experiencias que, sin duda, se dan a un lado y otro; en definitiva, a pesar de la crisis económica y con la ilusión puesta en Río + 20, hacer de *Revista* un vehículo de comunicación y aprendizaje mutuo.

Para abordar esta aventura, que se inicia con este ejemplar, se ha adaptado *Revista* a un nuevo diseño que facilite su identificación y resulte más amable su lectura. De momento, se mantiene la edición de dos números al año, que saldrán uno a finales de junio y el otro, a finales de diciembre. Además, se podrán editar suplementos con motivo de los congresos, jornadas y reuniones científicas, o números monográficos que por cualquier tema de interés especial así se precise.

En cuanto a la gestión, se ha creado un Comité Editorial que cuenta con dos subdirectores que apoyarán la labor del director y un conjunto de vocales, de diferentes países, que además de colaborar con la dirección, serán los embajadores de *Revista*. También se han reforzado y renovado los evaluadores de los manuscritos, tarea esencial y desinteresada, no suficientemente reconocida en una publicación científica. El proceso de gestión de artículos se enriquece con las herramientas informáticas que acelerarán los tiempos de evaluación y publicación de los manuscritos. Se quiere, además, que REVISTA DE SALUD AMBIENTAL cuente con una serie de secciones fijas: artículos originales (investigación y/o experiencias), colaboraciones especiales, revisiones, opinión, legislación, noticias SESA y SESPAS, reseña de libros, historia de la salud pública, historias heterodoxas,...., al frente de las cuales el Comité Editorial de *Revista* pondrá a personas de reconocido prestigio.

Otra novedad que se incorpora a *Revista* es la de los idiomas. Ya no serán solo los cuatro idiomas españoles en los que eran aceptados los manuscritos; a estos cuatro se añaden ahora el portugués y el inglés, para hacer realidad el sueño de las dos orillas. Por ello, los resúmenes se presentarán en los tres idiomas: español, inglés y portugués.

Se considera muy importante que *Revista* sea reconocida como el órgano de expresión de la Salud Ambiental, no solo española sino también iberoamericana. Por ese motivo, el Comité Editorial se ha comprometido a incorporar la revista a las bases de datos y repertorios más adecuados para el nivel de la misma. Además, REVISTA DE SALUD AMBIENTAL cumplirá con los criterios de calidad bibliométrica necesarios para mantenerse en dichos repertorios y bases de datos.

Como se ve, os hacemos partícipes de una nueva singladura de la revista en la que el Comité Editorial asume unas importantes responsabilidades para convertir a REVISTA DE SALUD AMBIENTAL en una prestigiosa publicación de salud pública.

José M^a Ordóñez Iriarte.
Presidente de la SESA

José Vicente Martí Boscà.
Director de *Revista de Salud Ambiental*

Referencias:

- 1 Comité de Redacción. Editorial. Rev Salud Ambient 2001; 1(1):2-3
- 2 Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública. BOE número 240 de 5 de octubre de 2011.
- 3 Cabasés JM. Apuntes de economía: El impacto de la crisis económica en la sanidad pública. Panacea; 2010; 91:34-39

Compuestos orgánicos persistentes y metales pesados en sangre y efectos en el desarrollo neuropsicológico de la primera infancia en las cohortes de madres-niños INMA (Infancia y Medio Ambiente)

Levels of persistent organic pollutants and heavy metals in blood and effects on the neuropsychological development of early childhood in INMA (childhood and environment) mother-child cohorts

Níveis de poluentes orgânicos persistentes e de metais pesados no sangue e os efeitos no desenvolvimento neuro-psicológico na primeira infância e em coortes mães-filhos INMA (Infância e Meio Ambiente)

Aritz Aranbarri Paredes^{1,3}, Eduardo Fano Ardanaz^{1,3}, Sabrina Llop Pérez^{5,6}, Rosa Ramón Bonache^{5,6}, Mario Murcia Hinarejos^{5,6}, Mònica Guxens Junyent^{5,7,8}, Nerea Lertxundi Iribar^{2,3} y Jesús Ibarluzea Maurologoitia^{3,4,5}

- (1) Área de Psicobiología, Departamento de Procesos Psicológicos Básicos y su Desarrollo, Facultad de Psicología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Donostia/San Sebastián.
- (2) Área de Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Departamento de Psicología Social y Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Facultad de Psicología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Donostia/San Sebastián.
- (3) Instituto de Investigación Sanitaria BioDonostia. Donostia/San Sebastián.
- (4) Subdirección de Salud Pública de Gipuzkoa. Donostia/San Sebastián.
- (5) CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP). Barcelona.
- (6) Centro Superior de Investigación en Salud Pública (CSISP), Valencia
- (7) Centro de Investigación en Epidemiología Ambiental (CREAL). Barcelona.
- (8) Instituto de Investigación Hospital del Mar (IMIM). Barcelona.

Cita: Aranbarri-Paredes A, Fano-Ardanaz E, Llop-Pérez S, Ramón-Bonache R, Murcia-Hinarejos M, Guxens-Junyent M et al. Compuestos orgánicos persistentes y metales pesados en sangre y efectos en el desarrollo neuropsicológico de la primera infancia en las cohortes de madres-niños INMA (Infancia y Medio Ambiente). Rev. salud ambient. 2012;12(1):3-13

Recibido: 13 de octubre de 2011. **Aceptado:** 21 de marzo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Aritz Aranbarri Paredes. Área de Psicobiología, Departamento de Procesos Psicológicos Básicos y su Desarrollo, Facultad de Psicología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Avenida Tolosa nº 70, 20018, Donostia, España. Teléfono: 943.01.5218. Correo e.: aritz.aranbarri@ehu.es

Financiación: El proyecto INMA ha sido subvencionado por el Instituto de Salud Carlos III (Red INMA G03/176 and CB06/02/0041), Red de Centros de investigación en Epidemiología y Salud Pública (RCESP) y CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), y en parte por el Fondo de Investigación Sanitaria, Sexto y Séptimo Programa Marco Unión Europea (Hiwate, Escape, Hitea and Contamed projects), Ministerio de Educación y Ciencia, Generalitat de Catalunya, Investigadors del Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL) de Barcelona, Fundación La Caixa, Fundación Roger Torné, Consejería de Salud de Andalucía, Junta de Andalucía, Consellería de Sanitat de la Generalitat Valenciana, CAJASTUR- Caja Asturias, Asociación Española Contra el Cáncer (AECC), Delegación Provincial Asturias, Departamento de Educación, Universidades e Investigación (Programa de Formación de Personal Investigador), Departamento de Sanidad-Gobierno Vasco, Diputación Foral de Gipuzkoa, Universidad de Oviedo, KUTXA-Caja de ahorros de San Sebastián y los Ayuntamientos de Zumárraga, Urretxu, Legazpi, Azpeitia, Beasain y Azkoitia en Gipuzkoa.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumen

Introducción: El proyecto INMA es un estudio multicéntrico basado en el seguimiento prospectivo de cohortes de madres-hijos en distintas áreas de la geografía española. **Objetivo:** Estudiar la relación entre los principales contaminantes ambientales y el desarrollo de los niños y niñas en las fases pre y postnatales. **Material y Métodos:** El conjunto de las cohortes comparten metodología e instrumentos de recogida de información (exposición ambiental, muestras biológicas, exámenes del desarrollo físico y neuropsicológico, cuestionarios de dieta etc.) durante el crecimiento intrauterino y en las fases de seguimiento en la infancia. **Resultados:** Se presentan los niveles de Compuestos Orgánicos Persistentes (COP) en suero del primer trimestre de embarazo y de plomo (Pb) y mercurio total (Hg-T) de cordón umbilical y las asociaciones con el desarrollo neuropsicológico analizadas hasta la fecha. Los COP más frecuentemente encontrados fueron el p,p'-DDE (99%) y el PCB 153 (95%) con medias geométricas en suero (ng/g-lípido) de 110,0 (p,p'-DDE) y 38,9 (PCB 153). La media geométrica y el nivel máximo de Pb fueron 1,06 µg/dL y 19 µg/dL, respectivamente. La media geométrica de Hg-T fue de 8,2 µg/L, siendo el consumo de pescado el principal predictor. Un 64% de las muestras superan los niveles de referencia de Hg-T establecidos por la USEPA (6,4 µg/L). **Conclusión:** Los niveles de COP y Pb

observados en las áreas de estudio se encuentran en el rango de valores ya descritos en estudios anteriores. Los niveles de Hg requieren una valoración más profunda, así como el estudio de las posibles asociaciones con el desarrollo neuropsicológico.

Palabras Clave: desarrollo neuropsicológico, neurodesarrollo, desarrollo cognitivo, desarrollo psicomotor, COP, DDE, PCB, Pb, Hg.

Abstract

Introduction: The INMA project is a multicenter study based on prospective monitoring of mother-child cohorts in different Spanish geographical areas. **Objective:** To study the relationship between major environmental pollutants and child development in the pre- and postnatal phases. **Material and Methods:** The cohort groups share data collection methodology and tools (environmental exposure, biological samples, physical and neuropsychological examinations, diet questionnaires etc.) during intrauterine growth and monitored childhood development. **Results:** The levels of Persistent Organic Pollutants (POPs) in serum during the first trimester of pregnancy are reported, together with those for lead (Pb) and total mercury (Hg-T) in the umbilical cord, which are associated with the neuropsychological development analyzed to date. The POPs most frequently found were p,p'-DDE (99%) and PCB 153 (95%) with geometric mean in serum (ng / g-lipid) of 110.0 (p,p'-DDE) and 38.9 (PCB 153). The geometric mean and the maximum Pb level were 1.06 mg/dL and 19 mg/dL, respectively. The geometric mean Hg-T was 8.2 mg/L, with fish consumption being the main predictor. The Hg-T reference levels set by USEPA (6.4 mg/L) were exceeded in 64% of the samples. **Conclusion:** The levels of POPs and Pb observed in the study areas were within the range of values previously described in earlier studies. The Hg levels require more in-depth assessment, as well as study of the possible associations with neuropsychological development.

Keywords: neuropsychological-development, neurodevelopment, cognitive-development, psychomotor-development, POPs, DDE, PCBs, Pb, Hg.

Resumo

Introdução: O projeto INMA é um estudo multicêntrico, que consiste no acompanhamento prospectivo de coortes mães-filhos em diferentes regiões de Espanha. **Objetivo:** Estudar a relação entre os principais poluentes ambientais e desenvolvimento da criança nas fases pré e pós-natal. **Material e Métodos:** Em todas as coortes é utilizada a mesma metodologia e instrumentos de recolha de dados (exposição ambiental, amostras biológicas, exames de desenvolvimento físico e neuro-psicológico, questionários de dieta, etc.) durante o crescimento intrauterino e nas fases de seguimento da infância. **Resultados:** Apresentam-se os níveis de poluentes orgânicos persistentes (POP) no soro do primeiro trimestre de gravidez, os valores de chumbo (Pb) e de mercúrio total (Hg-T) no cordão umbilical, e as associações com o desenvolvimento neuro-psicológico analisadas até à data. Os POP encontrados com maior frequência foram p,p'-DDE (99%) e PCB 153 (95%) com uma média no soro (ng/g-lípido) de 110,0 (p,p'-DDE) e 38,9 (PCB 153). A média e o nível máximo de Pb foram 1,06 µg/dL e 19 µg/dL, respetivamente. A média de Hg-T foi de 8,2 µg/L, sendo o consumo de peixe o principal responsável. Os níveis de Hg-T de referência estabelecidos pela USEPA (6,4 µg/L) foram ultrapassados em 64% das amostras. **Conclusão:** Os níveis de POP e Pb observados nas áreas de estudo apresentaram-se dentro dos valores descritos em estudos anteriores. Os teores de Hg requerem uma avaliação mais aprofundada, assim como o estudo das possíveis associações com o desenvolvimento neuro-psicológico.

Palavras-chave: desenvolvimento neuro-psicológico, desenvolvimento cognitivo, desenvolvimento psicomotor, POPs, DDE, PCBs, Pb, Hg.

INTRODUCCIÓN

El proyecto INMA

El proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente) es un estudio multicéntrico basado en el seguimiento prospectivo de cohortes de madres e hijos en distintas áreas de la geografía española (<http://www.proyectoinma.org/>). Su objetivo principal es estudiar la relación de la exposición a los contaminantes ambientales más importantes presentes en el agua de consumo y baño, en el aire y en los alimentos de nuestra dieta con el crecimiento y desarrollo del niño en las fases pre y postnatal, así como el papel modificador de la dieta y de la genética.

Medio ambiente y desarrollo neuropsicológico infantil

El desarrollo físico y neuropsicológico saludable (de-

sarrollo de funciones cognitivas, psicomotoras y desarrollo social, en relación a las vías cerebrales en desarrollo) desde la concepción hasta la adolescencia, requiere un medio ambiente seguro que reduzca al máximo los factores de riesgo que lo puedan perturbar.

La preocupación por el deterioro del medio ambiente y los efectos derivados de este en la salud ha adquirido una gran relevancia en las sociedades desarrolladas actuales por lo que manifiestan un alto grado de preocupación ambiental y de sus efectos en la salud.

Hoy en día son conocidos los efectos neurotóxicos de distintos productos químicos industriales (Ej.: el plomo [Pb], el mercurio [Hg] y los bifenilos policlorados [PCB] entre otros), tanto en modelos animales, como en población humana adulta¹. El Sistema Nervioso Central (SNC) en desarrollo es especialmente vulnerable a las agresiones de agentes químicos ambientales persistentes.

tes de carácter neurotóxico, desde las fases embrionarias hasta los primeros años de vida. Esta vulnerabilidad es especialmente notable ya que, por tratarse de un sistema orgánico todavía inmaduro, los mecanismos de desintoxicación no están plenamente desarrollados². Además, como consecuencia de la relación entre la dosis y el peso corporal, los niños están más expuestos que los adultos a la contaminación ambiental³. La relevancia de estas exposiciones tempranas se debe a que pueden causar alteraciones de carácter subclínico en el desarrollo, que pueden actuar como factores de riesgo de trastornos del neurodesarrollo que se detectan en fases posteriores⁴. De hecho, un 3% de los trastornos del neurodesarrollo podrían ser el resultado directo de las exposiciones a tóxicos ambientales, y hasta un 25% más se producirían por la interacción entre factores ambientales y susceptibilidad genética individual⁵.

Los efectos tóxicos de estos productos químicos en el cerebro humano en desarrollo y sus mecanismos de acción no se conocen suficientemente y la infancia podría estar desprotegida ante su uso, solo parcialmente regulado. Esta es la razón por la que la necesidad de nuevos enfoques de precaución, que reconozcan la especial vulnerabilidad del cerebro en desarrollo y lleven a un mejor control de los productos químicos y sus efectos, se nos manifiesta cada vez de un modo más claro⁴.

En el marco del proyecto INMA son muchas las variables de exposición ambiental objeto de estudio. Entre ellas los compuestos orgánicos persistentes y los metales pesados, plomo y mercurio, reciben aquí especial atención.

Compuestos orgánicos persistentes (COP)

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) comprenden una gran variedad de sustancias tóxicas con amplia distribución. Mientras que la exposición a estos tóxicos se produce principalmente a través de la dieta, los niveles maternos de COP pueden ser influenciados por ciertos factores como sociodemográficos, ambientales o de estilo de vida. Esto es importante dado que estas sustancias pueden tener efectos adversos sobre el desarrollo físico y neuropsicológico. Destacamos aquí los bifenilos policlorados.

Bifenilos policlorados (PCB)

La evidencia del posible impacto de una exposición a dosis bajas de PCB sobre el rendimiento cognitivo y psicomotor en diferentes etapas de la infancia es todavía limitada⁶. Los trabajos que evalúan los dos primeros años de vida, utilizando las Escalas Bayley del Desarrollo Infantil (BSID)⁷, no ofrecen resultados concluyentes, ya

que mientras estudios como los realizados por Gladen⁸ en EEUU, Winneke⁹ y Walkowiak¹⁰ en Alemania, Ribas-Fito¹¹ en España, Park¹² en Eslovaquia y Rogan¹³ en Taiwan, encuentran una asociación negativa entre funciones del desarrollo neuropsicológico y niveles de PCB, otros estudios como los trabajos realizados por Daniels¹⁴ en Estados Unidos, Wilhelm¹⁵ en Alemania y Nakajima¹⁶ en Japón, no confirman dicha asociación.

Plomo (Pb)

No se ha identificado un valor umbral por debajo del cual no se hayan descrito efectos adversos en el desarrollo cognitivo debido a la exposición prenatal a plomo. De hecho, el valor establecido como seguro por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 10 µg/dL está bajo debate, debido a la identificación de efectos adversos en el desarrollo cognitivo con exposiciones por debajo de dicho límite^{17,18}.

En este sentido, un estudio en el que participaron cohortes de 7 países diferentes encontró una disminución significativa en el rendimiento cognitivo general, con niveles máximos de plomo en cordón umbilical menores a 7,5 µg/dL¹⁹. También han sido descritos efectos negativos de los niveles de Pb, con un promedio en sangre de 1,73 µg/dL, sobre el rendimiento cognitivo y sobre todo de la función verbal en una muestra de niños escolares de entre 8 y 11 años procedentes de Corea²⁰.

Metilmercurio (MeHg)

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA)²¹ constata que la exposición a metilmercurio (MeHg), incluso en dosis bajas, puede causar déficit cognitivo en niños. Los efectos perjudiciales para la salud derivados de la exposición a niveles altos de MeHg, así como la vulnerabilidad del feto y los efectos al nacer y en fases posteriores del desarrollo, son tristemente conocidos desde los episodios de Minamata (Japón) e Iraq. Posteriormente, se han observado efectos adversos en el desarrollo cognitivo debidos a exposiciones más bajas de mercurio. Los estudios llevados a cabo en Seychelles, islas Feroe y Nueva Zelanda, han sido cruciales en la identificación de efectos a bajas dosis y el establecimiento de valores de referencia de exposición a mercurio. En estos estudios, la exposición prenatal a MeHg procede de la ingesta materna de pescado de origen local²²⁻²⁴.

El Factor Neurotrópico Derivado del Cerebro (BDNF) es una de las sustancias más activas para estimular la neurogénesis y es esencial para la activación y supervivencia de neuronas asociadas a áreas cerebrales implicadas en procesos de aprendizaje. Además, esta proteína puede encontrarse en la sangre del cordón umbilical. Se

ha hallado una asociación entre el decremento del nivel de BDNF y lesiones cerebrales perinatales, así como una asociación negativa entre la concentración de BDNF en sangre de cordón umbilical y el nivel de MeHg en la misma ²⁵.

En el contexto del proyecto INMA se ha evaluado el nivel de desarrollo neuropsicológico de los niños y niñas que conforman las diferentes cohortes, mediante la administración de diferentes instrumentos de medida, en diferentes momentos de desarrollo, y se han analizado los niveles de COP, fundamentalmente PCB y pesticidas organoclorados, y metales pesados (Pb y Hg-T) en sangre de las madres durante el embarazo o del cordón umbilical al parto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

El proyecto se inició con 3 cohortes prospectivas ya existentes de madres e hijos: Ribera d'Ebre (n=102), Menorca (n=530) y Granada (n=668), y cuatro cohortes nuevas de nacimiento siguiendo un protocolo común: Sabadell (n=657), Valencia (n=855), Asturias (n=494), y Gipuzkoa (n=638) (Figura 1). En las cohortes nuevas el seguimiento se ha llevado a cabo trimestralmente durante

el embarazo, al nacimiento, al año y a los 4 años de edad². En la actualidad se están diseñando las fases de seguimiento, correspondientes a los 6 años de edad.

Información recogida

El conjunto de las cohortes INMA comparten los objetivos de estudio y su metodología, lo cual permite establecer hipótesis para el conjunto de las cohortes. También se ha recogido información de variables ambientales, psicosociales o de otro tipo que atienden a intereses locales. La información ha sido recogida por personal entrenado utilizando distintos instrumentos como: cuestionarios, información clínica, exámenes físicos y exámenes neuropsicológicos (funciones cognitivas y psicomotoras en desarrollo). Se han obtenido muestras biológicas (sangre, orina, saliva, pelo, uña, placenta y calostro), donde se han determinado los niveles de distintos biomarcadores de exposición ambiental (COP: plaguicidas organoclorados, PCB y PBB [bifenilos polibromados]; disruptores endocrinos, metales pesados, hidroxipireno y cotinina, entre otros). Se dispone de información detallada sobre la dieta durante el embarazo y la infancia a partir de cuestionarios de frecuencia alimentaria. Finalmente, se han realizado mediciones de una amplia gama de contaminantes ambientales en aire y agua en las zonas de estudio y se ha obtenido información geográfica pertinente. (Tabla 1)

Figura 1. Localización geográfica de las cohortes INMA.



Tabla 1. Fases de proyecto INMA: exposiciones y efectos estudiados.

EXPOSICIONES	PRENATAL		POSTNATAL		
	Semana 12	Semana 34	NACIMIENTO	1 AÑO	4 AÑOS
Contaminación atmosférica	Ambiente exterior Domicilio	Ambiente exterior y domicilio Cuestionario		Cuestionario GIS	Ambiente exterior Cuestionario
Hidroxi pireno	Orina materna				Orina niño/a
Trihalometanos	Ambiente exterior	Domicilio Cuestionario		Cuestionario	Cuestionario
Organoclorados, Policlorados	Suero materno	Cuestionario	Suero de cordón		Suero niño/a Cuestionario
Plomo			Sangre de cordón		Suero niño/a
Arsénico	Uña madre				Suero niño/a
Mercurio			Sangre de cordón Pelo del niño		Pelo
EFFECTOS	Semana 12	Semana 34	NACIMIENTO	1 año	4 años
Crecimiento físico	Ecografía	Ecografía	Examen físico	Examen físico	Examen físico
Desarrollo sexual			Examen físico	Examen físico	
Desarrollo neuropsicológico			Test de Dubowitz	Escalas Bayley	Escalas McCarthy
Asma/Atopia	Suero materno			Cuestionario	Oscilometría Espirometría
Hormonas tiroideas	Suero materno		Screening TSH	Cortisol Alfa-Amilasa	Cortisol Alfa-Amilasa

Sobre los protocolos e instrumentos utilizados y métodos de medición consultar Guxens²⁶ y la página web del proyecto (www.proyectoinma.org).

RESULTADOS

Se presentan los resultados de los tres grupos de contaminantes: compuestos orgánicos persistentes (COP), plomo (Pb) y mercurio total (Hg-T). Para cada tipo de contaminante se muestran los niveles hallados en muestras biológicas, así como las asociaciones encontradas con el desarrollo neuropsicológico de los niños pertenecientes a la cohorte INMA disponibles hasta la fecha.

Niveles de COP y el desarrollo neuropsicológico en las cohortes INMA.

Los niveles de bifenilos policlorados (PCB: 28, 52, 101,

118, 138, 153 y 180), hexaclorobenceno (HCB), beta y gamma hexaclorociclohexano (β -HCH y γ -HCH), heptacloro epóxido, diclorodifenil dicloroetileno (p'p'-DDE) y diclorodifenil tricloroetano (p'p'-DDT) fueron determinados en muestras de suero del primer trimestre del embarazo en 1.259 mujeres de las cohortes de Gipuzkoa y Sabadell²⁷. Los compuestos más frecuentemente encontrados fueron el p,p'-DDE (99%) y el PCB-153 (95%). La medias geométricas en suero (ng/g-lípido) fueron de: 110,0 (p,p'-DDE), 19,1 (β -HCH), y 33,5 (HCB), 21,8 (PCB 138), 38,9 (PCB 153) y 26,9 (PCB 180) respectivamente. Los niveles de COP encontrados se hallan en la parte media baja del rango de valores descritos en España y otros países del entorno occidental (Tabla 2). También se analizaron los niveles de COP en sangre materna de primer trimestre de 541 mujeres de la cohorte de Valencia²⁸. Los porcentajes de detección fueron similares, las concentraciones de p,p'-DDE y HCB fueron más elevadas (medias

Tabla 2. Niveles de compuestos organoclorados durante el embarazo: cohortes de Gipuzkoa (n= 628) y Sabadell (n=631).

Compuesto (ng/g-lípido)	Gipuzkoa		Sabadell		Valor de p	Ambas cohortes (1259)
	% detectado ^b	MG (IC 95%) ^a	% detectado	MG (IC 95%) ^a		MG (IC 95%) ^a
PCB 138	92	29,3 (27,7-31,0)	76	16,5 (15,7-17,3)	<0,001	21,83 (20,99-22,70)
PCB 180	95	36,0 (34,1-37,9)	82	20,3 (19,2-21,4)	<0,001	26,99 (25,92-28,12)
PCB 153	97	50,1 (47,5-52,8)	92	30,7 (29,1-32,3)	<0,001	38,92 (37,48-40,42)
HCB	90	32,0 (30,1-34,1)	90	35,1 (32,9-37,5)	0,042	33,54 (32,06-35,10)
βHCH	47	12,0 (11,2-12,8)	89	30,3 (28,5-32,3)	<0,001	19,14 (18,17-20,16)
p,p'-DDE	98	95,8 (89,8-102,2)	100	126,1 (118,1-34,6)	<0,001	110,0 (105,0-115,2)

a: media geométrica e intervalo de confianza al 95%; b: porcentaje de muestra por debajo de los límites de detección.

geométricas: 186,7 y 54,6 ng/g-lípido respectivamente), y fueron intermedias a las observadas en Gipuzkoa y Sabadell para el resto de los compuestos: 14,7 (β-HCH), 27,4 (PCB 138), 38,3 (PCB 153) y 28,7 (PCB 180) ng/g lípido.

En las tres cohortes, los niveles de todos los COP aumentaron con la edad. El IMC (Índice de Masa Corporal) se asoció positivamente con la concentración de plaguicidas organoclorados, pero inversamente con la de los PCB en Gipuzkoa y Sabadell. Los niveles séricos de todos los COP se relacionaron inversamente con la duración de la lactancia acumulada. Entre los distintos alimentos recogidos, solo la ingesta de pescado se relacionó con los niveles de PCB en Gipuzkoa y Sabadell, mientras que en Valencia, los niveles de p,p'-DDE y p,p'-DDT se relacionaron directamente con el consumo de carnes, cereales y frutas, y la ingesta de pescado se relacionó con un incremento en los niveles de PCB 153. En general, los factores de la dieta no aportaron mejoras importantes en la variabilidad explicada de los niveles de COP. En cohortes más antiguas, como Ribera d'Ebre y Menorca, se determinaron, entre otros, los niveles de HCB, p,p'-DDE y PCB en suero de cordón umbilical (Tabla 3). En la cohorte de Ribera d'Ebre se encontró una asociación negativa entre los niveles de p,p'-DDE y los resultados obtenidos en las escalas cognitivas y psicomotoras en niños de 1 año de edad¹¹.

Así mismo, en un análisis conjunto de las cohortes de Ribera d'Ebre y Menorca, se observó una asociación entre los niveles de HCB en sangre del cordón umbilical mayores a 1,5 ng/mL y el desarrollo de las habilidades sociales (asociación negativa) y el número de síntomas de Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) por otro lado (asociación positiva). Los niveles de HCB se asociaron con una mayor edad de los padres, mayor peso corporal materno, clase social más baja y con mayores concentraciones de DDE, DDT y PCB en sangre; se encontraron niveles más altos de HCB en sangre de cordón umbilical de la cohorte de Ribera d'Ebre²⁹. Actualmente se está llevando a cabo el estudio de las relaciones entre los niveles de COP y los resultados obtenidos en las distintas pruebas de desarrollo neuropsicológico administradas en el primer año de vida en las cuatro nuevas cohortes INMA. Los resultados sobre el nivel de desarrollo cognitivo y psicomotor a los 14 meses, muestran una asociación negativa entre los niveles de PCB (media geométrica del PCB 153: 52,39 ng/g-lípido) y HCB y el desarrollo psicomotor³⁰.

Plomo (Pb): Niveles de Pb en las cohortes INMA.

Se analizó el Pb en sangre procedente del cordón umbilical de 1.462 díadas madre-niño procedentes de las cuatro cohortes más recientes (Tabla 4). Para el análisis estadístico se utilizaron modelos de regresión logística

Tabla 3. Distribución del HCB en suero del cordón umbilical (ng/mL): Cohortes de Ribera d'Ebre y Menorca.

Cohorte	HCB					
	N	Mínimo	p25	Media	p75	Máximo
Total	475	0,14	0,48	0,73	1,13	9,82
Ribera d'Ebre	70	0,17	0,80	1,13	1,69	5,77
Menorca	405	0,14	0,46	0,68	1,02	9,82

Tabla 4. Distribución de Pb en sangre de cordón umbilical (ng/dL) en 4 cohortes del proyecto INMA.

Cohortes	N	N >LOD (2 µg/dL)	% >LOD (IC)	MA ^a	DE ^a	MG ^a	Max
Asturias	341	14	4,1 (2,3-6,8)	1,12	1,06	1,05	19,0
Gipuzkoa	527	46	8,7 (6,5-11,5)	1,14	0,50	1,08	5,0
Sabadell	297	7	2,3 (0,9-4,8)	1,04	0,25	1,02	4,0
Valencia	301	20	6,6 (4,1-10,1)	1,13	0,61	1,07	7,0
Total	1466	87	5,9 (4,8-7,3)	1,11	0,67	1,06	19,0

N: tamaño de la muestra; LOD: límite de detección (2 µg/dL); MA^a: media aritmética; DE^a: desviación estándar; MG^a: media geométrica; Max: Valor máximo detectado.

que incluyeron información relativa a variables sociodemográficas, estilos de vida y dieta, recogida mediante cuestionarios administrados durante el primer y tercer trimestre del embarazo.

El porcentaje de muestras con niveles de plomo por encima de 2 µg/dL (límite de determinación de la técnica utilizada) fue del 5,9%. La media geométrica y el nivel máximo de Pb fueron de 1,06 µg/dL y 19 µg/dL respectivamente. Factores como el fumar al inicio de embarazo, la edad de la madre, la clase social, la paridad, la ganancia de peso en el embarazo y el lugar de residencia mostraron asociaciones con niveles de Pb. La dieta de la madre no actuó como factor determinante de la exposición prenatal a plomo, aunque la ingesta de zinc y hierro parecen actuar como un factor de protección³¹.

Mercurio: Niveles de Hg y desarrollo neuropsicológico en las cohortes INMA.

Se determinó el nivel de Hg total (Hg-T) en sangre de cordón umbilical de 1.883 diadas madre-niño de las cuatro cohortes más recientes³². La media geométrica de Hg-T fue de 8,2 µg/L (Tabla 5). Un 64% de las muestras de sangre de cordón superaron los niveles de referencia

de Hg total establecidos por la Agencia Americana para la Protección del Medio Ambiente (6,4 µg/L). El nivel de Hg-T se asoció fundamentalmente con el consumo de pescado durante el embarazo (media= 78 g/día). Duplicar el consumo de pescado azul grande aumentó el nivel de Hg-T en sangre del cordón umbilical en un 11,4%. El incremento fue del 8,3% para el consumo de atún enlatado y del 8,4% para el de pescado blanco. Otras variables de la madre asociadas con el nivel de Hg-T al nacer fueron: su edad, país de origen, nivel de educación y empleo, junto a variables como paridad, área de estudio y la estación de nacimiento. A pesar de estos altos niveles de exposición prenatal a Hg-T, resultados preliminares muestran una ausencia de asociación negativa con un retraso en el desarrollo cognitivo y psicomotor de los niños³³.

En relación a las cohortes menos recientes, en la cohorte de Menorca se observó una media de consumo de pescado de 1,7 raciones/semana durante el embarazo. Este consumo de pescado no se asoció a la duración de la lactancia, tampoco al nivel educativo de la madre, a fumar durante el embarazo, ni al sobrepeso anterior al mismo. Sin embargo, se encontró una asociación positiva entre el nivel de desarrollo cognitivo y psicomotor y el consumo moderado de pescado durante el embarazo

Tabla 5. Concentración de Hg total (µg/L) por área. Estudio INMA, 2004-8.

T-Hg (µg/L)	n	media	MG	% <LOD=2	% >EPA	percentiles				max
				µg/L	RfD ^a	25	50	75	90	
Valencia	554	13,1	9,5	4,2	68,4	5,3	9,5	18,0	26,5	66,0
Sabadell	460	8,2	6,3	7,6	49,1	4,1	6,4	10,0	16,0	60,0
Asturias	340	13,9	10,8	3,2	75,6	6,6	12,0	18,8	25,9	69,0
Gipuzkoa	529	9,3	7,5	3,8	64,7	5,1	8,1	12,0	17,0	50,0
Todas cohortes	1883	11,0	8,2	4,7	63,9	5,0	8,5	14,0	22,0	69,0

MG: Media Geométrica; LOD: Límite de detección; EPA: Agencia de Protección Ambiental.

^a Dosis de referencia: 6,4 µg/L, valor equivalente en Hg-T a la EPA RfD para metil-mercurio (5,8 µg/L), asumiendo que el metilmercurio constituye ≥90% del mercurio total.⁴⁰

(2/3 raciones/semana) entre los niños con una lactancia de corta duración (inferior a 6 meses) ³⁴.

En la cohorte de Granada se analizó el nivel de Hg en pelo en los niños a los 4 años y se obtuvo una media geométrica de Hg-T de 0,96 µg/g. Los niveles hallados se asociaron positivamente a otras variables como la residencia en área urbana, exposición pasiva a tabaco, tener 2 hermanos o más y haber iniciado el consumo de pescado a los 10 meses o antes. Así mismo, la frecuencia de consumo de pescado azul y del pescado enlatado se asoció con los niveles de Hg-T encontrados, pero no el consumo total general del pescado consumido (g/día). En cuanto a las variables de la madre durante el embarazo, los niveles de Hg-T encontrados se asociaron con el lugar de residencia, la edad y la frecuencia de consumo de pescado azul. Se encontró una asociación negativa entre la frecuencia de consumo igual o superior a las 3 raciones/semana y la puntuación obtenida en escalas de desarrollo cognitivo general, el rendimiento en tareas perceptivo-manipulativas y en escalas de función ejecutiva de las escalas de McCarthy en niños de 4 años. Niveles de Hg-T en pelo superiores a 1 µg/g se asociaron con decrementos en el rendimiento en tareas de memoria y, más fuertemente, con rendimiento en tareas de memoria verbal. Tras incluir la frecuencia de consumo de 4 tipos de pescado como variable de ajuste, se observó una asociación negativa entre el Hg-T en pelo y la puntuación en el rendimiento mostrado en memoria, tareas verbales y en escalas de rendimiento cognitivo general ³⁵.

DISCUSIÓN

Se ha realizado una revisión de los distintos resultados encontrados en las cohortes del proyecto INMA, por un lado sobre niveles de compuestos tóxicos hallados en distintas matrices biológicas (sangre materna, sangre en cordón umbilical) y, por otro lado, las asociaciones encontradas entre los niveles de estos tóxicos y el desarrollo neuropsicológico en distintas fases del desarrollo.

El p,p'-DDE en las cohortes de Gipuzkoa, Sabadell y Valencia representa uno de los COP más frecuentemente detectados (99%), con una media geométrica en suero materno variando entre 95,8 y 186,7 ng/g-lípido ^{27,28}. En relación a este compuesto, en la cohorte de Ribera d'Ebre se encontró que los niños que habían seguido una lactancia materna presentaban niveles de DDE y HCB más altos que los que no ³⁶. Sin embargo, en esta misma cohorte se ha encontrado una asociación negativa entre el desarrollo neuropsicológico y niveles superiores de p,p'-DDE 0,85 ng/mL en sangre de cordón umbilical, observándose que lactancias superiores a 16 semanas contrarrestaban estas asociaciones negativas en el desarrollo ¹¹.

Los niveles de HCB en las cohortes de Gipuzkoa y Sabadell, presentan una media geométrica en suero materno de 1,98 ng/mL ²⁷. En las cohortes de Menorca y Ribera d'Ebre, se encontró una asociación entre los niveles de HCB superiores a 1,5 ng/mL y variables del desarrollo neuropsicológico a la edad de 4 años ²⁹. Los resultados obtenidos con la cohortes nuevas son indicativas de una asociación inversa entre HCB y el desarrollo psicomotor al año de edad ³⁰.

El PCB 153 es el representante de los PCB más frecuentemente detectado en muestras biológicas y habitualmente es utilizado como indicador de la exposición al conjunto de congéneres, a la mezcla de PCB. Su alto grado de correlación con otros PCB, también frecuentes como PCB 138 y PCB 180, apoya su uso como indicador de exposición ²⁷. Los resultados del PCB 153 variaron entre 30,7 en Sabadell y 50,1 ng/g lípido en el caso de Gipuzkoa. En Europa del Este ³⁷ se encontró una asociación negativa entre los niveles en suero materno de PCB 153 (28 ng/g-lípido a 65,9 ng/g-lípido) y el rendimiento cognitivo y psicomotor en niños de 16 meses, evaluados con The Bayley Scales of Infant Development-II (BSID-II). Esta asociación respalda los resultados preliminares de Lertxundi ³⁰ encontrados en el proyecto INMA, en los que también se observa una asociación negativa entre los niveles de PCB y el desarrollo cognitivo y psicomotor evaluado con el BSID a los 14 meses. A pesar de que una mayoría de los estudios apoyan una asociación negativa entre los niveles de PCB y los resultados del BSID ⁸⁻¹³, es necesario seguir estudiando esta relación. Los estudios mencionados ofrecen distintos resultados según la muestra biológica utilizada, sangre prenatal, al parto o la leche materna, así como en función de distintos aspectos del desarrollo analizado: escalas del desarrollo cognitivo o psicomotor.

Por su parte, el Pb es un neurotóxico reconocido, al que se atribuyen efectos negativos sobre el desarrollo neuropsicológico a un nivel inferior al valor umbral propuesto por la OMS a 10 µg/dL ^{3,19,38}. En el proyecto INMA se han encontrado niveles bajos de Pb en sangre del cordón umbilical, con una media geométrica de 1,06 µg/dL y con más del 99,9% de las muestras con niveles inferiores al valor de referencia señalado ³¹. Estos bajos niveles de Pb encontrados podrían estar indicando una correcta gestión del control de las fuentes de Pb, fundamentalmente la procedente del uso de gasolinas con Pb ³¹. Por otro lado, no puede perderse de vista que distintos autores como Lanphear¹⁹, Canfield³ y Carlisle³⁸ han encontrado efectos en el desarrollo cognitivo en niños seguidos desde los 3 años hasta los 10, en distintas cohortes internacionales con niveles de Pb en sangre por debajo de los 10 µg/dL.

La USEPA ²¹ recomienda que los niveles de MeHg no superen los 5,8 µg/L (6,4 µg/L cuando se expresa en Hg-T). Sin embargo, los niveles encontrados en las nuevas cohortes INMA, muestran una media de 8,2 µg/L de Hg-T, asociados fundamentalmente al consumo de pescado azul grande ³², aunque, y tras ajustar por el consumo de pescado en análisis multivariante, no se ha observado una asociación negativa significativa entre los niveles de Hg-T y un retraso en el desarrollo cognitivo o psicomotor de los niños. En la cohorte de Granada se presentaron resultados en los que el desarrollo neuropsicológico se asoció negativamente con los niveles de Hg-T mayores a 1 µg/g, ajustados al consumo de pescado ³⁵. La información hasta ahora disponible sobre el efecto de la exposición prenatal a Hg-T en el desarrollo cognitivo de los niños es insuficiente, sobre todo a edades tempranas. Esta ausencia de homogeneidad en los resultados obtenidos en los diferentes estudios de cohortes puede ser debida a algún factor no controlado que esté influenciando sobre la relación entre la exposición a mercurio y el desarrollo cognitivo. Esto sugiere la necesidad de continuar la evaluación neuropsicológica de los niños durante la infancia, con el fin de detectar posibles efectos tardíos debidos a una exposición prenatal o en la primera infancia.

La relación entre los niveles de Hg, el consumo de pescado durante el embarazo y el desarrollo cognitivo durante la infancia puede resultar paradójica, ya que no siempre camina en la misma dirección. Así, Méndez y col. encontraron una relación positiva entre el consumo de pescado moderado (2-3 veces/semana) durante el embarazo y el desarrollo neuropsicológico en el grupo de niños con lactancias menores a 6 meses de la cohorte de Menorca ³⁴. La posible interpretación del efecto beneficioso del consumo de pescado moderado en este grupo se fundamenta en múltiples beneficios del ácido docosahexaenoico (DHA) sobre el desarrollo cerebral durante la fase prenatal y postnatal inicial ³⁹. En la fase prenatal, la vía de entrada de este ácido graso es la ingesta de pescado de la madre embarazada, mientras que en su fase postnatal la vía principal es la lactancia materna. De este modo, cabría la interpretación de que la ingesta de pescado es una fuente de ácidos grasos poliinsaturados altamente beneficiosos para el desarrollo cerebral, pero que consumos elevados, de ciertas especies en particular, podrían presentar riesgos por la elevada exposición a Hg. Del mismo modo, el DHA aportado durante la lactancia materna, muestra un efecto protector con respecto a la asociación negativa entre distintos contaminantes estudiados por el proyecto INMA y desarrollo neuropsicológico ^{11,29}.

En conclusión, los niveles de contaminación presentes actualmente en las áreas de estudio del Proyecto

INMA podrían suponer un efecto perjudicial en el desarrollo neuropsicológico en la primera infancia. La principal complejidad en la detección de estos efectos estriba principalmente en la compleja naturaleza biopsicosocial del desarrollo neuropsicológico infantil, lo que hace difícil la identificación de variables relevantes, conocer su grado de implicación y la interacción entre ellas. El proyecto INMA ha de tener en cuenta y profundizar en futuros análisis las complejas interacciones y mecanismos que puedan favorecer o desfavorecer el desarrollo de la salud en la infancia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer en primer lugar a los participantes del estudio, por su generosa colaboración. Una lista completa de los investigadores del proyecto INMA se puede encontrar en el siguiente enlace:

http://www.proyectoinma.org/presentacion-inma/listado-investigadores/en_listado-investigadores.html a los que los autores desean hacer llegar sus agradecimientos por su colaboración y trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Grandjean P, Herz KT. Methylmercury and Brain Development: Imprecision and Underestimation of Developmental Neurotoxicity in Humans. *Mount Sinai Journal of Medicine*. 2011 Jan-Feb;78(1):107-18.
2. Ramon R, Ballester F, Rebagliato M, Ribas N, Torrent M, Fernandez M, et al. La Red de Investigación Infancia y Medio Ambiente (Red INMA): Protocolo de Estudio. *Rev Esp Salud Publica*. 2005 Mar-Apr;79(2):203-20.
3. Canfield RL, Henderson CR, Jr., Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 microg per deciliter. *N Engl J Med*. 2003 Apr 17;348(16):1517-26.
4. Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet*. 2006 Dec;368(9553):2167-78.
5. National Research Council. *Scientific frontiers in developmental toxicology and risk assessment*. Washington (DC): National Academy Press; 2000.
6. Wigle DT, Arbuckle TE, Turner MC, Berube A, Yang QY, Liu SL, et al. Epidemiologic evidence of relationships between reproductive and child health outcomes and environmental chemical contaminants. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews*. 2008;11(5-6):373-517.
7. Bayley N. *The Bayley Scales of Infant Development*. New York: Psychological Corporation; 1969.
8. Gladen B, Rogan W. Decrements on 6-month and 1-year Bayley scores and prenatal polychlorinated biphenyls (PCBs) exposure.

- American Journal of Epidemiology. 1988 Oct;128(4):912-.
9. Winneke G, Bucholski A, Heinzow B, Kramer U, Schmidt E, Walkowiak J, et al. Developmental neurotoxicity of polychlorinated biphenyls (PCBs): cognitive and psychomotor functions in 7-month old children. *Toxicology Letters*. 1998 Dec;103:423-8.
 10. Walkowiak J, Wiener JA, Fastabend A, Heinzow B, Kramer U, Schmidt E, et al. Environmental exposure to polychlorinated biphenyls and quality of the home environment: effects on psychodevelopment in early childhood. *Lancet*. 2001 Nov;358(9293):1602-7.
 11. Ribas-Fito N, Cardo E, Sala M, Eulalia de Muga M, Mazon C, Verdu A, et al. Breastfeeding, exposure to organochlorine compounds, and neurodevelopment in infants. *Pediatrics*. 2003 May;111(5 Pt 1):e580-5.
 12. Park HY, Park JS, Sovcikova E, Kocan A, Linderholm L, Bergman A, et al. Exposure to Hydroxylated Polychlorinated Biphenyls (OH-PCBs) in the Prenatal Period and Subsequent Neurodevelopment in Eastern Slovakia. *Environmental Health Perspectives*. 2009 Oct;117(10):1600-6.
 13. Rogan WJ, Gladen BC, Hung KL, Koong SL, Shih LY, Taylor JS, et al. Congenital poisoning by polychlorinated-biphenyls and their contaminants in Taiwan. *Science*. [Article]. 1988 Jul;241(4863):334-6.
 14. Daniels JL, Longnecker MP, Klebanoff MA, Gray KA, Brock JW, Zhou HB, et al. Prenatal exposure to low-level polychlorinated biphenyls in relation to mental and motor development at 8 months. *American Journal of Epidemiology*. 2003 Mar;157(6):485-92.
 15. Wilhelm M, Ranft U, Kramer U, Wittsiepe J, Lemm F, Furst P, et al. Lack of neurodevelopmental adversity by prenatal exposure of infants to current lowered PCB levels: Comparison of two German birth cohort studies. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part a-Current Issues*. 2008;71(11-12):700-2.
 16. Nakajima S, Saijo Y, Kato S, Sasaki S, Uno A, Kanagami N, et al. Effects of prenatal exposure to polychlorinated biphenyls and dioxins on mental and motor development in Japanese children at 6 months of age. *Environ Health Perspect*. 2006 May;114(5):773-8.
 17. Wigg NR. Low-level lead exposure and children. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2001 Oct;37(5):423-5.
 18. Grandjean P. Even low-dose lead exposure is hazardous. *Lancet*. 2010 Sep;376(9744):855-6.
 19. Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurstl P, Bellinger DC, et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: An international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives*. 2005 Jul;113(7):894-9.
 20. Kim Y, Kim BN, Hong YC, Shin MS, Yoo HJ, Kim JW, et al. Co-exposure to environmental lead and manganese affects the intelligence of school-aged children. *Neurotoxicology*. 2009 Jul;30(4):564-71.
 21. US-EPA. Mercury. Human exposure. 2007 [July 8 2011]; Available from: <http://www.epa.gov/mercury/exposure.htm>.
 22. Crump KS, Kjellstrom T, Shipp AM, Silvers A, Stewart A. Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: Benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Analysis*. 1998 Dec;18(6):701-13.
 23. Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*. 1997 Nov-Dec;19(6):417-28.
 24. Evans H. Mercury. In: Rom WN, editor. *Environmental and Occupational Medicine*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1988. p. 997-1003.
 25. Spulber S, Rantamaki T, Nikkila O, Castren E, Weihe P, Grandjean P, et al. Effects of Maternal Smoking and Exposure to Methylmercury on Brain-Derived Neurotrophic Factor Concentrations in Umbilical Cord Serum. *Toxicological Sciences*. 2010 Oct;117(2):263-9.
 26. Guxens M B, F, Espada M, Fernández MF, Grimalt JO, Ibarluzea J, Olea N, Rebagliato M, Tardón A, Torrent M, Vioque J, Sunyer J on behalf of INMA Project. Cohort Profile: The INMA – Infancia y Medio Ambiente (Environment and Childhood) Project. *Int J Epidemiol*. 2011;40(2).
 27. Ibarluzea J, Alvarez-Pedrerol M, Guxens M, Marina LS, Basterrechea M, Lertxundi A, et al. Sociodemographic, reproductive and dietary predictors of organochlorine compounds levels in pregnant women in Spain. *Chemosphere*. 2011 Jan;82(1):114-20.
 28. Llop S, Ballester F, Vizcaino E, Murcia M, Lopez-Espinosa MJ, Rebagliato M, et al. Concentrations and determinants of organochlorine levels among pregnant women in Eastern Spain. *Science of the Total Environment*. [Article]. 2010 Nov;408(23):5758-67.
 29. Ribas-Fito N, Torrent M, Carrizo D, Julvez J, Grimalt JO, Sunyer J. Exposure to hexachlorobenzene during pregnancy and children's social behavior at 4 years of age. *Environ Health Perspect*. 2007 Mar;115(3):447-50.
 30. Lertxundi N, Lertxundi A, Gascón M, Guxens M, Rabagliato M, Ballester F, et al. Organochlorine exposure during pregnancy and neurodevelopment in preschool children. 2011. Abstracts of the 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE). September 13 - 16, 2011, Barcelona, Spain. *Environ Health Perspect*. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.isee2011>
 31. Llop S, Aguinagalde X, Vioque J, Ibarluzea J, Guxens M, Casas M, et al. Prenatal exposure to lead in Spain: Cord blood levels and associated factors. *Science of the Total Environment*. 2011;409(11):2298-305.
 32. Ramon R, Murcia M, Aguinagalde X, Amurrio A, Llop S, Ibarluzea J, et al. Prenatal mercury exposure in a multicenter cohort study in Spain. *Environment International*. 2011 Apr;37(3):597-604.
 33. Llop S, Murcia M, Guxens M, Lertxundi A, Ibarluzea J, Tardón A, et al. Prenatal exposure to mercury and cognitive and psychomotor development at first year of life. 2011. Abstracts of the 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE). September 13 - 16, 2011, Barcelona, Spain. *Environ Health Perspect*. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.isee2011>
 34. Mendez MA, Torrent M, Julvez J, Ribas-Fito N, Kogevinas M, Sunyer

- J. Maternal fish and other seafood intakes during pregnancy and child neurodevelopment at age 4 years. *Public Health Nutrition*. 2009 Oct;12(10):1702-10.
35. Freire C, Ramos R, Lopez-Espinosa MJ, Diez S, Vioque J, Ballester F, et al. Hair mercury levels, fish consumption, and cognitive development in preschool children from Granada, Spain. *Environmental Research*. 2009 Jan;110(1):96-104.
36. Ribas-Fito NR, Grimalt JO, Marco E, Sala M, Mazon C, Sunyer J. Breastfeeding and concentrations of HCB and p,p'-DDE at the age of 1 year. *Environmental Research*. 2005 May;98(1):8-13.
37. Park HY, Hertz-Picciotto I, Sovcikova E, Kocan A, Drobna B, Trnovec T. Neurodevelopmental toxicity of prenatal polychlorinated biphenyls (PCBs) by chemical structure and activity: a birth cohort study. *Environmental Health*. 2010 Aug;9.
38. Carlisle JC, Dowling KC, Siegel DM, Alexeeff GV. A blood lead benchmark for assessing risks from childhood lead exposure. *Journal of Environmental Science and Health Part a-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*. 2009;44(12):1200-8.
39. McCann JC, Ames BN. Is docosahexaenoic acid, an n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2005 Aug;82(2):281-95.
40. Mahaffey K. Mercury exposure: medical and public health issues. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2005;116:127-53.

Evaluación del riesgo asociado a la exposición de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la salud de la población residente alrededor del complejo químico de Tarragona

Health risk assessment of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons for the population living near to the Tarragona chemical industrial site

Avaliação de risco por exposição a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos na saúde da população residente ao redor do complexo químico de Tarragona

Anna Cuadras Andreu¹, Noelia Ramírez González², Enric Rovira Ricart¹, Rosa Maria Marcé Recasens² y Francesc Borrull Ballarín²

(1) Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Tarragona.

(2) Departamento de Química Analítica y Química Orgánica. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona

Cita: Cuadras-Andreu A, Ramírez-González N, Rovira-Ricart E, Marcé-Recasens RM, Borrull-Ballarín F. Evaluación del riesgo asociado a la exposición de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la salud de la población residente alrededor del complejo químico de Tarragona. Rev. salud ambient. 2012;12(1):14-25

Recibido: 23 de abril de 2012. **Aceptado:** 18 de mayo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Anna Cuadras Andreu. Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Tarragona. Agència de Salut Pública de Catalunya. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya. Av. M^a Cristina 54. Tarragona 43003. Tel. + 34 977 224151. Fax + 34 977 249603 Correo e.: annam.cuadras@gencat.cat

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumen

La ciudad de Tarragona y sus alrededores conviven con la actividad industrial de uno de los complejos más importantes de España y del sur de Europa. El objetivo de este estudio ha sido evaluar el riesgo crónico por inhalación de 18 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en la población residente en los municipios ubicados alrededor de este complejo.

Para el estudio se eligieron tres municipios y en cada uno de ellos se recogieron alrededor de 50 muestras desde junio de 2008 a junio de 2009. En cada muestra se captó, simultáneamente y durante 24 horas, la fase particulada (partículas totales en suspensión, PST) en filtro de fibra de cuarzo y la fase gaseosa en cilindros de espuma de poliuretano. Los HAP se extrajeron con diclorometano mediante extracción presurizada y se cuantificaron utilizando cromatografía de gases-espectrometría de masas.

Para estimar el riesgo por inhalación a los HAP, primero se expresaron los 18 HAP como equivalentes de benzo(a)pireno utilizando factores de toxicidad equivalente, y posteriormente se aplicó el factor de riesgo, definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), de desarrollar cáncer de pulmón a lo largo de toda la vida, de $8,7 \times 10^{-5}$ por ng m^{-3} de benzo(a)pireno.

El valor medio de riesgo obtenido en el estudio ha sido de $1,2 \cdot 10^{-4}$. Este valor supera los criterios recomendados por la OMS o la Agencia de Protección Medioambiental Americana (USEPA); sin embargo, es inferior a 10^{-3} , umbral considerado como riesgo definitivo para la población.

Palabras clave:

Evaluación del riesgo, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fase gaseosa, fase particulada, complejo químico, calidad del aire

Abstract

One of the most important chemical industrial sites of Spain and, indeed, of southern Europe is close to the city of Tarragona and its surrounding villages. Therefore, the aim of this study was to calculate the chronic risk by inhalation of 18 atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) for the population living in municipalities close to this chemical site.

The sampling campaign was conducted between June 2008 and June 2009, and around 50 air samples were collected during

different meteorological periods, in each of the three sampling sites selected for this study. Samples were taken for 24 h with the simultaneous collection of the particle phase (total suspended particles) on quartz microfiber filters, and the gas phase on polyurethane foam cartridges. The PAHs were extracted by pressurized liquid extraction and determined by gas chromatography-mass spectrometry.

For calculating inhalation risk assessment, the 18 PAHs were expressed as benzo(a)pyrene equivalents using toxic equivalency factors. Risk was then calculated taking into account the World Health Organization (WHO) unit risk of 8.7 lung cancer cases per 100,000 people, with an exposure of 1 ng m^{-3} of benzo(a)pyrene over a lifetime of 70 years.

The average lifetime lung cancer risk of the global study was $1.2 \cdot 10^{-4}$. This risk is higher than the values recommended by the WHO and the US Environmental Protection Agency (USEPA), but it is lower than the threshold of 10^{-3} , which is considered to be a definite risk.

Keywords:

Risk assessment; polycyclic aromatic hydrocarbons; gas phase; particle phase; chemical site, air quality

Resumo

A cidade de Tarragona e os seus arredores convivem com a actividade industrial de um dos complexos mais importantes de Espanha e do sul da Europa. O objectivo deste estudo tem sido avaliar o risco crónico por inalação de 18 hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) na população residente nos municípios localizados em redor deste complexo.

Para este estudo foram escolhidos três municípios e em cada um deles recolheu-se à volta de 50 amostras desde Junho de 2008 a Julho de 2009. Em cada amostra captou-se, simultaneamente e durante 24 horas, a fase particulada (partículas totais em suspensão, PST) em filtro de fibra de quartzo e a fase gasosa em cilindros de espuma de poliuretano. Os HAP extraíram-se com diclorometano através de extracção pressurizada e quantificação por cromatografia gasosa e espectrometria de massas.

Para estimar o risco por inalação de HAP, primeiro expressaram-se os 18 HAP como equivalentes de benzo(a)pireno utilizando factores de toxicidade de equivalência, e posteriormente aplicou-se o factor de risco, definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), no desenvolvimento de cancro do pulmão para uma esperança de vida de 70 anos, de $8,7 \times 10^{-5}$ por ng m^{-3} de benzo(a)pireno.

O valor médio de risco obtido no estudo foi de $1,2 \cdot 10^{-4}$. Este valor supera os critérios recomendados pela OMS e pela Agência de Protecção do Meio-ambiental Americana (USEPA); contudo, é inferior a 10^{-3} , limite a partir do qual o risco é assumido para a população.

Palavras-chave:

Avaliação de risco, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, fase gasosa, fase particulada, complexo químico, qualidade do ar

INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son compuestos tóxicos para la salud por sus efectos ampliamente conocidos como cancerígenos y mutagénicos. Diversos estudios epidemiológicos han demostrado una asociación clara entre el cáncer de pulmón y la exposición a HAP ¹, aunque también existen evidencias de su relación con el cáncer de vejiga urinaria ².

El origen de los HAP se debe fundamentalmente a las combustiones incompletas de materia orgánica y, por este motivo, estos compuestos se encuentran tanto en atmósferas urbanas como industriales y rurales ³.

Los HAP se encuentran distribuidos en la atmósfera en fase gaseosa y en fase particulada en función de su presión de vapor, de las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, precipitación) y del tipo de partículas presentes ⁴.

Tanto la legislación actual en España (RD 102/2011)⁵ como en Europa (D 2008/50/CE)⁶ tan solo hace referencia al Benzo(a)pireno con un valor límite de 1 ng m^{-3} considerando las partículas PM10^{5,6}. La legislación también alude al control de otros HAP como el benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(j)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno y dibenzo(a,h)antraceno, aunque no determina valores límites para ellos.

En España existen diversos estudios previos de cuantificación de HAP en atmósferas urbanas^{7,8}; sin embargo son muy pocos los datos sobre los valores de HAP en entornos industriales y sobre el riesgo crónico por inhalación que puede suponer la exposición a estos hidrocarburos. En el municipio de Tarragona y sus alrededores se ubica uno de los complejos químicos más importantes de Europa y el primero del Estado Español, con una actividad basada en la industria química y en la transformación de derivados del petróleo. Este complejo está formado por un total de 30 empresas petroquímicas, una

refinería de petróleo (la segunda más importante de España), dos centrales eléctricas de ciclo combinado, una incineradora de residuos urbanos y una de residuos industriales.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo es realizar una estimación cuantitativa del riesgo crónico por inhalación de 18 HAP (la mayoría de ellos incluidos en la lista de hidrocarburos prioritarios de la USEPA) presentes en la atmósfera, tanto en fase gaseosa como en fase particulada, de municipios directamente afectados por las actividades industriales del complejo químico de Tarragona.

MATERIALES Y MÉTODOS

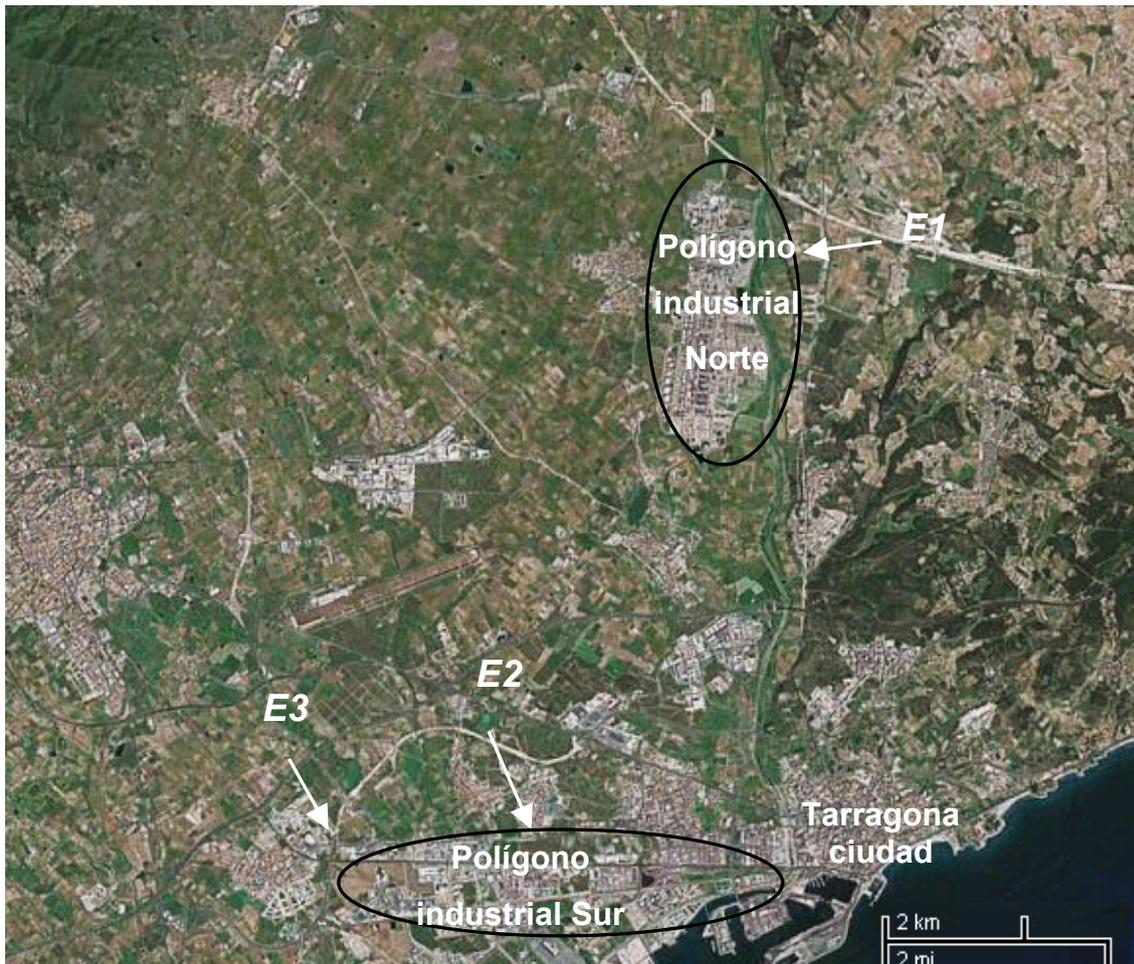
Zona de estudio

Tarragona y otros cinco municipios más pequeños

(Perafort, El Morell, La Pobla de Mafumet, Constantí y Vila-seca) son los núcleos de población que mayoritariamente conviven con la actividad industrial del complejo químico de Tarragona. Este complejo se divide en dos polígonos principales, el Polígono Norte y el Polígono Sur. En este estudio, se seleccionaron tres puntos de muestreo situados en tres municipios cercanos a estos polígonos: Perafort-Puigdelfí (E1), una área semirural situada a unos 0.5 km al este del Polígono Norte; Tarragona-Bonavista (E2), en una zona suburbana situada a menos de 1 km al norte del Polígono Sur; y Vila-seca (E3), situada también en una zona suburbana a menos de 1 km al oeste del Polígono Sur.

La Figura 1 muestra un mapa de la zona de estudio con la localización de la ciudad de Tarragona, el Polígono Norte y el Polígono Sur y los tres puntos de muestreo utilizados.

Figura 1. Mapa de la zona de estudio donde se muestra la localización de la ciudad de Tarragona, el Polígono Norte y el Polígono Sur y los tres puntos de muestreo utilizados: E1 (Perafort-Puigdelfí), E2 (Tarragona-Bonavista) y E3 (Vila-seca).



Para la ubicación del equipo de toma de muestras, se utilizaron las estaciones de la Red de Vigilancia y Contaminación Atmosférica de Cataluña (XVPCA) de los municipios seleccionados. Concretamente el equipo se ubicó en la parte superior de estas estaciones a una altura aproximada de 2,5 metros.

Muestreo

La toma de muestras se realizó utilizando un captador de alto volumen (TE-1000 PUF, Tisch Environmental, Inc., Village of Cleves, Ohio, USA), que capta simultáneamente la fase particulada (PST) y la fase gaseosa, siguiendo las especificaciones del método TO-13 de la USEPA⁹. Las muestras fueron tomadas durante 24 horas a un flujo de aire aproximado de $0,7 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$, suponiendo una concentración de unos 300 m^3 de aire por muestra. Las partículas se captaron en filtros de fibra de cuarzo de 10,16 cm de diámetro (Grado QM-A, Whatman, Maidstone, UK) y la fase gaseosa en cilindros de poliuretano (PUF) de 6,3 cm de diámetro por 7,5 cm de altura suministrados por Tisch. Antes del muestreo los filtros se acondicionaron durante 6 horas en una mufla a $600 \text{ }^\circ\text{C}$ y los PUF mediante una extracción en Soxhlet con diclorometano durante 24 horas. Después del acondicionamiento, los filtros y los PUF se envolvieron individualmente utilizando papel de aluminio, se introdujeron en bolsas de plástico selladas y se conservaron a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta el momento del muestreo y, una vez tomada la muestra, se conservó en las mismas condiciones hasta su análisis. Las muestras se analizaron durante las dos semanas siguientes al muestreo.

Las muestras se tomaron desde junio de 2008 a junio de 2009. En total, se captaron 153 muestras de aire y materia particulada, entre 48 y 53 muestras en cada localización, con una periodicidad de tres muestras semanales, durante aproximadamente cuatro meses en cada punto de muestreo. Con el fin de valorar la influencia de la temperatura ambiente en los valores de concentración de HAP, de los cuatro meses muestreados en cada una de las localizaciones dos corresponden a meses con temperaturas más bajas y los otros dos a meses con temperaturas más altas.

Estándares químicos y reactivos

En este estudio se han utilizado soluciones estándar de los 18 HAP determinados y 5 HAP deuterados utilizados como patrones internos de calibrado. Los hidrocarburos naftaleno (Nap), acenaftileno (AcPy), acenafteno (AcP), fluoreno (Flu), fenantreno (PA), antraceno (Ant), fluoranteno (FluT), pireno (Pyr), benzo(a)antraceno (BaA), criseno (Chr), benzo(b)fluoranteno (BbF), benzo(k)fluoranteno (BkF), benzo(a)pireno (BaP) y dibenzo(a,h)

antraceno (DahA) fueron suministrados por Sigma-Aldrich (Saint Louis, Missouri, USA). Por otra parte los estándares de benzo(j)fluoranteno (BjF), benzo(e)pireno (BeP), indeno(1,2,3-cd)pireno (Ind), benzo(g,h,i)perileno (BghiP) y los estándares internos (d_8 -naftaleno, d_{10} -acenafteno, d_{10} -fenantreno, d_{12} -criseno y d_{12} -perileno) fueron adquiridos en Supelco (Bellefonte, Pennsylvania, USA). El proveedor de la dimetilformamida (DMF) fue Merck (Darmstadt, Alemania).

Para extraer los analitos y preparar las disoluciones de los estándares se utilizó diclorometano (DCM) para cromatografía de gases de pureza $> 99,9 \%$ (SDS, Pey-pin, Francia). Los análisis cromatográficos se realizaron utilizando helio de pureza $99,999 \%$ (Carburos metálicos, Barcelona, España) y tierra de diatomeas Hyflo Super Cel de Sigma-aldrich en la extracción de los filtros por extracción presurizada con solvente (PLE).

Extracción de las muestras

Los HAP fueron obtenidos mediante extracción presurizada con solventes (PLE) utilizando un equipo ASE 200 (Dionex, Sunnyvale, USA) y DCM como solvente. Los PUF se extrajeron en celdas de 33 mL, cortándolos previamente por la mitad utilizando unas tijeras limpiadas con acetona. La extracción se realizó en un ciclo que se inicia con una etapa de precalentamiento de la celda de extracción a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 5 minutos, seguidos de 5 minutos más en los que la celda se presuriza a 1.500 psi en presencia del disolvente. Después de esta etapa, se limpió la celda con un volumen de solvente del 50% de la capacidad de la celda y se purgó con nitrógeno durante 120 segundos. La extracción de los filtros se realizó en celdas de 11 mL, cortándolos en trozos pequeños y mezclándolos con tierra de diatomeas, durante dos ciclos en las mismas condiciones que los PUF. La extracción de los filtros y los PUF fue optimizada y validada en un estudio previo¹⁰.

A los extractos obtenidos se añadieron $400 \mu\text{L}$ de DMF, para evitar la evaporación de los analitos más volátiles, y se rotaevaporaron hasta un volumen aproximado de $400 \mu\text{L}$; a continuación se añadieron $20 \mu\text{L}$ de una solución de 50 mg L^{-1} de los estándares deuterados y se enrasaron con DCM en un matraz aforado de 1mL. Las recuperaciones de extracción obtenidas para los distintos HAP se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Recuperaciones y límites de detección (LDM) y cuantificación (LCM) obtenidos en este estudio

HAP	Recuperación ^a	LDM ^b	LCM ^c
	(%, n=5)	(ng m ⁻³)	(ng m ⁻³)
Nap	90	0.016	0.033
AcPy	91	0.033	0.100
AcP	95	0.016	0.033
Flu	92	0.033	0.167
PA	98	0.033	0.067
Ant	97	0.033	0.100
FluT	91	0.033	0.067
Pyr	100	0.002	0.017
BaA	95	0.002	0.017
Chr	97	0.002	0.017
BbF	92	0.016	0.033
BjF/BkF	90	0.002	0.017
BeP	96	0.002	0.017
BaP	99	0.033	0.017
Ind	98	0.033	0.167
DahA	97	0.033	0.167
BghiP	98	0.033	0.167

^a Recuperación calculada como porcentaje de la respuesta obtenida en el análisis de 5 PUF y filtros adicionados con 1 mL de solución estándar de HAP de 1 ppm, comparada con la respuesta obtenida por inyección directa de la misma cantidad de estándar bajo las mismas condiciones analíticas.

^b Límite de detección (LDM) definido como la concentración equivalente a tres veces el ruido del ión cuantificador, para 300 m³ de volumen de muestra.

^c Límite de cuantificación (LCM) definido como el nivel más bajo de calibración para cada compuesto, para 300 m³ de volumen de muestra.

Análisis mediante GC-MS

Los extractos concentrados se analizaron mediante la separación cromatográfica de los compuestos de interés en un cromatógrafo 6890N acoplado a un espectrómetro 5973 *inert* (Agilent Technologies, Palo Alto, USA). La columna capilar utilizada fue una ZB-5 (5% fenil, 95% polidimetilsiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm de Phenomenex, Le Pecq Cedex, France). El análisis se realizó mediante la inyección de 1 µL de extracto en un inyector mantenido a una temperatura constante de 270 °C sin división de flujo. La programación de la temperatura del horno se inicia a 100 °C durante 4 min, se incrementa a una velocidad de 6 °C min⁻¹ hasta 290 °C y se mantiene a esa temperatura durante 10 min, con una duración total del análisis de 45,67 min. El espectrómetro de masas adquirió en modo de barrido total, en un intervalo *m/z* de 35 a 280, operando a una energía de impacto electrónico de 70 eV. Los HAP estudiados se cuantificaron mediante el ión cuantificador y se identificaron utilizando los tiempos de retención y los iones cualificadores. Los isómeros benzo(j)fluoranteno y benzo(b)fluoranteno se cuantifica-

ron conjuntamente debido a que coeluyen y presentan espectros de masas similares.

Los límites de detección y cuantificación obtenidos para una valor medio de preconcentración de aire de 300 m³ se muestran en la Tabla 1.

Factores de toxicidad equivalente. Equivalentes de Benzo(a)pireno.

Los factores de toxicidad equivalente (FTE) propuestos en este estudio (ver Tabla 2) fueron los establecidos por Larsen y Larsen ¹¹, los cuales corresponden a la revisión más actualizada disponible de los mismos. Para los hidrocarburos más volátiles no incluidos en el estudio de Larsen y Larsen, como el naftaleno, acenaftileno y acenafteno, se han utilizado los FTE correspondientes a un estudio anterior realizado por Nisbet y Lagoy ¹².

Para calcular los equivalentes de benzo(a)pireno (BaP-eq) correspondientes a los 18 HAP, se multiplicó la concentración de cada HAP por su FTE y se sumaron

Tabla 2. Factores de Toxicidad Equivalente (FTE) utilizados en este estudio.

HAP	FTE Larsen y Larsen ¹¹
Nap	0,001 (*)
AcPy	0,001 (*)
AcP	0,001(*)
Flu	0,0005
PA	0,0005
Ant	0,0005
FluT	0,05
Pyr	0,001
BaA	0,005
Chr	0,03
BbF	0,1
BjF	0,05
BkF	0,05
BeP	0,002
BaP	1
Ind	0,1
DahA	1,1
BghiP	0,02

(*) Nisbet y Lagoy¹²

todas las concentraciones.

Para el estudio de toxicidad a los valores inferiores al límite de detección (LDM) o inferiores al límite de cuantificación (LCM) se les asignó el valor correspondiente al LDM/2 o LCM/2 según corresponda, de acuerdo con el criterio establecido por la USEPA ¹³.

Evaluación del riesgo crónico por inhalación

La OMS atribuye un valor de riesgo¹⁴ a desarrollar cáncer de pulmón de 8,7 casos por 100.000 personas expuestas a una inhalación crónica de 1 ng m⁻³ de benzo(a)pireno, asumiendo una exposición de 70 años (Riesgo unitario, UR = 8,7·10⁻⁵).

De acuerdo con esta definición, para calcular el riesgo a desarrollar cáncer de pulmón, se aplicó la siguiente fórmula:

Riesgo a desarrollar cáncer de pulmón = [B(a)P-eq. (ng x m⁻³)] x UR

El número de casos anuales atribuibles a la población alrededor del complejo químico estudiado se calculó mediante la fórmula:

Población expuesta (nº habitantes) x riesgo a desarrollar cáncer de pulmón (nº casos por población) / 70 (años de exposición)

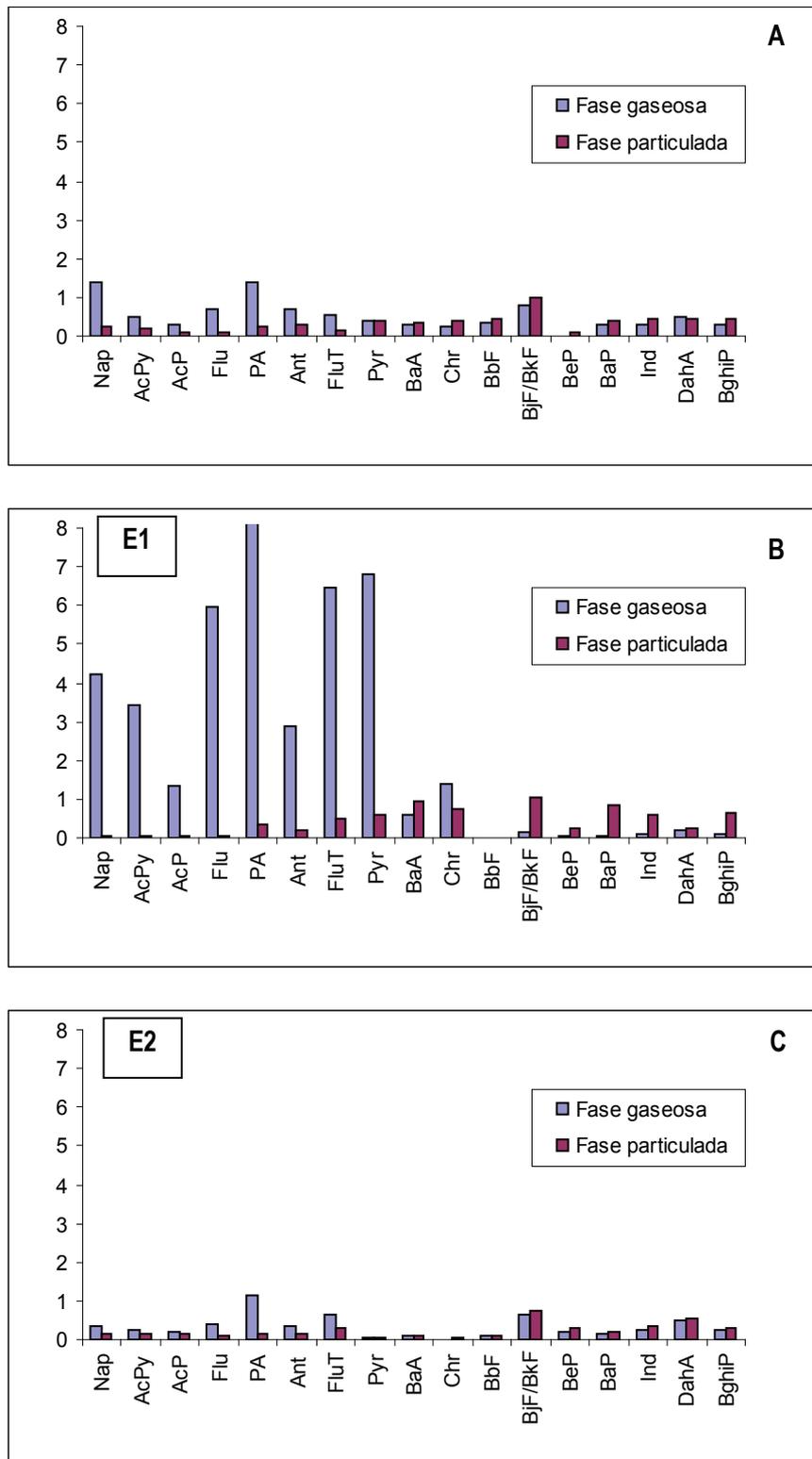
Como población expuesta se consideró el número de habitantes correspondiente a los seis municipios mencionados en la zona de estudio.

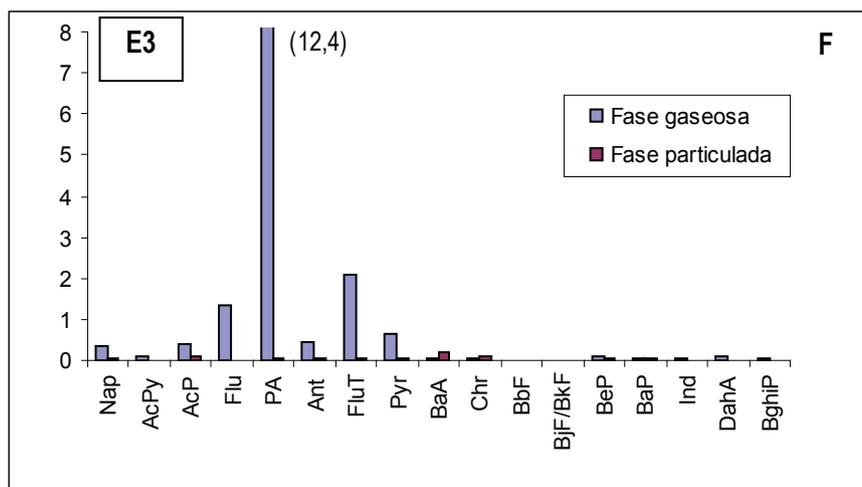
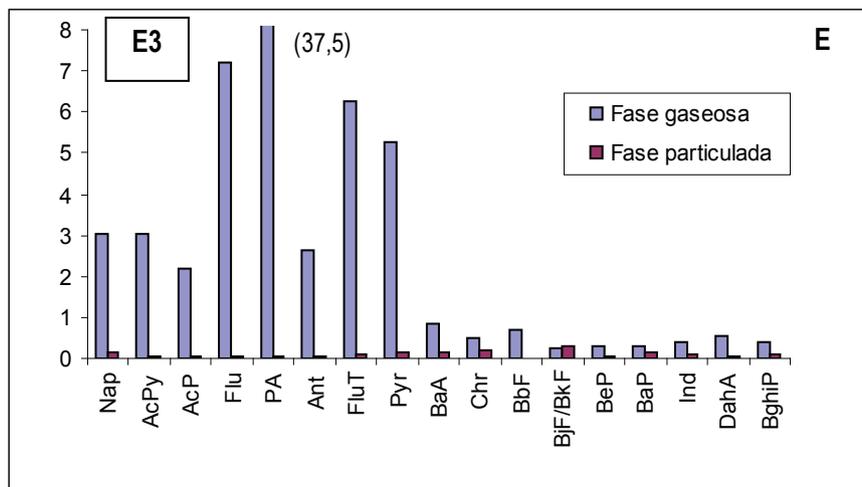
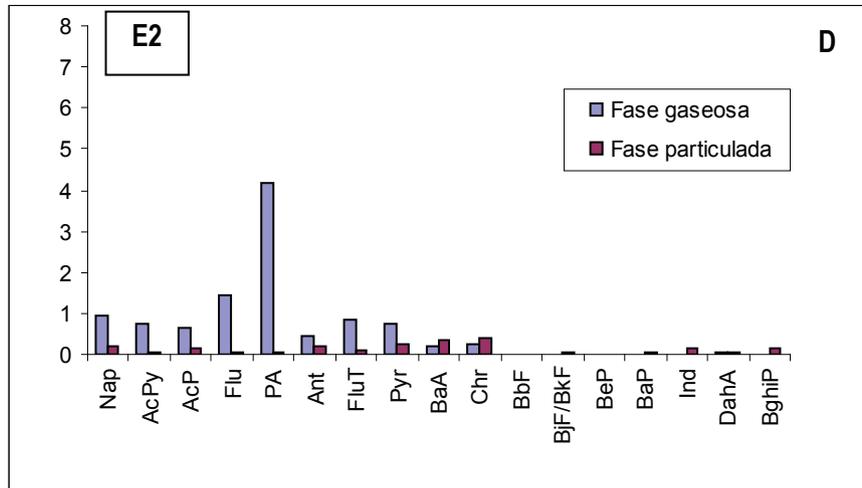
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentraciones de HAP en fase gaseosa y en fase particulada

La Figura 2 muestra los gráficos de las concentraciones obtenidas (media aritmética) para cada uno de los HAP determinados, por fase, estación de muestreo y período analizado.

Figura 2. Concentración media en ng m^{-3} obtenida para cada uno de los HAP, por estación, fase y período: A: E1, junio-julio 2008 (n=26); B: E1, diciembre 2008-enero 2009 (n=26); C: E2, agosto-septiembre 2008 (n=22); D: E2, febrero-marzo-abril 2009 (n=26); E: E3, abril-mayo-junio 2009 (n=26); F: E3, octubre-noviembre 2008 (n=27).





Los HAP en el aire pueden estar presentes tanto en fase gaseosa como en fase particulada. Los resultados obtenidos en este estudio muestran cómo en los períodos con temperaturas más bajas los hidrocarburos más pesados (4, 5 y 6 anillos) se encuentran mayoritariamente en fase particulada, pero en los períodos con temperaturas más elevadas la distribución de estos compuestos es más equilibrada entre ambas fases. Por ejemplo la media de BaP en la estación E1 en el período cálido fue de $0,63 \text{ ng m}^{-3}$ en la fase gaseosa y $0,39 \text{ ng m}^{-3}$ en la fase particulada, mientras que en el período frío fue de $0,03 \text{ ng m}^{-3}$ y $0,84 \text{ ng m}^{-3}$ en las fases gaseosa y particulada, respectivamente.

En general, las concentraciones de HAP más elevadas se encontraron en la fase gaseosa con una contribución de esta fase entre el 59 y el 98% respecto al total de HAP, en función de la estación y del período de muestreo. La media del total de HAP en la fase gaseosa osciló entre $5,52$ y $67,2 \text{ ng m}^{-3}$, mientras que en fase particulada estuvo entre $0,67$ y $7,00 \text{ ng m}^{-3}$.

Respecto a la contribución individual de cada HAP, destaca el fenantreno (16-68%) como el hidrocarburo mayoritario en la fase gaseosa, seguido por el naftaleno (2-23%), fluoreno (8-14%) y fluoranteno (8-12%), mientras que en la fase particulada los hidrocarburos mayoritarios han sido el benzo(a)antraceno (3-29%), los isómeros benzo(j/k)fluoranteno y el criseno (>20%). En conjunto los hidrocarburos más volátiles (2 o 3 anillos aromáticos) fueron los más abundantes en las tres estaciones, especialmente en fase gaseosa con una contribución elevada (49-80%) respecto al total de HAP.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, la legislación actual, que solo regula el BaP en la fase particulada, estaría subestimando la principal contribución de HAP en la atmósfera.

Distribución estacional de los HAP

De acuerdo con los resultados obtenidos (Fig. 2), la temperatura juega un papel importante en las variaciones de las concentraciones de los HAP. En general los valores más elevados de HAP se obtuvieron en períodos fríos, siendo los HAP más volátiles los más afectados por las variaciones de temperatura. La concentración total de HAP (fase gaseosa + fase particulada) en E1 en el período frío ($66,5 \text{ ng m}^{-3}$) fue unas 4,5 veces superior a la obtenida en el período cálido ($14,6 \text{ ng m}^{-3}$). Esta relación también fue elevada en E3 (período frío $68,6 \text{ ng m}^{-3}$ respecto a $18,5 \text{ ng m}^{-3}$ en el período cálido), sin embargo en E2 la diferencia fue mucho menor (período frío $12,4 \text{ ng m}^{-3}$ respecto a los $9,3 \text{ ng m}^{-3}$ del período cálido).

A pesar de que las bajas temperaturas permiten la condensación de HAP volátiles y semivolátiles, en este estudio los HAP más volátiles fueron los más afectados por el descenso de la temperatura. Este hecho se debe fundamentalmente a que en los períodos fríos los fenómenos de inversión térmica y baja dispersión favorecen la presencia de los HAP en la fase gaseosa, de acuerdo con estudios previos¹⁵. Por otro lado, el importante descenso de los valores de HAP en los períodos cálidos, como se muestra claramente en las estaciones E1 y E3, puede deberse a fenómenos tales como el incremento de reacciones fotoquímicas producidas en verano o bien a la disminución de las fuentes de emisión, tal y como se indica en estudios anteriores¹⁶.

Respecto a la comparación entre los tres puntos de muestreo, hay que comentar que las estaciones E1 y E3 fueron las que presentaron los valores más elevados del total de los 18 HAP, mientras que la estación E2 fue la que presentó los valores más bajos. En general, los valores medios obtenidos en las tres estaciones son comparables a los valores encontrados en estudios previos en áreas urbanas e industriales^{8,17}.

HAP totales expresados como equivalentes de Benzo(a)pireno

En la Tabla 3 se muestra el total de BaP-eq, expresados como media aritmética, por fase, estación y período analizado.

La contribución de la fase gaseosa al total de BaP-eq en este estudio ha sido importante, con valores comprendidos entre el 34% y el 86% en función de la estación y el período.

Estos valores se deben por un lado a la contribución de los HAP más volátiles mayoritarios en la fase gaseosa y, por otro lado, a la presencia de los HAP más pesados, con factores de toxicidad elevados, que, aun siendo mayoritarios en la fase particulada, también se han detectado en la fase gaseosa.

Respecto a los BaP-eq de la fase particulada, estos fueron superiores a los BaP-eq de la fase gaseosa en las estaciones E1 y E2, destacando la mayor contribución en la estación E1 en el período frío con valores de BaP-eq de $1,31 \text{ ng m}^{-3}$ en la fase particulada frente a los $0,69 \text{ ng m}^{-3}$ en la fase gaseosa. En cambio, en la estación E3 la contribución de la fase gaseosa a los valores de BaP-eq fue claramente mayoritaria en los dos períodos analizados.

Considerando ambas fases, los valores del total de BaP-eq fueron más elevados en la estación E1 con $2,04 \text{ ng m}^{-3}$ como valor promedio de los dos períodos, en

Tabla 3. Total de equivalentes de Benzo(a)pireno, expresados en ng m⁻³, distribuidos por estación, fase y período.

	E1		E2		E3	
	P. cálido	P. frío	P. cálido	P. frío	P. cálido	P. frío
Gas	1,01	0,69	0,82	0,12	0,27	1,36
Partícula	1,06	1,31	0,91	0,14	0,07	0,22
Total	2,07	2,00	1,73	0,26	0,34	1,58

Tabla 4. Contribución individual de los HAP más destacados al total de BaP-eq, expresada en tanto por ciento.

	E1 junio-julio 2008	E2 agos.-sept. 2008	E3 oct.-nov. 2008	E1 dic.2008-enero 2009	E2 feb.-marz.- abr.2009	E3 abr.-may.- jun.2009
PA	0,04	0,04	1,18	0,77	0,83	1,84
FluT	1,76	2,69	20,13	17,50	18,74	32,03
Chr	0,94	0,12	1,27	3,27	7,22	1,51
BbF	3,95	1,21	4,66	0,17	0,79	0,56
Bj/kF	4,26	4,02	1,64	2,99	0,79	0,09
BaP	33,72	20,82	26,47	45,25	31,56	19,23
Ind	3,85	3,47	2,96	3,55	5,52	2,37
DahA	50,34	66,80	39,51	24,26	30,38	40,69
Otros	1,13	0,83	2,17	2,23	4,17	1,69

comparación con los promedios de 1,00 ng m⁻³ y 0,96 ng m⁻³ de las estaciones E2 y E3, respectivamente.

Equivalentes totales de Benzo(a)pireno. Distribución por HAP

En la Tabla 4 se muestra la contribución individual de cada HAP en tanto por ciento respecto al total de BaP-eq, tanto en la fase gaseosa como en la fase particulada, por estación y período de muestreo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Benzo(a)pireno y el Dibenzo(a,h)antraceno han sido los HAP que han contribuido mayoritariamente al total de BaP-eq. Por otra parte, cabe destacar también la importante contribución del fluoranteno, especialmente en ambos períodos de muestreo de la estación E3 y en los períodos fríos de las estaciones E2 y E3. A pesar que el fluoranteno es un hidrocarburo considerado débilmente cancerígeno, sus características mutagénicas le atribuyen un factor de toxicidad (FTE=0,05) superior a otros HAP volátiles, de manera que a elevadas concentraciones puede tener una contribución importante sobre el total de BaP-eq. Los tres HAP comentados anteriormente (BaP+DahA+F)

han tenido contribuciones al total de BaP-eq entre el 81% y el 92% según la estación y el período muestreado.

Sin embargo, el fenantreno, a pesar de ser el HAP mayoritario en las tres estaciones tiene una contribución pequeña al total de BaP-eq debido a su bajo poder toxicológico.

A pesar de que los perfiles de emisiones varían en función de las fuentes de origen y por tanto es difícil generalizar, los resultados comentados anteriormente muestran la necesidad de determinar los HAP tanto en la fase gaseosa como en la fase particulada puesto que otros hidrocarburos más volátiles como el fluoranteno pueden tener una contribución importante desde el punto de vista toxicológico.

Riesgo a desarrollar cáncer de pulmón por exposición a los 18 HAP

En la Tabla 5 se muestran los valores calculados del riesgo a desarrollar cáncer de pulmón a lo largo de toda la vida, en función de la estación y del período de muestreo.

Tabla 5. Riesgo a desarrollar cáncer de pulmón a lo largo de toda la vida, expresado como número de casos por población expuesta.

	E1 junio-julio 2008	E2 agos.-sept. 2008	E3 oct.-nov. 2008	E1 dic.2008-enero 2009	E2 feb.-marz.- abr.2009	E3 abr.-may.- jun.2009
Mínimo	$1,28 \cdot 10^{-5}$	$3,21 \cdot 10^{-5}$	$1,56 \cdot 10^{-5}$	$3,19 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$9,68 \cdot 10^{-6}$
Máximo	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$2,21 \cdot 10^{-4}$	$8,06 \cdot 10^{-4}$	$3,49 \cdot 10^{-4}$	$1,32 \cdot 10^{-4}$	$8,67 \cdot 10^{-5}$
Media	$1,81 \cdot 10^{-4}$	$1,51 \cdot 10^{-4}$	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$1,73 \cdot 10^{-4}$	$2,24 \cdot 10^{-5}$	$2,94 \cdot 10^{-5}$

De las tres localizaciones, la estación E1 ha sido la que ha presentado los valores más altos de riesgo ($1,8 \cdot 10^{-4}$ en el período cálido, es decir 1,8 casos por cada 10.000 habitantes, y $1,7 \cdot 10^{-4}$ en el período frío). Las estaciones E2 y E3, en las primeras fases del estudio, presentan valores de $1,5 \cdot 10^{-4}$ y $1,4 \cdot 10^{-4}$ respectivamente, los cuales aún siendo inferiores a E1 se encuentran en el mismo orden de magnitud. Sin embargo, este comportamiento es muy distinto al que presentaron en la última parte del estudio con valores de $2,2 \cdot 10^{-5}$ y $2,9 \cdot 10^{-5}$, respectivamente.

Estas diferencias, de acuerdo con el período de muestreo, podrían ser debidas a un factor externo al estudio ya que el complejo químico de Tarragona, no exento de la actual crisis económica, ha sufrido durante el 2009 reducciones en las producciones y el cierre de algunas plantas químicas, hecho que podría haber afectado las emisiones de origen respecto a la primera parte del estudio.

La evaluación conjunta de las tres estaciones durante todo el estudio (junio de 2008 a junio de 2009) da como resultado un valor medio de riesgo de $1,2 \cdot 10^{-4}$. De acuerdo con estos resultados la probabilidad de desarrollar cáncer de pulmón a lo largo de toda la vida, atribuible a la exposición de HAP sería de 1,2 casos por 10.000 personas expuestas, asumiendo 70 años de exposición. Esta estimación del riesgo sería adicional a los casos de cáncer que podrían desarrollarse de manera más o menos espontánea a lo largo de toda la vida en una población no expuesta.

Teniendo en cuenta que las áreas de muestreo utilizadas en el estudio son de influencia industrial y suburbana, deben considerarse ambas actividades como origen de la exposición de HAP y por tanto del riesgo estimado.

El valor de riesgo estimado es superior al valor de 10^{-5} recomendado por la OMS¹⁸ y superior al valor de 10^{-6} aceptado por la USEPA¹⁹. Sin embargo, de acuerdo con los niveles de exposición encontrados en estudios pre-

vios^{8,16} el riesgo estimado sería del mismo orden al que obtendríamos en otras ciudades con actividad fundamentalmente urbana como Zaragoza (riesgo estimado: $4,7 \cdot 10^{-5}$ - $1,4 \cdot 10^{-4}$) o bien ciudades europeas como Amberes con actividad urbana y industrial (riesgo estimado: $9,9 \cdot 10^{-5}$ - $1,6 \cdot 10^{-4}$)^{*}. Considerando los valores máximos detectados en la campaña, el valor de riesgo máximo encontrado ha sido de $1 \cdot 10^{-3}$ correspondiente a la estación E1 durante junio-julio de 2008. A pesar de que este riesgo responde a episodios esporádicos y en ningún caso puede atribuirse como riesgo medio, es importante tener presente que en caso de reproducirse estos valores de manera continuada implicaría entrar en un umbral de riesgo definitivo, si nos atenemos a criterios aplicados en estudios similares²⁰. Asumiendo una exposición homogénea para todos los núcleos de población alrededor del complejo químico estudiado (170.263, Instituto de Estadística de Cataluña, 2008), el riesgo estimado como valor medio atribuible a la exposición de los HAP supondría 0,3 casos anuales y haciendo la misma extrapolación con el valor máximo de riesgo obtendríamos 2,4 casos anuales. Es importante considerar el escenario peor puesto que permite valorar el impacto que podría suponer esta situación.

El riesgo medio estimado ($1,2 \cdot 10^{-4}$ o 0,012 %) es bajo si se compara con la probabilidad de padecer cáncer de pulmón, 2,8% antes de los 70 años en la provincia de Tarragona (Registro de Cáncer de Tarragona, 2000-2004), teniendo en cuenta que la exposición al tabaco es uno de los factores más importantes. No obstante, el valor de riesgo estimado en este estudio debe tomarse en consideración para conocer la situación actual y prevenir posibles futuras situaciones.

A pesar de existir criterios o recomendaciones para el riesgo, cada país es, en última instancia, quien debe

* Estimaciones calculadas por los autores del presente artículo a partir de los valores de concentraciones de HAP de los estudios referenciados.

decidir si puede o no aceptar o asumir el riesgo estimado.

La estimación cuantitativa del riesgo es una herramienta muy útil que permite evaluar y tomar decisiones para prevenir y proteger la salud de la población. Sin embargo, su aplicación también presenta incertidumbre. En el caso de los cálculos de riesgo de los HAP la incertidumbre viene principalmente dada por los valores de FTE aplicados y por el valor de riesgo unitario atribuido al BaP. Los FTE tienen un papel fundamental para una correcta valoración toxicológica del conjunto de los 18 HAP. En este estudio se utilizó Larsen y Larsen¹¹ puesto que incluían la revisión más actualizada de los mismos. Sin embargo tres HAP no estaban incluidos en Larsen y Larsen y en este caso se utilizó Nisbet y Lagoy¹². Y respecto al riesgo unitario atribuido al BaP, se utilizó el valor aceptado por la OMS, sin embargo estudios recientes¹ han sugerido que en determinados casos este podría presentar alguna desviación.

CONCLUSIONES

El valor medio estimado de riesgo por inhalación de los HAP ($1,2 \cdot 10^{-4}$) supera los valores recomendados por la OMS o la USEPA, y por tanto debe tenerse en cuenta desde el punto de vista de protección de la salud. No obstante, este valor se encuentra por debajo del 10^{-3} , considerado en estudios similares como umbral de riesgo claro y definitivo para la población. Por otro lado, la contribución del riesgo estimado es pequeña (0,4%) si tenemos en cuenta la probabilidad de desarrollar cáncer de pulmón en la provincia de Tarragona antes de los 70 años. La legislación actual solamente regula el Benzo(a)pireno en fase particulada, sin embargo desde el punto de vista de salud deberían tenerse en cuenta otros HAP, así como considerar su distribución en ambas fases, puesto que de no ser así podría subestimarse el riesgo asociado a la exposición de estos compuestos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya su colaboración en la realización del estudio y especialmente al personal de Serveis Territorials de Tarragona por su colaboración en la recogida de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Armstrong B, Hutchinson E, Unwin J, Fletcher T. Lung Cancer Risk after Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: A Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect* 2004;112:970-8.
2. Bosetti C, Boffetta P, La Vecchia C. Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancers: a quantitative review to 2005. *Ann Onc* 2007;18:431-46.
3. World Health Organization. Polycyclic aromatic hydrocarbons, selected non heterocyclic. *Environmental Health Criteria* 202 (EHC 202, 1998).
4. Ravindra K, Sokhi R, Van Grieken R V. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atm Env* 2008;42:2895-921.
5. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. BOE núm.25, de 29 de enero.
6. Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. DOUE L 152/1, de 11 de junio.
7. Gutiérrez-Dabán A, Fernández-Espinosa AJ, Ternero-Rodríguez M, Fernández-Álvarez F. Particle-size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air in southern Spain. *Anal Bioanal Chem* 2005;381:721-36.
8. Callén MS, De la Cruz MT, López JM, Murillo R, Navarro MV, Mastral AM. Some interferences on the mechanism of atmospheric gas/particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) at Zaragoza (Spain). *Chemosphere* 2008;73:1357-65.
9. USEPA US Environmental Protection Agency, Washington, 1999. Compendium method TO-13A: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in ambient air using gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS), EPA/625/R-96/010b.
10. Ras MR, Borrull F, Marcé RM. Pressurized liquid extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from gas and particulate phases of atmospheric samples. *J Sep Sci* 2009;32:1051-9.
11. Larsen JC, Larsen PB. Chemical Carcinogens. En: Herster RE, Harrison RM editores. *Air Pollution and Health*. The Royal Society of Chemistry 1998, UK. p 33-56.
12. Nisbet ICT, Lagoy PK. Toxic Equivalency Factors (TEFs) for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *Regul Toxicol Pharmacol* 1992;16:290-300.
13. USEPA. Office of Pesticide Programs. Assigning values to non-detected/non-quantified pesticide residues in human health food exposure assessments. Washington, DC 20460, 2000.
14. WHO Regional Publications, European Series, No.91. *Air Quality Guidelines for Europe*, 2nd edition, 2000.
15. Ravindra K, Sokhi R, Van Grieken R. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atm Env* 2008;42:2895-921.
16. Ravindra K, Bencs L, Wauters E, et al. Seasonal and site-specific variation in vapour and aerosol phase PAHs over Flanders (Belgium) and their relation with anthropogenic activities. *Atm Env* 2006;40:771-85.
17. Cincinelli A, Del Bubba M, Martellini T, et al. Gas-particle concentration and distribution of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere of Prato (Italy). *Chemosphere* 2007;68:472-8.
18. WHO. Guidelines for drinking-water quality. Chemical aspects. Vol 1, 2n edition Geneva 1993.
19. Robson MG, Toscano W. Risk assessment for environmental health. Wiley and Sons, 2007.
20. Sexton K, Linder SH, Marko D, Bethel H, Lupo P. Comparative Assessment of Air Pollution-Related Health Risks in Houston. *Environ Health Perspect* 2007;115:1388-93

Evaluación de riesgos potenciales asociados a las captaciones de aguas de consumo que abastecen al polígono industrial de Casares (Málaga)

Public Health Assessment of potential hazards in private drinking water wells in the industrial park of Casares (Málaga)

Avaliação dos riscos potenciais associados às captações de água de consumo que abastecem o parque industrial de Casares (Málaga)

Carolina Castellano Calero¹, Miguel Ángel Pezzi Cereto², Rocío Fernández Vázquez³ y Piedad Martín-Olmedo^{3,4}

(1) Distrito Sanitario Costa del Sol. Mijas Costa

(2) Área Sanitaria Serranía de Málaga. Ronda

(3) Escuela Andaluza de Salud Pública. Granada

(4) CIBER en Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España.

Cita: Castellano-Calero C, Pezzi-Cereto MA, Fernández-Vázquez R, Martín-Olmedo P. Evaluación de riesgos potenciales asociados a las captaciones de aguas de consumo que abastecen al polígono industrial de Casares (Málaga). *Rev. salud ambient.* 2012;12(1):26-33

Recibido: 16 de abril de 2011. **Aceptado:** 8 de mayo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Piedad Martín Olmedo. Escuela Andaluza de Salud Pública, Campus Universitario Cartuja, Apartado 2070. Granada 18080. Correo e: piedad.martin.easp@juntadeandalucia.es

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumen

El presente trabajo pretende mostrar la utilidad de la metodología de evaluación de riesgos en salud (ERSP) de la Agencia para las Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR, USA) como herramienta de salud pública en la priorización y sistematización de actuaciones relacionadas con la exposición a sustancias químicas. En concreto en este estudio se han evaluado los riesgos potenciales que podrían afectar a las captaciones (pozos) que abastecen al Polígono Industrial de Casares (Málaga) (PIC), situado en las proximidades de la planta de Transformación de Residuos Sólidos Urbanos (PT-RSU) de la Costa del Sol y de un vertedero sellado. El estudio exhaustivo de la zona, con análisis de las características geomorfológicas, condiciones climáticas y actividades económicas presentes y pasadas de la zona, ha permitido identificar las rutas de exposición más probables, y la identificación y caracterización de los peligros más relevantes que podrían afectar al agua de las captaciones en estudio. La metodología de la ATSDR se ha complementado con el uso de modelos para la estimación de peligros de contaminación de acuíferos (Modelo SIG), y revisión en bases de datos internacionales para la identificación de peligros químicos. Como resultado del estudio se ha identificado la existencia de dos acuíferos distintos que abastecen los 4 pozos del PIC, lo que supone un análisis diferenciado de riesgos potenciales. Asimismo se ha descartado la actividad agrícola como fuente de peligros pero no así la ganadera. Es preciso aumentar la frecuencia de control en relación a la PT-RSU de parámetros microbiológicos y químicos como el tetracloroetano, otros compuestos orgánicos volátiles y metales pesados (As, Pb, Hg). La importante carga de coliformes totales encontrada en todos los pozos hace necesario además investigar posibles filtraciones de la red de saneamiento de las poblaciones colindantes.

Palabras clave: metodología ATSDR, evaluación de riesgo en salud pública, agua de consumo humano.

Abstract

This study intends to show the applicability of the Public Health Assessment (PHA) methodology used by the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, USA), as a public health tool for prioritizing and systematizing the risk management process related to human exposure to chemicals. Specifically, the potential risk factors that could affect the private drinking water wells in the industrial park of Casares (Málaga) (PIC) have been assessed. The PIC is located close to the Urban Solid waste treatment plant of the Costa del Sol and a sealed landfill. Detailed analysis of the geomorphologic characteristics, climatic conditions, and economical activities – present and past- of the area made it possible to identify potential exposure pathways, and the most probable chemical hazards that could affect private drinking water wells in the area. ATSDR's methodology was complemented by the implementation of models for the assessment of groundwater contamination (SIG Models), and by a search in international databases for chemical identification. As a result of the present study, two different aquifers were identified as suppliers of the 4 private drinking water wells of the PIC, which entailed a differential analysis of potential risk factors. Landfill and livestock activities in the area seem to be the most relevant sources of hazards in the identification of the exposure pathway, whereas agricultural activity could be ruled out. There is need to increase the frequency of quality control procedures and long-term monitoring of the

groundwater to characterize possible faecal contamination and the level of exposure to heavy metals (As, Pb, Hg), as well as to volatile organic compounds (tetrachloroethane, and vinyl chloride). The significant levels of total coliforms found in all the wells indicate that possible leachates from neighbouring municipal sewage systems also have to be investigated.

Keywords: ATSDR, health assessment, exposure investigations, exposure pathway, chemical hazards, drinking water wells, landfill.

Resumo

O presente trabalho pretende mostrar a utilidade da metodologia de Avaliação de Riscos em Saúde (ERSP) da Agência para as Substâncias Tóxicas e Registo de Doenças (ATSDR, EUA) como ferramenta de Saúde Pública na priorização e sistematização do processo de gestão de riscos relacionados com a exposição a substâncias químicas. Neste estudo foram avaliados em concreto os riscos potenciais que poderiam afectar as captações (poços) que abastecem o Parque Industrial de Casares (Málaga) (PIC), situado nas proximidades da estação de transformação de Resíduos Sólidos Urbanos (PT-RSU) da Costa do Sol e de um aterro selado. O estudo exaustivo da área incluiu a análise das características geomorfológicas, condições climáticas e atividades económicas presentes e passadas na zona, tendo permitido identificar os caminhos de exposição mais prováveis e a identificação e caracterização dos perigos mais relevantes que poderiam afectar a água das captações em estudo. A metodologia da ATSDR foi complementada com a utilização de modelos para a estimação do perigo de contaminação de aquíferos (modelo SIG) e com uma pesquisa em bases de dados internacionais para identificação de perigos químicos. Como resultado do estudo identificou-se a existência de dois aquíferos distintos que abastecem os 4 poços do PIC, o que levou a uma análise diferenciada dos riscos potenciais. Desta forma, foi descartada a atividade agrícola como fonte de perigos mas não as atividades de criação de gado. Em relação à PT-RSU é necessário aumentar a frequência de controlo de parâmetros microbiológicos e químicos como o tetracloreto, outros compostos orgânicos voláteis e metais pesados (As, Pb, Hg). A importante carga de coliformes totais encontrada em todos os poços torna necessário investigar possíveis infiltrações a partir da rede de saneamento das povoações vizinhas.

Palavras-chave: metodologia ATSDR, avaliação de risco em Saúde Pública, água para consumo humano

INTRODUCCIÓN

El Polígono Industrial de Casares (PIC), en fase de construcción, está situado en una zona conocida como Camino de los Pedregales al sur de Sierra Bermeja, en el límite de Casares con Estepona con una superficie global de 6 km². Su particular ubicación, aislada del núcleo urbano y de difícil acceso, hace que el abastecimiento de agua de consumo humano a través de la red municipal sea económicamente inviable. Como solución a este problema se han realizado cuatro perforaciones (Figura 1) en la parte más alta del polígono sobre una masa de agua subterránea (código identificativo: 060.040) caracterizada como "agua costera de zona vulnerable"¹. En los alrededores del PIC existen diferentes actividades que podrían comprometer la calidad de este agua entre las que destacan como más significativas la Planta de transformación de Residuos Sólidos Urbanos (PT-RSU) de la Costa del Sol y el antiguo vertedero de Estepona.

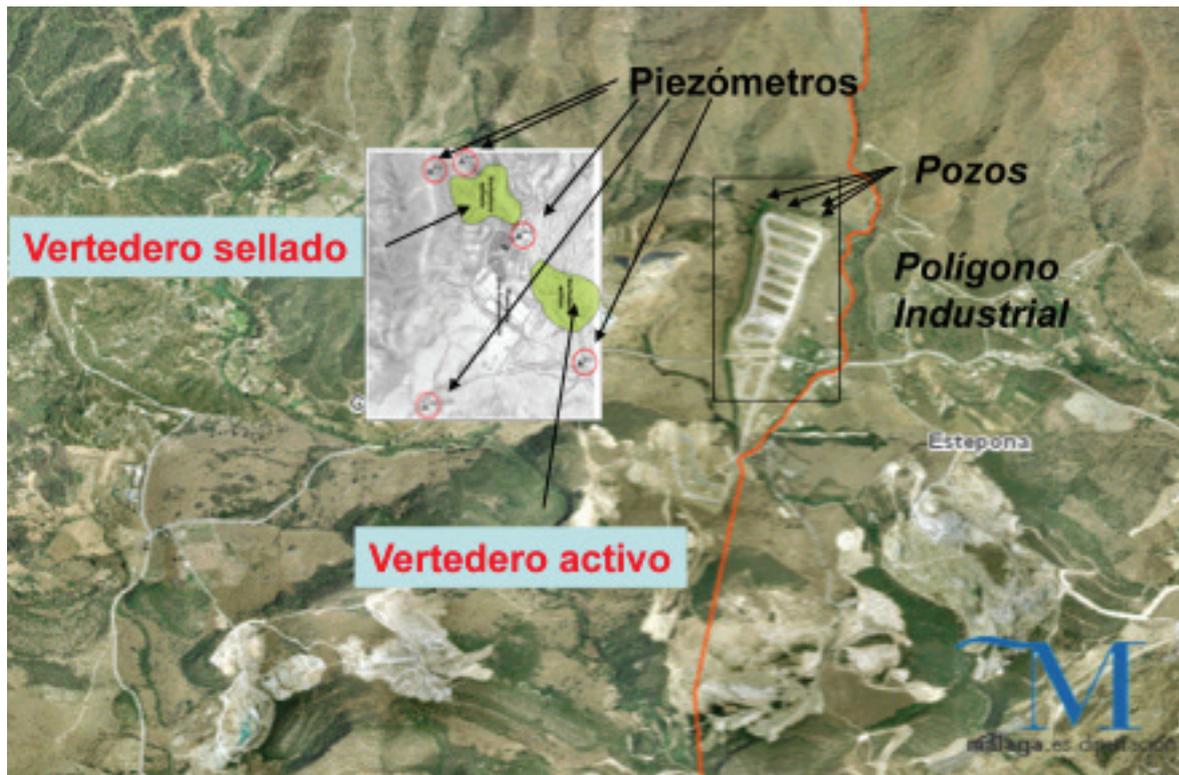
Las plantas de tratamiento de RSU y los vertederos son dispositivos complejos que pueden conducir a escenarios de exposición diversos, con implicación de múltiples agentes químicos y microbiológicos de efectos en salud no siempre bien caracterizados. Esta problemática puede verse amplificada en situaciones en las que existe una limitada información sobre las cantidades y tipos de residuos que se tratan o depositan en el vertedero, así como de las operaciones de control efectuadas^{2,3}. Son diversos los estudios epidemiológicos y las revisiones

llevadas a cabo para caracterizar los posibles efectos en salud de poblaciones residentes próximas a vertedero^{3,4,5}. No obstante, muchos de estos estudios presentan importantes limitaciones asociadas fundamentalmente a la falta de caracterización directa de la exposición (Ej. caracterización de lixiviados o de contaminantes presentes en aguas subterráneas a las que la población puede verse expuesta), apoyando sus resultados en modelizaciones o medidas indirectas tales como la distancia de la residencia a las instalaciones de riesgo^{3,5}.

Si bien pueden ser muchos los impactos a corto plazo, los de mayor importancia y calado son aquellos que tienen consecuencias a largo plazo (durante periodos incluso de centenares de años) que generalmente están relacionados con lixiviados y el gas del vertedero^{6,7}.

El Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad de agua de consumo humano⁸, señala en su artículo 13 que todo proyecto de utilización de una nueva captación de agua de consumo debe disponer de un informe sanitario vinculante elaborado por la Autoridad Sanitaria. En la actualidad son muchos los programas y políticas que demandan que las actuaciones del control oficial se fundamenten en una evaluación previa de los riesgos para la salud sobre la base de la mejor evidencia científica. No obstante, no se han aprobado de manera consensuada procedimientos fácilmente aplicables para los profesionales de salud pública en nuestro país.

Figura 1. Localización área del PIC y de los pozos



La Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) es una agencia federal estadounidense de salud pública de reconocido prestigio mundial que lleva aplicando con éxito durante las tres últimas décadas una metodología estandarizada para la evaluación de riesgos en salud pública (ERSP)⁹. Esta metodología se centra fundamentalmente en peligros químicos específicos que pudieran darse en sitios contaminados o relacionados con actividades de riesgos ambientales. Se trata de una metodología de apoyo a la toma de decisiones en salud pública con la que se persigue: 1) responder a situaciones de alta preocupación de la sociedad sobre su seguridad en relación a un conjunto de actividades de riesgo, o de peligros concretos en medios concretos; 2) identificar fuentes de peligros (industria, punto de vertido, etc.) que podrían contribuir a un problema de salud pública de forma probable; 3) identificar áreas donde es preciso desarrollar o redefinir medidas legislativas o de intervención para asegurar la adecuada protección de la salud pública; 4) identificar grupos de población de especial susceptibilidad potencial o con mayor probabilidad de estar expuestos a peligros serios, sobre los que, de estimarlo preciso, se llevaría a cabo un seguimiento más directo (Ej. estudio epidemiológico o campaña de educación para la salud); 5) asignar de forma sistemática prioridades, recursos y

actuaciones que eviten riesgos presentes o futuros¹⁰.

El presente trabajo trata de demostrar la utilidad de la aplicación de la metodología propuesta por la ATSDR en la identificación de rutas de exposición más probables y caracterización de los peligros más relevantes que podrían afectar al agua de las captaciones del PIC.

MATERIALES Y MÉTODOS

De forma muy resumida, para llevar a cabo una ERSP por exposición a sustancias peligrosas o tóxicas es preciso¹⁰: 1) identificar los peligros que con mayor probabilidad pueden darse en un lugar en relación a la actividad presente o pasada, así como los mecanismos por los que dichos peligros podrían pasar de un medio a otro (Ej. emisión de metales pesados desde una chimenea y su dispersión desde el aire a otros posibles medios como el suelo o las aguas superficiales, etc.); 2) delimitar si las personas pueden entrar en contacto con dichas sustancias y cómo, definiendo para ello las "rutas de exposición" completas o potenciales; 3) cuantificar las concentraciones de sustancias peligrosas que se encuentran en los medios que resultan "puntos de contacto" para la población potencialmente afectada (Ej. concentración de metales pesados en alimentos); 4) caracterizar los daños en

salud (caracterización del peligro) que las sustancias de interés puedan ocasionar, diferenciando entre posible "efecto no-cáncer" y "efecto cáncer"; 5) cuantificar la dosis de exposición (DE) en población afectada, diferenciando entre tipo de efecto (no-cáncer y efecto cáncer) y tipo de población potencialmente afectada (adulta o infantil); 6) cuantificar las implicaciones en salud pública, atendiendo al tipo de efecto antes descrito.

En el caso concreto del trabajo aquí planteado se abordaron exclusivamente los aspectos preliminares centrándonos en los análisis de los antecedentes del lugar y la propuesta de rutas de exposición más probables, para valorar qué peligros potenciales deberían ser tenidos en cuenta en los análisis previos a la autorización del uso del agua de las captaciones del PIC, así como en el plan de vigilancia y control mantenido en las mismas.

1.- Estudio de antecedentes del lugar. recogida de información

Características climatológicas

Tanto en el estudio pluviométrico como en el de temperaturas de la zona se han utilizado datos obtenidos de la red de estaciones del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de Los Reales ubicado a unos 3,9 Km. lineales de los sondeos y una altitud de 1.435 metros sobre el nivel del mar. Esta información se ha complementado por datos de la Agencia Andaluza del Agua¹²

Estudio hidrogeológico del suelo

Se ha realizado mediante revisión documental, consultando el Atlas Hidrogeológico de Andalucía más reciente¹. Esta información se ha complementado con la aplicación del método Hazard Index (HI) donde se integran Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar mapas de vulnerabilidad de contaminación de acuíferos. En esta metodología el índice HI se obtiene a partir de la superposición espacial de factores de nocividad (H), intensidad (Qn) y probabilidad (Rf). La nocividad

recoge todas las posibles categorías y subcategorías de actividades potencialmente peligrosas de la zona y las puntuaciones de nocividad, que varían entre 10 (mínima) y 100 (máxima). El factor Qn indica la cantidad de sustancia que puede ser vertida en caso de accidente y se relaciona con la dimensión de la fuente contaminante. El factor Rf considera la probabilidad de que ocurra un evento de contaminación y su valor varía entre 0 y 1. Para evaluar esta probabilidad se puede utilizar el estado de conservación o mantenimiento de las actividades productivas y la seguridad de las instalaciones o de la actividad¹³. El índice final de peligrosidad (HI) puede variar entre un mínimo de 0 y un máximo de 120, y se agrupa en 5 clases en función de su peligrosidad (Tabla 1).

Actividades de riesgo en la zona

La identificación de actividades de riesgo se realizó mediante revisión documental y entrevistas con informantes clave.

Recopilación de datos existentes sobre calidad del agua de pozos

La empresa responsable del PIC facilitó boletines analíticos de 8 análisis de control de los 4 pozos, incluyendo todos los parámetros contemplados en el RD 140/2003 de aguas de consumo⁸ para este tipo de análisis, y las determinaciones de algunos metales pesados (As, Pb, Cd y Cr). Los análisis fueron efectuados por el Laboratorio CAVENDRISH S.L, acreditado con la norma ISO 17025 y autorizado por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía (nº de autorización A201/I). Las muestras fueron tomadas el 13/04/2009.

2.- Propuesta de rutas de exposición potenciales

La delimitación de las rutas de exposición potenciales se ha efectuado mediante la integración de los datos de los antecedentes del sitio y de los peligros más significativos asociados a las actividades de la zona.

Tabla 1. Índice final de peligro (HI) de contaminación de los acuíferos conforme a modelos SIG. Reproducido de Vías Martínez et al.¹³

Intervalos del HI	Clase de Peligrosidad
(0 - 24)	Muy Baja
(24 - 48)	Baja
(48 -72)	Moderada
(72 - 96)	Alta
(96 - 120)	Muy Alta

3.- Identificación de peligros más significativos

Se llevó a cabo una revisión de la bibliografía existente en relación a peligros más significativos asociados a las actividades presentes y pasadas en la zona. Se utilizaron los descriptores: << Leachate pollution AND landfill>>, <<landfill AND groundwater contamination>>, <<agricultural activity AND groundwater contamination>> aplicados en los campos de búsqueda genérica de PubMed. Asimismo, se buscaron casos prácticos de la metodología ERSP en relación con vertederos y PT-RSU en la Web de la ATSDR⁹. No se realizó una búsqueda exhaustiva de toda la evidencia existente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Estudio de antecedentes del lugar

Características climatológicas

Según la Agencia Andaluza del Agua la media pluviométrica anual para el período 1994-2007 en la zona fue de 1.036,6 l/m². Estos valores son similares a la precipitación media acumulada para el año hidrogeológico 2007-2008 en Los Reales facilitado por el SAIH y cifrada en 1.168 l/m². Se trata pues de una zona con una intensidad de lluvias muy importante que facilitaría el lavado de contaminantes químicos hacia la capa freática. A su vez, esta área se caracteriza por una gran suavidad térmica (9 °C -27 °C) que favorece fenómenos de degradación de diversa naturaleza y el lavado de compuestos tóxicos inicialmente fijados en materiales del suelo o residuos del vertedero⁷.

Estudio hidrogeológico

Geológicamente, el territorio se encuentra enclavado en la Zona Bética de las Cordilleras Béticas. Son formaciones de tipo postorogénico que se sitúan discordantes sobre un sustrato constituido por materiales de los complejos estructurales Alpujárride y Maláguide¹.

La zona hidrogeológica en estudio comprende la masa de agua subterránea 060.040 denominado Acuífero Marbella-Estepona constituido por materiales detríticos del Plioceno y Cuaternario que le confieren un carácter permeable con porosidad primaria intergranular. La recarga se produce mayoritariamente por infiltración de cauces de corto recorrido que vierten al mar (ríos Padrón, Velerón, Guadalmanza, Guadalmina, Guadaiza, Verde y Real) y en menor medida del agua de lluvia. La superficie estimada del acuífero es de unos 80 km², con un aporte medio de 36 hm³/año y una tasa de extracción de 23 hm³/año. Se trata de aguas duras, con un valor medio de CaCO₃ de unos 330 mg/l, mineralización intermedia (con-

ductividad media 545 µS/cm), y facies cloruradas sódicas en sectores próximos al litoral. Las extracciones locales excesivas pueden provocar su salinización por intrusión marina¹.

El índice de peligrosidad de contaminación del acuífero obtenido mediante el empleo del SIG para la zona de estudio fue de 79,2, lo que supone un riesgo alto de contaminación del acuífero (Tabla 1), enfatizando la necesidad de hacer un estudio más en profundidad de las actividades de la zona.

Información demográfica de la zona

Dado que el PIC se encontraba aún en fase de construcción en el momento de desarrollo del presente estudio, la población actual del polígono que podría verse abastecida por el agua procedente de las captaciones en estudio es muy reducida. No obstante, se prevé que en el polígono exista hasta un total de 493 parcelas donde se establecerán algunas industrias alimentarias. Es por tanto de vital importancia el diseño de un plan de control que garantice la salubridad de estas aguas.

Usos del suelo y actividad de la zona

La zona de estudio estaba clasificada como suelo no urbanizable sin protección, siendo reclasificado en el año 2003 a suelo apto para urbanizar de uso industrial. Antes de que se construyera el polígono, era una zona con una orografía complicada y con poca vegetación¹⁴.

La actividad agrícola de la zona es de baja significación, no así la actividad ganadera. La carretera que divide el polígono en dos partes se ha construido sobre la vía pecuaria "vereda de Gaucín a Estepona" a través de la cual se trasladaba el ganado en la época de la trashumancia. Asimismo, existe en las proximidades de las captaciones 2 explotaciones de bovino, 1 explotación equina, 4 explotaciones ovinas (siendo una de ellas de más de 200 cabezas). La peligrosidad de esta actividad en relación a la posible contaminación de suelos, subsuelos y aguas subterráneas no es, sin embargo, tan acusada como la asociada con explotaciones de tipo intensivo donde el volumen de residuos sólidos (estiércol), líquidos (purines) o de tratamientos químicos o farmacéuticos pueden llegar a constituir una importante amenaza. Aún así es importante tenerla en cuenta en la identificación de peligros.

La PT-RSU ubicada en las proximidades (Figura 1) trata alrededor de 240.000 toneladas/año de RSU procedentes de 9 municipios de la Costa del Sol y recicla algo más de 5.000 T/año de envases. En el tratamiento de los RSU se separa la materia orgánica empleada para la elaboración de COMPOST de la fracción denominada rechazo lleva-

da al vertedero controlado. Este vertedero se encuentra impermeabilizado con tres capas de material especial, existiendo además en su base conducciones que recogen los lixiviados que se van formando para conducirlos a un depósito (estos lixiviados son reutilizados posteriormente para humedecer nuevas capas de basura). Para el control de la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas se llevan a cabo análisis trimestrales en tres piezómetros situados aguas arriba y aguas abajo de la planta.

A una distancia aproximada de unos dos kilómetros se encuentra un antiguo vertedero sin ningún tipo de medida de protección sellado hace 10 años por el Ayuntamiento de Estepona. Se desconoce el tipo de material almacenado.

Aunque en la actualidad el PIC no se encuentra en funcionamiento y por tanto la actividad allí desarrollada no es una fuente activa de peligros potenciales que pudieran afectar al agua de los pozos, deberá ser tenida en cuenta en un futuro plan de control y vigilancia.

Datos existentes sobre calidad del agua de pozos

Un resumen de los datos analíticos más significativos del agua de los pozos se muestra en la Tabla 2. De los resultados obtenidos cabe señalar que no se han encontrado niveles que excedan los límites establecidos en la legislación en el caso de metales pesados, nitratos o nitritos, aunque la limitación de los datos no permite descartar totalmente tales peligros. Asimismo, destacan

los valores de conductividad y pH, que vienen a sugerir que los pozos 3 y 4 proceden de un acuífero distinto a los pozos 1 y 2. Los análisis microbiológicos por su parte indican una elevada contaminación que podría estar relacionada con los lixiviados procedentes del vertedero¹⁴, con los vertidos incontrolados de la red de saneamiento de la localidad de Casares o con la actividad ganadera de la zona.

2.- Propuesta de rutas de exposición potenciales

La Tabla 3 recoge un resumen de las vías de exposición más probables. Conforme al contexto que nos ocupa, las fuentes de peligros más relevantes la constituyen los lixiviados de vertederos, en especial el vertedero antiguo clausurado. En menor medida es importante también tener en cuenta las posibles aportaciones a las aguas subterráneas derivadas de la actividad ganadera, destacando el problema de lavado de nitratos (Tabla 4). Se ha encontrado una carga importante de coliformes totales en todos los pozos. Esto sugiere que se deben investigar posibles filtraciones de la red de saneamiento de las poblaciones colindantes.

3.- Identificación de los peligros más significativos

Los peligros más significativos identificados en otros estudios que podrían afectar a la calidad de las aguas de los pozos conforme a las actividades que se dan en la zona, se encuentran resumidos en la Tabla 4. En ella se describen además los posibles efectos en salud relacionados con cada uno de los peligros señalados. Dentro

Tabla 2. Resumen resultados de análisis de control de las aguas de los pozos

Parámetro	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4
E. Coli (u.f.c./100 ml)	50	190	11	50
Enterococos (u.f.c./100 ml)	35	0	6	500
Clostridium perfringes (u.f.c./100 ml)	33	63	99	99
Coliformes Totales (u.f.c./100 ml.)	1.500	1.600	1.600	1000
Colonias a 22° C (u.f.c./100 ml)	290	300	120	500
pH	7,5	7,6	10	8,6
Conductividad (μS/cm)	655	673	313	480

Tabla 3. Evaluación de posibles rutas de exposición que podrían afectar a la población que ocupase el PIC

Actividad de riesgo	Medio afectado	Punto de exposición	Vía-exposición	Población afectada	Tipo de vía
Ganadera (purines y estiércol)	Suelos	Suelos	Oral	Residentes	Presente/pasada/Futura
	Aguas subterráneas	Agua del pozo	Oral	Trabajadores del PIC	Presente/pasada/Futura
Vertedero sellado (principal) y Planta-RSU (menor medida)	Suelos	Suelo (limitado)	Oral /inh	Trabajadores del PIC	Presente/pasada/Futura
	Aguas subterráneas	Agua del pozo	Oral/ inh	Trabajadores del PIC	Presente/pasada/Futura
		Alimentos elaborados con el agua	Oral	Consumidores (distribución dispersa)	Futura

Tabla 4. Identificación de contaminantes de interés que podrían afectar a la salubridad de las aguas de los pozos en el PIC (exposición vía oral) en relación a las actividades de riesgo en el PIC

Peligro potencial	Actividad de riesgo	Efectos en salud
Nitratos y nitritos	Lixiviados vertederos Purines y estiércol actividad ganadera	Metemoglobinemia (mayor riesgo para lactantes y embarazadas)* ¹⁶ Efectos tóxicos sobre la reproducción y potencial carcinogénico** ¹⁷
Metales pesados: Arsénico	Lixiviados vertederos	Muerte a dosis alta; alteraciones cardiovasculares y dérmicas; alteraciones gástricas a dosis bajas* ¹⁸ Cáncer de piel* y diferentes cánceres internos (riñón, hígado, pulmón, y vejiga)** ^{19, 20}
Tetracloroetano ²⁰	Lixiviados vertederos	Disminución de la presión sanguínea y posiblemente pérdida del conocimiento** ²² . Induce tumor hepático en ratas de laboratorio. No clasificado por IARC en cuanto a su carcinogenicidad** ²²
Cloruro de Vinilo ²³	Lixiviados vertederos	Posible daño hepático, renal y pulmonar** ²⁴ Potencialidad de carcinogenicidad no probada** ²⁴

* Efecto en salud probado; ** Efecto en salud en estudio pero no probado

de los metales pesados uno muy preocupante es el arsénico^{18,19,20} pero deberían incluirse otros como mercurio, plomo y níquel.

Otro grupo de peligros comúnmente relacionados con lixiviados de vertederos son los compuestos orgánicos volátiles entre los que destacan compuestos como el 1,1,2,2-tetracloroetano^{21,22} y el cloruro de vinilo^{23,24}. En ambos casos la vía más peligrosa de exposición relacionada con efectos en salud es la vía inhalatoria y no la oral. Pese a ello, ambos contaminantes deben ser incluidos en futuros planes de muestreo y control de la calidad del agua de los pozos.

CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología de ERSP ha permitido a los agentes de control oficial sistematizar la búsqueda

de la mejor evidencia científica para decidir qué peligros podrían afectar a la salubridad de las aguas de las captaciones del PIC, y qué controles deben llevarse a cabo en el futuro.

REFERENCIAS

1. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE)- Junta de Andalucía. Atlas Hidrogeológico de Andalucía. 1998. ISBN: 84-7840-351-5. Disponible en: http://aguas.igme.es/igme/publica/libros1_HR/libro110/lib110.htm. (Acceso 15.05.2010)
2. Zamorano M, Calvo F, Moreno B y Ramos A. Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2007, 11 (1): 98-115
3. WHO, Regional Office for Europe. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of a WHO Workshops. Rome, Italy, 29-30 March 2007 (Edited by: Mitis F, Mar-

- tuzzi M.), Copenhagen, 2007. Disponible en: <http://www.euro.who.int/document/e91021.pdf> (Acceso 11.05.2010)
4. Vrijheid M: Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environ Health Perspect* 2000, 108 (suppl 1):101-112.
 5. Porta D, Milani S, Lazzarino A I, Perucci C and Forastiere F. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environmental Health* 2009, 8:60.
 6. Centro Español de Residuos (CER). Situación presente y futura de los vertederos en la Unión Europea. 2000. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/verteder/verteder.pdf> (Acceso 11.05.2010)
 7. Kjeldsen P, Barlaz MA, Rooker AP, Baun A, Ledin A, Christensen TH. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review. *Critical reviews In Environmental Science and Technology* 2002, 32(4):297-336
 8. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE num. 45 de 21 de febrero.
 9. Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Web en español: http://www.atsdr.cdc.gov/es/es_index.html. Web oficial: <http://www.atsdr.cdc.gov/> (Acceso 11.05.2010)
 10. Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Public Health Assessment Guidance Manual (2005 Update). Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHAMannual/index.html> (Acceso 15.05.2010)
 11. Sistema de Información Geográfica (SigMapa)-Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Disponible en: <http://sig.mapa.es/geoportal/> (Acceso 15.05.2010)
 12. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de medio Ambiente-Junta de Andalucía. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web> (acceso 15.05.2010)
 13. Vías Martínez JM, Perles Roselló MJ, Andreo Navarro B. Cartografía de peligrosidad de contaminación de las aguas subterráneas mediante un SIG. Aplicación al acuífero de la Sierra de Mijas (Málaga). En: Conesa García C, Álvarez Rogel Y, Martínez Guevara JB, editores. Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales: Análisis mediante Tecnología SIG y Teledetección. Universidad de Murcia; 2004. p. 347-360.
 14. Sistema de Información Geográfica de parcelas agrícolas-Junta de Andalucía Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/sigpac/servlet/sigpac> (acceso 15.05.2010)
 15. Jones DRV, Dixon N. Landfill lining stability and integrity: the role of waste settlement. *Geotextiles and Geomembranes* 2005; 23: 27-53
 16. Powlson DS, Addiscott TM, Benjamin N, Cassman KG, de Kok TM, van Grinsven H, L'Hirondel JL, Avery AA, van Kessel C. When does nitrate become a risk for humans? *J Environ Qual*. 2008 Feb 11;37(2):291-5
 17. Manassaram DM, Backer LC, Moll DM. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. *Environ Health Perspect*. 2006 Mar;114(3):320-7.
 18. ATSDR Toxfact sobre arsénico (agosto 2007). Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.pdf (Acceso 16.06.2010)
 19. International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic. Volume 84, 2004
 20. Schuhmacher-Wolz U, Dieter HH, Klein D, Schneider K. Oral exposure to inorganic arsenic: evaluation of its carcinogenic and non-carcinogenic effects. *Crit Rev Toxicol*. 2009;39 (4):271-98.
 21. ATSDR- HC- Miller Bottom road municipal solid waste landfill. Conyers, Rockdale County, Georgia. 2007. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/MillerBottomRd/MillerBottomRoadHC032807.pdf>. (acceso 16.06.2010.2010)
 22. ATSDR Resumen en salud sobre tetracloroetano (septiembre 2008). Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs93.pdf (Acceso 16.06.2010)
 23. Kielhorn J, Melber Ch, Wahnschaffe U, Aitio A, Mangelsdorf. Vinyl Chloride: Still a Cause for Concern. *Environ Health Perspect* 2000, 108:579-588.
 24. ATSDR Resumen em salud sobre cloruro de vinilo (julio 2006). Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs20.pdf (Acceso 16.06.2010)

Higher blood lead levels among children living in older homes in Evansville Indiana: associations between year house built, soil lead levels and blood lead levels among children aged 1-5 years -1998 to 2006

Niveles de plomo elevados en sangre de niños que vivían en casas antiguas de Evansville, Indiana: asociación entre año de construcción de la casa, niveles de plomo en suelo y niveles de plomo en sangre de niños de 1-5 años, entre 1998-2006

Elevados níveis de chumbo no sangue de crianças que vivem em habitações antigas em Evansville, Indiana: associação entre o ano de construção da casa, níveis de chumbo no solo e níveis de chumbo no sangue de crianças de 1-5 anos, entre 1998 - 2006

Diane Jackson, Charles Grosse, Gregory M. Zarus and Lourdes Rosales-Guevara

Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Division of Community Health Investigations. Atlanta

Cita: Jackson D, Grosse C, Zarus GM, Rosales-Guevara L. Higher blood lead levels among children living in older homes in Evansville Indiana: associations between year house built, soil lead levels and blood lead levels among children aged 1-5 years —1998 to 2006. Rev. salud ambient. 2012;12(1):34-45

Recibido: 27 de enero de 2012. **Aceptado:** 20 de mayo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Gregory M. Zarus. Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Division of Community Health Investigations. Department of Health and Human Services: 4770 Buford Highway, (F-59) Atlanta, GA 30341-3717 Correo e.: gzarus@cdc.gov

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Abstract

A total of 18,218 blood lead levels (BLLs) were assessed. The samples from 11,719 children aged 1-5 years in Evansville, Indiana, were obtained on a volunteer basis between 1998 and 2006. In addition, soil lead levels were also evaluated from 35 residential yards that were matched to the addresses of 81 children.

During the study period, both average BLLs and the percentage of elevated BLLs declined. Even so, Evansville's BLLs still remained higher than national levels (median BLLs of 3.0 vs. 1.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$, respectively). From our analysis, living in older houses (presumably containing lead paint) was associated with higher BLLs in children. No clear association was found between higher BLLs and gender or residential soil lead levels.

Keywords: Children, lead, blood lead, leaded paint, environmental health, soil lead levels

Resumen

En este estudio se evaluaron los niveles de plomo en 18.218 muestras de sangre. Las muestras de 11.719 niños de Evansville, Indiana, de edades comprendidas entre 1 y 5 años se obtuvieron de manera voluntaria entre los años 1998 y 2006. Se evaluaron además los niveles de plomo en el suelo de 35 jardines residenciales correspondientes al domicilio de 81 niños.

Durante el periodo de estudio, tanto los niveles de plomo en sangre como el porcentaje de valores elevados para dichos niveles fueron descendiendo. A pesar de ello, los valores de plomo en sangre en Evansville siguieron estando por encima de los nacionales (mediana de niveles de plomo en sangre 3,0 frente a 1,5 $\mu\text{g}/\text{dL}$, respectivamente). Nuestro análisis dio como resultado que vivir en casas antiguas (presumiblemente con pintura que contiene plomo) estaba asociado con niveles más elevados de plomo en sangre en los niños. No se encontró una asociación clara de los niveles elevados de plomo en sangre ni con el género ni con los niveles de plomo en el suelo de los jardines.

Palabras Clave: Niños, plomo, plomo en sangre, pintura que contiene plomo, salud ambiental, niveles de plomo en la tierra

Resumo

Neste estudo avaliaram-se os níveis de chumbo em 18.218 amostra de sangue. As amostras de 11.719 crianças de Evansville, Indiana, de idades compreendidas entre 1 e 5 anos obtiveram-se de forma voluntária entre os anos de 1998 e 2006. Avaliaram-se também os níveis de chumbo na terra de 65 jardins residenciais correspondentes ao domicílio de 81 crianças.

Durante o período do estudo, tanto a média dos níveis de chumbo no sangue como a percentagem de valores elevados para este indicador foram descendo. No entanto, os níveis de chumbo no sangue em Evansville ficaram acima dos valores nacionais (mediana 3,0 vs 1,5, respetivamente). Da análise dos dados obtidos conclui-se que viver em casas mais antigas (presumivelmente contendo tintas com chumbo) está associado à presença de elevados níveis de chumbo no sangue de crianças. Não há uma associação clara entre os níveis elevados de chumbo no sangue e o sexo, a idade e os níveis de chumbo no solo dos jardins residenciais.

Palavras-Chave: crianças, chumbo, chumbo no sangue, tinta com chumbo, saúde ambiental, nível de chumbo no solo.

INTRODUCTION

Although the use of leaded paint in housing was phased out from 1978, it still remains a major source of lead exposure in the United States (U.S.).^{1,2} The main source of lead exposure for children in the U.S. is lead-based paint used in homes prior to that date. Lead contaminated dust and soil, resulting from lead that has settled from leaded paint, gasoline, and stationary sources (e.g., mining and smelting sites, battery manufacturers, and waste treatment plants) are other important sources.^{1,3}

Exposure to lead can cause damage to the nervous, hematopoietic, and renal systems. Children, especially those under 6 years old, are at greater risk of adverse health effects from lead than adults. A child's lower body weight, higher absorption rate, and higher intake rate results in a greater dose of hazardous substance per unit of body weight. Moreover, the developing nervous system of young children is more sensitive to the neurotoxic effects of lead. As a result, a child suffers more damage than an adult exposed to the same amount of lead. Children are also more active. They crawl, play and basically live near the floor or ground where there is a higher chance of being exposed to lead. Children naturally have certain behaviors (e.g., often put toys, pacifiers and fingers in their mouths, eat lead paint chips, chew on toys, and wash hands less frequently) that will increase contact with contaminated soil/dust and soil/dust ingestion.^{4,5}

The Centers for Disease Control and Prevention (CDC) created the Childhood Lead Poisoning Prevention Program (CLPPP) as a result of the Lead Contamination Control Act of 1988. The objectives of CLPPP are to reduce exposures to lead and to eliminate childhood lead poisoning in the U.S. CLPPP developed the Childhood Blood Lead Surveillance System to monitor BLLs in children less than 6 years old in the U.S. Forty-six states currently participate in the surveillance system and report data to the CDC.⁶

Indiana is one of those 46 states participating in the Childhood Blood Lead Surveillance System. The blood lead surveillance data for Evansville Indiana between 1998 and 2006 referring to children aged 1-5 years was used in this study. The surveillance data for Evansville includes information on the year the house was built, which is an indicator of the potential for lead paint to be present in the house. Most homes in Evansville were built before 1978 and probably contain lead-based paint.⁷ However, another possible source of lead exposure in Evansville is widespread soil contamination.⁸

The contaminated soil was discovered in 2002, when the Indiana Department of Environmental Management (IDEM) investigated a former plating facility and found elevated lead concentrations in the soil in urban residential and commercial areas in Evansville. IDEM identified multiple former facilities that may have contributed to the soil contamination. IDEM and the U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) now call the investigation, sampling and removal of contaminated soils, the *Jacobsville Neighborhood Soil Contamination (JNSC)* site (11 square miles),⁸ which is 27% of the city of Evansville's land area (40.7 square miles).⁹

In this study, blood lead levels (BLLs) collected from children in Evansville, Indiana between 1998 and 2006 were evaluated to identify trends, while residential yard soil lead levels and year the house was built were examined to determine their association to BLLs.

METHODS

1.- Data

Blood lead data

The State of Indiana's Blood Lead Poisoning Prevention Program is administered through the Indiana State Department of Public Health and targets children less than 6 years old on a volunteer basis. The State of India-

na requires laboratories to report all results of blood lead tests.¹⁰ After initial data management and analysis, the state health department submits test results annually to the CDC to be included in the Child Blood Lead Surveillance System (CBLS) database (CDC 2003). According to the CDC publication,¹⁰ capillary or venous blood samples are analyzed by a Clinical Laboratory Improvement Amendments (CLIA)-certified facility or with an approved portable instrument. Sample results were measured in $\mu\text{g}/\text{dL}$ and reported as whole numbers (0,1,2,3,...). The minimum BLL value in the dataset was zero.⁶ Zeros in the dataset were substituted for non-detects or for detectable BLLs that were less than 1 $\mu\text{g}/\text{dL}$. BLL was defined as elevated if BLL was $\geq 10 \mu\text{g}/\text{dL}$. Confirmed elevated BLL (EBLL) was defined as a child with one venous blood specimen $\geq 10 \mu\text{g}/\text{dL}$, or any combination of two capillary and/or unknown blood specimens $\geq 10 \mu\text{g}/\text{dL}$ drawn within 12 weeks of each other. Detailed information on childhood lead poisoning prevention programs and surveillance activities can be found at < <http://www.cdc.gov/nceh/lead/default.htm>>.⁶ Information on surveillance data specifications for the CDC Lead Database can be found at < ftp.cdc.gov/pub/environmental_surveillance/Lead/SURVSPEC.rtf>.

Blood-lead testing in Evansville is available free of charge at the Vanderburgh County Health Department clinic. The test is also available through private physicians and healthcare providers. The study examined the BLL data for Evansville, Indiana, for January 1 1998 to December 29 2006.

In the Child Blood Lead Surveillance System, some children were screened in multiple years or even multiple times within a given year. In this study, a child was counted only once for each year. Therefore, confirmed, venous but not confirmed, or the most recent capillary BLLs were all kept in the dataset.

Yard soil lead data

Between 2001 and 2006, three tiers of sampling were performed during the remedial investigation (RI) to characterize the Jacobsville Neighborhood Soil Contamination site in the city of Evansville. The Indiana Department of Environmental Management (IDEM) conducted the first tier of sampling in 2001 to determine if the site should be listed on the National Priorities List (NPL). In years 2004 and 2005, the USEPA conducted the second tier of sampling to define the areal extent of contamination at the site.

For the second-tier sampling, a 250 meter or 500 meter grid sampling design was used to sample soil in

either front or back yards of residential properties, parks, or recreational areas. Five-point composite soil samples were collected, with samples taken at four corners of the yard and one taken in the center. A four-point composite drip zone sample (one sample from the midpoint of each side of the house) was collected at some of the residential sample locations to determine if lead paint may be contributing to the high levels of lead in yard soils. The USEPA used a portable hand-held x-ray fluorescence (XRF) unit for in-field analysis of the samples, and 20% of the samples were sent to a laboratory for verification of the XRF results.

In 2006, after the areal extent of contamination was defined, the USEPA conducted third-tier sampling to define the depth of contamination to be used in the risk assessment. The residential yard soil samples ($n=28$) were collected at depths of 2, 6, 12, and 18 inches, and drip zone soil samples ($n=26$) at depths of 0 to 2 inches. Soil samples ($n=75$) were also collected at depths of 0 to 2 inches below ground surface from potentially high access properties (parks, playgrounds, schools, and day care facilities). The USEPA submitted a portion of the samples to the laboratory to verify the XRF results.⁸

The maximum soil lead concentrations from the third tier of sampling for residential properties were used for this study. Both soil lead concentrations and BLLs were available from 35 residential properties. As more than one child may reside at the same address, for the correlation analysis soil lead levels from 35 residential yards were matched to 81 BLLs from 81 children.

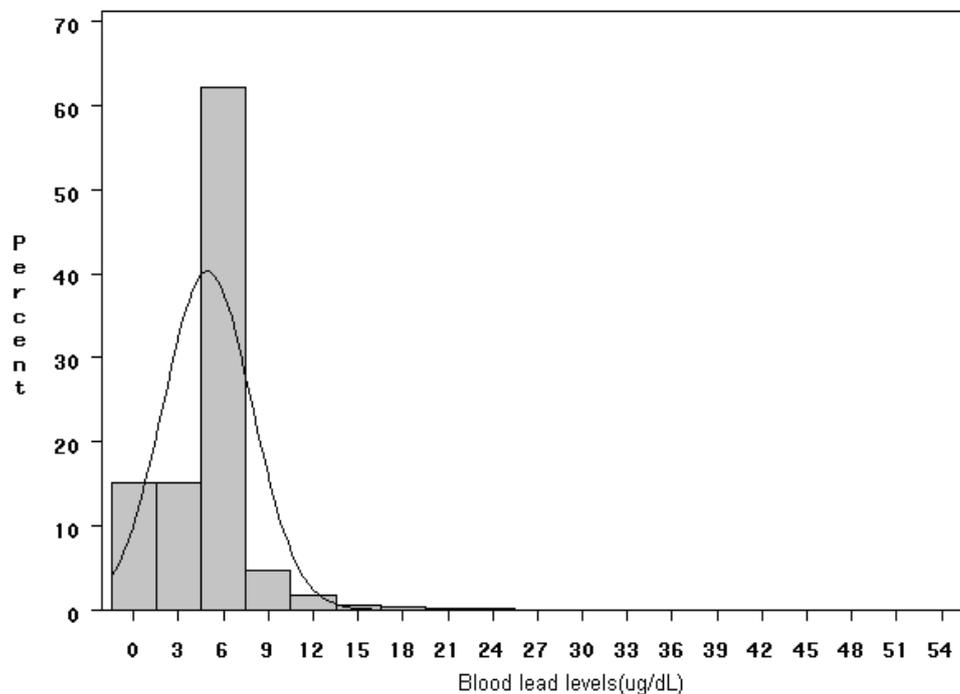
2.- Analysis

SAS statistical software (SAS institute, Inc, release 9.1, Cary, NC) and SAS-callable SUDAAN (Research Triangle Institute, release 9.0, Research Triangle Park, NC) were used for the analysis.

As the data were not normally distributed and the natural log transformation did not normalize the distribution, frequency and percentiles were calculated with asymmetric, distribution free 95% confidence intervals for BLLs and soil lead levels. The distribution of BLLs was compared to the results of the U.S. population aged 1-5 years (NHANES 2001-2002).¹¹ The chi-square test was calculated for equal proportions. Statistical significance was determined by a P-value less than 0.05 or a non-overlapping confidence interval (CI) (i.e., 95%). A non-parametric correlation coefficient (Spearman) was used to examine the association between BLLs and soil lead levels.

Among those with multiple blood lead samples, there was no consistency in the test year and the time interval

Figure 1. Histogram for blood lead levels in children aged 1-5 years. Evansville, Indiana, 1998–2006



between blood lead samples. Therefore, in the analysis, BLLs were assumed to be independent observations, even though some children might have had more than one BLL from 1998 to 2006. Proportional odds models were used to examine the effects of year house built and BLL test years on BLLs. To be used as an outcome variable, BLLs were grouped into three categories, $BLL \geq 10 \mu\text{g/dL}$; $5 < BLL < 10$; and $BLL \leq 5$, based on the natural breaks in the data (Figure 1). Sex, year house built, and BLL test year were used as explanatory variables in the models. Soil lead levels were not included in the model, because the small number of soil lead levels would have limited the number of data points in the model. In addition, a separate proportional odds model was used for those who had BLLs in multiple years to account for the repeated measure effects (Generalized Estimating Equations [GEE] for repeated measures), so as to examine if the association altered. BLL was defined as elevated if BLL was $\geq 10 \mu\text{g/dL}$. Confirmed elevated BLL (EBLL) was defined as a child with one venous blood specimen $\geq 10 \mu\text{g/dL}$, or any combination of two capillary and/or unknown blood specimens $\geq 10 \mu\text{g/dL}$ drawn within 12 weeks of each other.⁶ BLLs were also categorized on the basis of confirmation status. The categories were: BLL elevated ($\geq 10 \mu\text{g/dL}$) and confirmed; BLL elevated but unconfirmed; and BLL not elevated ($< 10 \mu\text{g/dL}$).

Although 23.6 % of the data on “Year (house) Built” were missing, the percentage of older houses (i.e., those built before 1978) was similar to the U.S. Census data for Evansville. According to the Census 2000 Summary File 3 (SF 3), 85% of the structures in Evansville were built before 1979 (U.S. Census Bureau 2000a), whereas 85.9% of the structures in this data set were built before 1978.

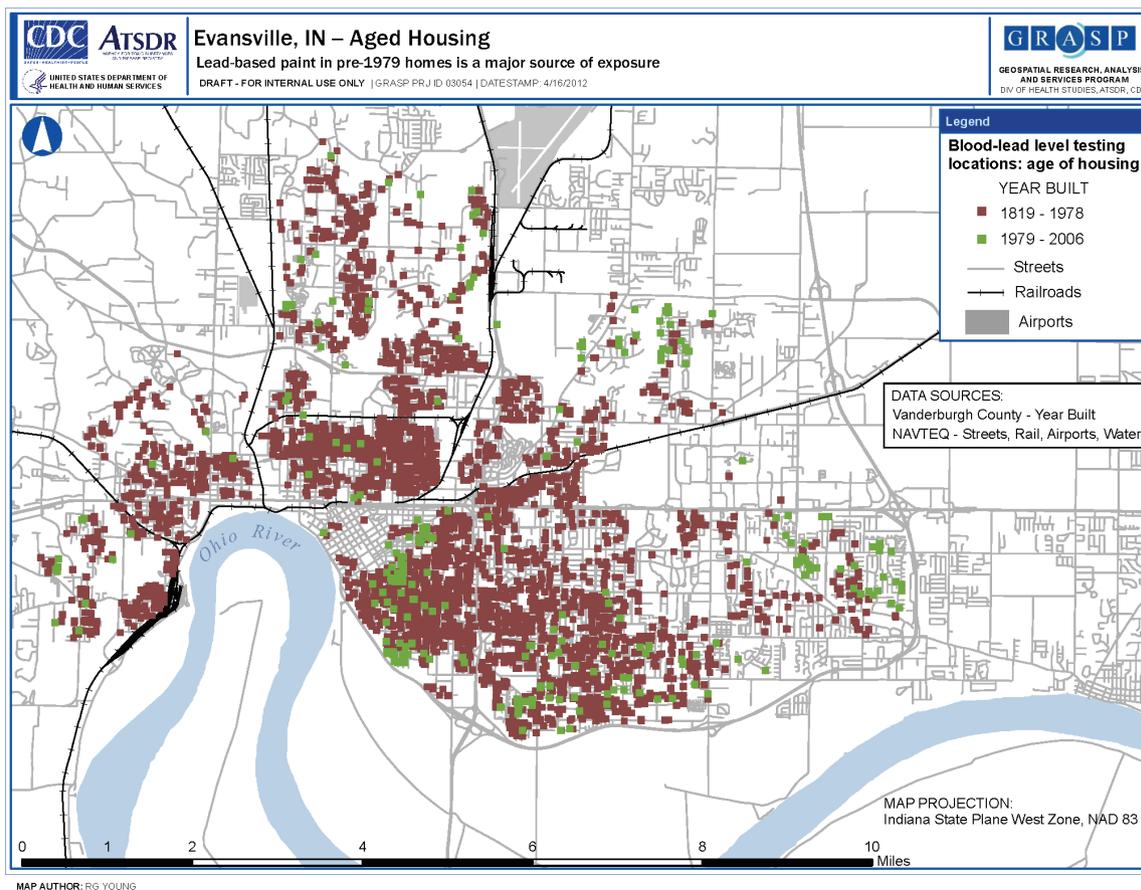
RESULTS

A total of 18,218 BLLs were obtained from 11,719 children aged 1-5 years in Evansville, Indiana; 49.4% of those were girls (Table 1). No association was found between BLLs and gender (Chi-Square: 2.6870; P-value: 0.1012). Of these 11,719 children, 7,720 (65.9%) were tested one time and 3,999 (34.1%) were tested in multiple years. Of these 3,999 children, 2,329 (19.9%) children were tested two times and 1,670 (14.2%) were tested between three to six times (data are not shown in the tables). A total of 18,218 BLLs were in the data set because children who were tested in multiple years would be counted more than once. Due to inconsistent reporting, it was not possible to assess the race/ethnicity distribution of the children tested.

Table 1. Sample characteristics- Evansville, Indiana, 1998–2006

	Number of sample	Percentage	Chi-square test for equal proportions	P-value
Sex			2.6870	0.1012
Boys	9199	50.6		
Girls	8978	49.4		
Year house built			7170.3579	<.0001
Built before 1978	11958	85.9		
Built 1978 or later	1966	14.1		
BLL test year			443.4946	<.0001
1998	2269	12.5		
1999	2367	13.0		
2000	2286	12.6		
2001	2409	13.2		
2002	1947	10.7		
2003	2033	11.2		
2004	1717	9.4		
2005	1727	9.5		
2006	1463	8.0		

Figure 2. Relative Age of the Children’s Homes



Information on the year the house was built was available for 76.4% of the 18,218 BLLs and a large percentage (85.9%) of the 11,719 children lived in houses built before 1978. The relative age of the homes of the children from whom blood samples were collected is presented in Figure 2.

The number of children tested declined during the study period. Although the estimated population (ages 0-5 years) for Evansville remained stable, the number of children tested dropped from 12.5% in 1998 to 8.0% in 2006. The differences were statistically significant (Table 1).

Blood lead trends

Overall, BLLs for the children tested in Evansville were higher than BLLs for the same age group in the U.S. population (2001-2002). Median BLLs (2004-2006) in Evansville (3.0 µg/dL; 95% CI: 3.0-3.0) were twice the median BLLs for the U.S. children aged 1-5 years (1.5 µg/dL; 95%

CI: 1.4-1.7) (Table 2).

The majority (96.1%) of the Evansville BLLs were not elevated (< 10 µg/dL). At least half of the BLLs (52.8%) were between 6 and 10 µg/dL; 28.5% were between 1 and 5 µg/dL; 14.8% were less than Limit of Detection (LOD); and 3.9% were ≥10 µg/dL (Table 3). Location of BLLs ≥10 µg/dL (elevated) vs. BLLs <10 µg/dL are shown in Figure 3. Statistical associations are detailed below.

Overall, BLLs declined during the study period. The percentage of elevated BLLs was lower during the later years (2000-2006, range: 1.6-3.6%) than during the earlier years (1998, 1999, range: 6.3-8.0%). The percentage of BLLs ≤5 was higher during the later years (2004-2006, range: 89.2-91.2%) than during the earlier years (1998-2003, range: 1.3-74.0%). The percentage of BLLs greater than 5 and less than 10 µg/dL was significantly lower during the later years (2004-2006, range: 5.7-8.2%) than during the earlier years (1998-2003, range: 18.0-95.1%) (Table 4 and Figure 4).

Table 2. Selected percentiles of blood lead levels (BLLs) (µg/dL) among children aged 1-5 years — Evansville, Indiana, 1998–2006

	Sample size	Minimum-Maximum (µg/dL)	25 th (95% CI) (µg/dL)	50 th (95% CI) (µg/dL)	75 th (95% CI) (µg/dL)	90 th (95% CI) (µg/dL)	95 th (95% CI) (µg/dL)
BLLs in Evansville (1998-2006)	18,218	0.0-55.0	3.0 (3.0-3.0)	6.0 (6.0-6.0)	6.0 (6.0-6.0)	7.0 (7.0-7.0)	9.0 (9.0-9.0)
BLLs in Evansville (2004-2006*)	4907	0.0-38.0	0.0 (0.0-0.0)	3.0 (3.0-3.0)	3.0 (3.0-3.0)	5.0 (5.0-6.0)	8.0 (7.0-8.0)
BLLs in the U.S. (NHANES 2001-2002)	898	—	—	1.5 (1.4-1.7)	2.5 (2.2-2.8)	4.1 (3.4-5.0)	5.8 (4.7-6.9)

* time period with low BLLs.

Table 3. BLL percentages by category among children tested aged 1-5 years - Evansville, Indiana, 1998–2006

	Sample size	Percentage (%)	Chi-Square	P-value
BLLs (µg/dL)			9725.7747	<0.0001
BLL ≥10 (elevated)	710	3.9		
6 ≤ BLL <10	9619	52.8		
1 ≤ BLL ≤5	5194	28.5		
BLL= LOD	2695	14.8		
BLL <10	17508	96.1		
BLL ≥10 vs. BLL <10			32585.4337	<0.0001
Confirmation status			2.4845	0.1150
Elevated BLL, confirmed	334	1.8		
Elevated BLL, unconfirmed	376	2.1		

Figure 3. Location of Homes of Children’s Blood Lead Samples and BLL ≥10 µg/dL

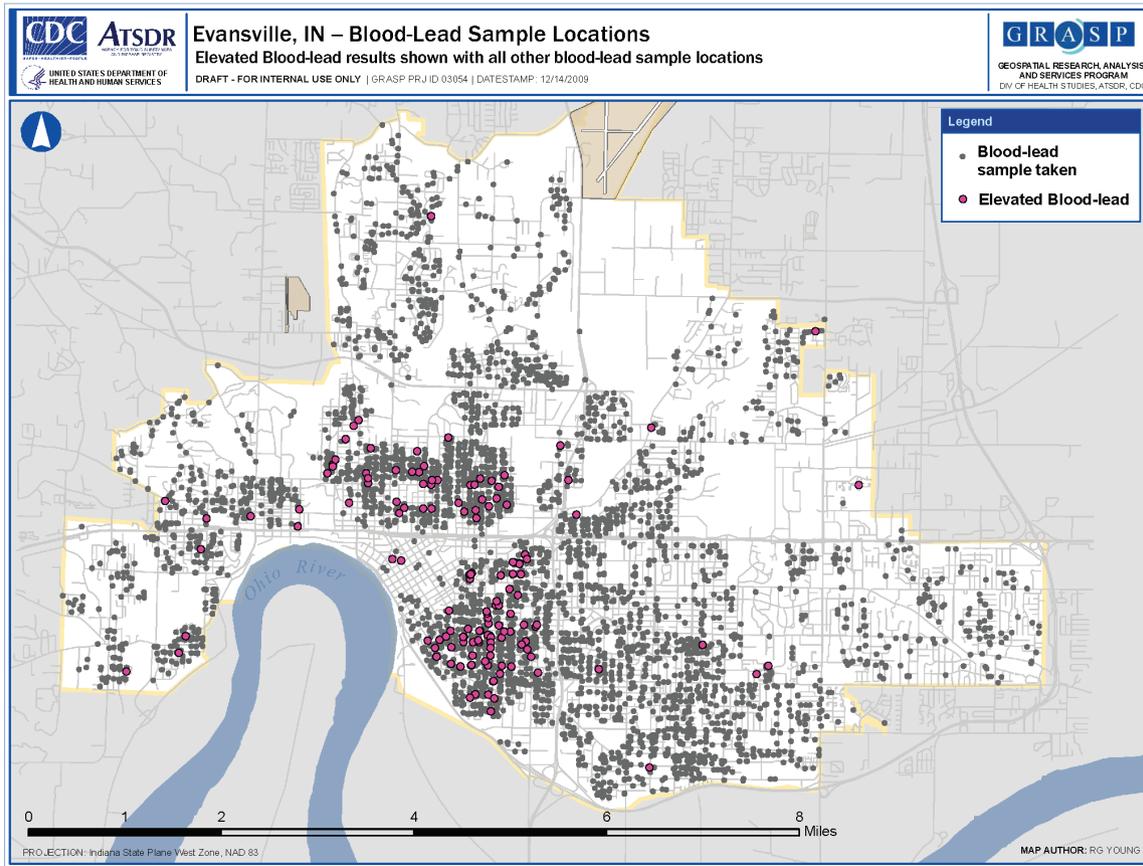


Table 4. BLL percentages by category, confirmation status, and year among children tested aged 1-5 years — Evansville, Indiana, 1998–2006

Year	BLL ≤5 µg/dL % (95% CI)	5.0<BLL<10 µg/dL % (95% CI)	BLL ≥10 µg/dL (Elevated) % (95% CI)	Confirmed elevated BLL % (95% CI)	Unconfirmed elevated BLL % (95% CI)
Total	43.3 (42.6-44.0)	52.8 (52.1-53.5)	3.9 (3.6-4.2)	1.8 (1.7-2.0)	2.1 (1.9-2.3)
1998	74.0 (72.2-75.8)	18.0 (16.5-19.6)	8.0 (6.9-9.2)	2.6 (2.0-3.3)	5.4 (4.5-6.4)
1999	21.4 (19.8-23.1)	72.2 (70.4-74.0)	6.3 (5.4-7.4)	2.4 (1.9-3.1)	3.9 (3.2-4.8)
2000	1.3 (0.9-1.8)	95.1 (94.2-96.0)	3.6 (2.9-4.4)	1.5 (1.1-2.1)	2.1 (1.6-2.7)
2001	4.2 (3.5-5.1)	92.6 (91.5-93.6)	3.2 (2.6-4.0)	1.5 (1.1-2.1)	1.7 (1.2-2.3)
2002	2.7 (2.0-3.5)	95.0 (94.0-95.9)	2.3 (1.7-3.1)	1.7 (1.2-2.4)	0.6 (0.4-1.1)
2003	53.8 (51.6-56.0)	43.4 (41.2-45.6)	2.8 (2.2-3.6)	1.7 (1.2-2.4)	1.1 (0.7-1.6)
2004	90.4 (88.9-91.7)	8.0 (6.8-9.4)	1.6 (1.1-2.3)	1.3 (0.9-1.9)	0.3 (0.1-0.7)
2005	89.2 (87.6-90.6)	8.2 (7.0-9.6)	2.6 (2.0-3.5)	1.7 (1.2-2.5)	0.9 (0.5-1.4)
2006	91.2 (89.6-92.5)	5.7 (4.6-7.0)	3.1 (2.4-4.2)	1.8 (1.2-2.6)	1.4 (0.9-2.1)

Figure 4. Percentage of BLL >5 µg/dL in children aged 1-5 years — Evansville, Indiana, 1998–2006

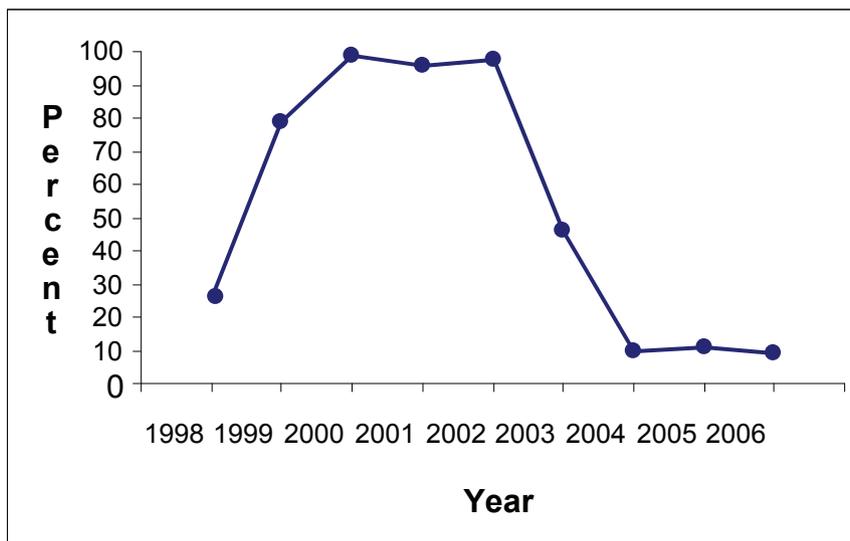


Table 5. Multivariate analysis of the association between BLLs and BLL-related factors among children tested aged 1-5 years — Evansville, Indiana, 1998–2006

	Model I [†] Adjusted Odds Ratio (95% CI)	Model II [†] Adjusted Odds Ratio (95% CI)	Model III [§] Adjusted Odds Ratio (95% CI)
Sex			
Boys [¶]	1.0	1.0	1.0
Girls	0.9 (0.8-1.0)	1.0 (0.8-1.4)	0.8 (0.7-1.1)
Year house built			
Built before 1978	5.5 (3.4-8.9) ^{§§}	4.7 (2.2-10.1) ^{§§}	4.0 (2.3-6.8) ^{§§}
Built 1978 or later [¶]	1.0	1.0	1.0
BLL test year			
1998 [¶]	1.0	1.0	1.0
1999	0.9 (0.7-1.1)	0.7 (0.5-1.1)	0.9 (0.7-1.1)
2000	0.5 (0.4-0.7) ^{§§}	0.4 (0.2-0.7) ^{††}	0.5 (0.4-0.7) ^{§§}
2001	0.4 (0.3-0.6) ^{§§}	0.3 (0.1-0.5) ^{§§}	0.5 (0.3-0.7) ^{§§}
2002	0.3 (0.2-0.5) ^{§§}	0.1 (0.0-0.3) ^{§§}	0.4 (0.2-0.6) ^{§§}
2003	0.4 (0.3-0.5) ^{§§}	0.2 (0.1-0.4) ^{§§}	0.4 (0.2-0.6) ^{§§}
2004	0.2 (0.1-0.3) ^{§§}	0.1 (0.0-0.2) ^{§§}	0.2 (0.1-0.4) ^{§§}
2005	0.3 (0.2-0.5) ^{§§}	0.2 (0.1-0.3) ^{§§}	0.4 (0.2-0.6) ^{††}
2006	0.4 (0.3-0.6) ^{§§}	0.3 (0.2-0.6) ^{§§}	(0.3-0.9) ^{††}

*a proportional odds model (generalized estimating equations [GEE]), under the assumption of independent working correlations and using a robust variance estimator (Zeger method). Data: all data points, ignoring the effects of multiple measurement (n=18,218 BLLs).

[†]a proportional odds model (generalized estimating equations [GEE]), under the assumption of independent working correlations and using a robust variance estimator (Zeger method). Data: children with a single BLL (n=7720 BLLs).

[§]a proportional odds model (generalized estimating equations [GEE]) for repeated measures, using a robust variance estimator (Zeger method). Data: 3999 children who had BLLs in multiple years (n=10,498 BLLs).

[¶]Reference levels.

^{††}p<0.05; ^{†††}p<0.01; ^{§§}p<0.0001 for t-test regression coefficient=0.

Examining the confirmation status, overall, 1.8% of BLLs were elevated and confirmed, and 2.1% were elevated but not confirmed (Table 4). The difference between elevated/confirmed and unconfirmed was not statistically significant (Chi Square 2.4845; P-value 0.1150). Although the differences were not statistically significant, confirmation of elevated BLLs in Evansville has improved over time and the percentage of unconfirmed elevated BLLs significantly decreased from 5.4% (4.5-6.4) in 1998 to 1.4% (0.9-2.1) in 2006 (Table 4).

Qualitatively, similar results were obtained from the multivariate logistic regression analysis, irrespective of assumption of independent observations (Model I-III). The proportional odds of increasing BLLs in later years were significantly lower than for the earlier years (Table 5).

BLLs versus yard soil lead concentrations and year house was built

The association between soil lead levels and BLLs was examined on a subset of the BLL data. Soil lead levels from 35 residential yards were matched to 81 BLLs from 81 children. The yard soil concentrations ranged from 0

to 10,527 parts per million (ppm). No association was observed between BLLs and soil lead levels (Spearman correlation coefficients: 0.05792; P-value: 0.6075) (Table 6).

No statistically significant difference was found between the distributions of soil lead levels where BLLs were elevated ($\geq 10 \mu\text{g/dL}$) and soil lead levels where BLLs were not elevated. Where BLLs were elevated, 95% coverage was not obtained for the 90th and 95th percentiles, due to insufficient soil lead data (Table 7).

Finally, examining the association between the year the house was built and BLLs on 13,924 observations, living in older houses was associated with elevated BLLs. The result from all three models indicates that children living in houses built before 1978 were at least 4.0 times as likely to have high BLLs than those children living in houses built in 1978 or later (95%CI=2.3-6.8) (Table 5). Overall, 85.9% of the children tested in Evansville lived in housing built before 1978, while 14.1% lived in newer housing. In addition, 97.1% of the children with elevated BLLs lived in housing built before 1978, while only 2.9% lived in newer housing (Odds Ratio (OR)=5.7; 95% CI: 3.5-9.2) (data are not shown in the tables).

Table 6. Correlation between blood lead levels (BLL) and yard soil lead levels (ppm), where both soil and blood lead levels were available — Evansville, Indiana

Year	Number of observations in the analysis	Spearman correlation coefficient (r)	P-value (r)
1998-2006	81	0.05792	0.6075
2005-2006*	14	-0.14060	0.6316
2006 [†]	7	0.40825	0.3632

*Data from the two most recent years were used to increase statistical power (number of soil lead levels in correlation analysis). [†] Soil lead levels were obtained in 2006.

Table 7. Selected percentiles of soil lead concentrations (ppm), where BLLs were available — Evansville, Indiana

	Sample size	Minimum-Maximum	25 th (95% CI)	50 th (95% CI)	75 th (95% CI)	90 th (95% CI)	95 th (95% CI)
Soil lead levels	81	0- 10,527	422 (83-705)	1391 (764-1864)	2198 (2046-2394)	3037 (2394-7004)	7004 (3037-10527)
Where BLLs $\geq 10 \mu\text{g/dL}$	10	0-2,394	791 (0-2394)	2046 (448-2394)	2046 (0-2394)	2394 (0-2394) ^a	2394 (0-2394) ^b
Where BLLs $< 10 \mu\text{g/dL}$	71	0-10,527	273 (83-705)	1076 (764-1827)	2336 (1864-2394)	4854 (2394-7004)	7004 (3037-10527)

^a 65.1% confidence interval. 95% CI could not be calculated because of small sample size.

^b 40.1% confidence interval. 95% CI could not be calculated because of small sample size.

DISCUSSION

BLLs declined during the study period. This was similar to the decline in BLLs throughout the U.S.^{10,11} The decline in BLLs in the U.S. population, as well as in this study population, probably resulted from the banning, since the late 1970s, of the use of lead in gasoline, household paint, food and drink cans, and plumbing systems. In addition, the coordinated efforts by state, local, and non-governmental organizations may have contributed to this decline (e.g., childhood lead poisoning-prevention programs and lead paint-abatement programs). Despite the overall decline in BLLs in recent years (2004-2006), half of the BLLs in this study were 3.0 µg/dL or above, which is higher than median BLLs for U.S. population aged 1-5 years (1.5 µg/dL; NHANES 2001-2002) (CDC 2005). About 3.9% of the children tested in Evansville had elevated levels (BLL ≥10 µg/dL) compared to an estimated 2.2% of the U.S. population.¹⁰

BLL testing in Evansville has declined during the study period. Voluntary testing has dropped by about 5% over this nine-year period, although the population (ages 0-5 years) for Evansville, Indiana, has remained stable. This is a concern for an area that needs further monitoring, because the BLLs are higher than the national average, and there is no known threshold for adverse health effects from exposure to lead.¹⁰⁻¹⁴

The results of this study indicate that most BLLs were higher than the national average. This may indicate a common lead source among the study population. The main source of lead exposure for children in the U.S. is lead-based paint. Other important sources include lead contaminated soil resulting from deteriorating or disturbed lead-based paint or due to lead that has settled from leaded paint, gasoline, and stationary sources (e.g., mining and smelting sites, battery manufacturers, and waste treatment plants).¹ A review of the environmental lead sources for Evansville indicated that lead paint is probably present in the majority of Evansville's housing, as 85.9% of the structures were built before leaded-paint was banned in 1978.⁷ Lead exposure was evaluated from soil, groundwater, surface water, and sediment samples by the USEPA for the Jacobsville Neighborhood Soil Contamination (JNSC) site in the city of Evansville, Indiana. The USEPA established that only the soil posed a health risk.⁸ Between 2005 and 2007, lead in Vanderburgh County's ambient air was much lower (0.01 µg/m³) than the primary standards established in the National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) (1.5 µg/m³).¹⁵ No information was available on lead in indoor dusts.

The findings from this study indicate a strong asso-

ciation between BLLs and the year the house was built (i.e., possible exposure to leaded paint). Children living in older housing (i.e., built before 1978) in Evansville were almost six times as likely to have elevated BLLs (≥10 µg/dL) than children living in newer housing (OR=5.7; 95% CI: 3.5-9.2). This finding is comparable with previously published studies.^{16,17} Lead remains a hazard in homes built before 1978, especially for children aged 1-5 years, because of their physiological characteristics (e.g., better absorption, having relative large surface area to body weight resulting in a greater dose of hazardous substance per unit of body weight) and behavioral characteristics (e.g., children often put toys, pacifiers and fingers in their mouths, eat lead paint chips, chew on toys, and wash their hands less frequently).

Contrary to the findings from previously published studies,^{18,19} in this study, residential soil lead levels were not associated with BLLs. According to the USEPA reports, the likely sources for the lead in soil from the Jacobsville Neighborhood Soil Contamination (JNSC) site came from industries closed in the 1940s and 1950s: Blount Plow Works (operated from the 1880s to about the 1940s), Advance Stove Works (operated from approximately the 1900s to the 1950s), Newton-Kelsay (operated from approximately the 1900s to the 1950s), and Sharpes Shot Works (operated from 1878 to an unknown date).⁸ The lack of association between BLLs and soil lead levels might be due to lead becoming less bioavailable as it gets more bound to the soil matrix over time (ATSDR 2007). Lead that is highly bound to the soil can be remobilized if the soils are unusually disturbed or undergo a chemical reaction (e.g., an acid or solvent spill) and, therefore, can still present an exposure hazard.²⁰ Another reason for the lack of association between BLLs and soil lead levels might be the community's awareness of the soil lead contamination because of USEPA's remedial intervention activities in the study area. As a result, parents may adopt behaviors to reduce indoor dust that originates from outside and, also, may not allow their children to play in the yard. All these factors would reduce the lead exposure from soil.

Indoor dust sampling may be key to determining the source for Evansville's higher BLLs. As lead dust can be generated from both deterioration of leaded paint and contaminated soils blown or tracked indoors on shoes or pets, sampling dust and determining the primary lead source may help to provide meaningful information for reducing BLLs in Evansville. The findings from this study indicate that there is an association between living in older houses and elevated BLLs, and that no association was found between soil lead levels and BLLs. If most of the lead exposure is from indoor paint, removal

of lead contaminated soils alone will not help to reduce Evansville's BLLs.

The strength of this study is that it is based on a large BLL data set collected over several years, and that it included the variables yard soil lead levels and the year the house was built. This allowed BLL trends to be reviewed, while examining the residential yard soil lead levels, year the house was built, and their association to BLLs.

However, the findings in this study are subject to at least three limitations. First, the BLLs were collected on a volunteer basis, which makes this a convenience sample vs. a sample with a known survey design (e.g., probability sampling). Because this study is not based on a known sampling design, its findings may not be generalized to all of the children aged 1 to 5 years in Evansville. Second, while a large percentage (85.9%) of the children in the study lived in houses built before 1978 and age of home had a significant association with BLLs, other lead sources outside the focus of the study, such as lead in the diet and consumer goods might also account for the differences between the levels in Evansville and those reported nationally. Finally, other factors not studied, such as the time between the blood sample taken and recent contact with soil in the yard, indoor dust levels and knowledge about the possible exposure to lead from lead contaminated soil might have affected the association between BLLs and soil lead levels.

CONCLUSION

BLLs for the children tested in Evansville, Indiana were higher than BLLs for the same age group in the U.S. population. In our analysis, living in older houses, which presumably have lead-containing paint, was associated with higher BLLs in children. No clear association was found between higher BLLs and gender or residential soil lead levels. However, given the limitations of the study, it cannot be ruled out that the lead contaminated soil may present an exposure hazard.

The decline in the number of children tested each year indicates the need for continued targeted outreach. Local health agencies should promote activities to prevent lead exposure, such as informing the public on the identification and proper removal of lead paint. Health officials can also emphasize the need for a well balanced diet, including foods rich in iron, calcium, zinc, and L-ascorbate (vitamin C) to help to reduce the amount of lead absorbed.

ACKNOWLEDGEMENT

We want to acknowledge Hatice Zahran for her assistance with the statistical analysis.

REFERENCES

- Levin R, Brown MJ, Kashtock ME, Jacobs DE, Whelan EA, Rodman J, et al. 2008. Lead exposure in U.S. Children: implications for prevention. *Environ Health Perspect.* 2008; 116:1285–1293 (2008). doi:10.1289/ehp.11241 available via <http://dx.doi.org/> [Online 19 May 2008]. [Accessed 26 January 2009]
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2009. Lead in Paint, Dust, and Soil. Available: <http://www.epa.gov/lead/index.html>. [Accessed on 20 January 2009].
- Jackson D, Zahran H, Zarus G, 2009. Review of soil lead near hazardous waste sites and blood lead levels in people living near them, National Environmental Public Health Conference. March 2009.
- Bearer CF. How Are Children Different from Adults? *Environ Health Perspect.* 1995; 103 (suppl 6):7-12.
- NRC (National Research Council), Board on Environmental Studies and Toxicology (BEST). 1993. Measuring lead exposure in infants, children, and other sensitive populations. Washington, DC: National Academy Press.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention), National Center for Environmental Health (NCEH). 2008. The CDC Childhood Lead Poisoning Prevention Program (CLPPP). Available: <http://www.cdc.gov/nceh/lead/default.htm>. [Accessed on 02 January 2009].
- U.S. Census Bureau, American Fact Finder. 2000a. QT-H7. Year Structure Built and Year Householder Moved Into Unit: 2000. Data Set: Census 2000 Summary File 3 (SF 3) - Sample Data for Evansville city, Indiana. Available: http://factfinder.census.gov/servlet/QTTable?_bm=y&-geo_id=16000US1822000&-qr_name=DEC_2000_SF3_U_QTH7&-ds_name=DEC_2000_SF3_U. [Accessed on 09 January 2009].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2008a. Jacobsville Neighborhood Soil Contamination Site, Evansville, Vanderburgh County, Indiana, Record of Decision, United States. Available: <http://www.epa.gov/region5/sites/jacobsville/pdfs/rod200802.pdf>. [Accessed on 20 January 2009].
- U.S. Census Bureau, American Fact Finder. 2000b. Indiana. Geographic Comparison Table. GCT-PH1. Population, Housing Units, Area, and Density: 2000. Data Set: Census 2000 Summary File 1 (SF 1) 100-Percent Data. Available: http://factfinder.census.gov/servlet/GCTTable?-geo_id=04000US18&-mt_name=DEC_2000_SF1_U_GCTPH1_ST7&-ds_name=DEC_2000_SF1_U. [Accessed on 09 February 2009].
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Surveillance for Elevated Blood Lead Levels Among Children --- United States, 1997—2001. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2003; Surveill Summ 52(SS10):1-21. Available: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5210a1.htm>. [Accessed on 22 January 2009].
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Third National

- 
- Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. 2005. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. Available: <http://www.cdc.gov/exposurereport>. [Accessed on 08 January 2009].
12. Canfield RL, Henderson CR, Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP. Intellectual Impairment in Children with Blood Lead Concentrations below 10 µg per Deciliter. *N Engl J Med*. 2003; 348:1517-26.
 13. Schwartz J, Otto DA. Blood lead, hearing thresholds, and neurobehavioral development in children and youth. *Archives of environmental & occupational health*. 1987; 42(3):153 -60.
 14. Bellinger DC, Stiles KM, Needleman HL. Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: a long-term follow-up study. *Pediatrics*. 1992; 90(6):855-61.
 15. USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2008b. Air trends: Air Quality Monitoring Information. Available: <http://www.epa.gov/air/airtrends/factbook.html>. [Accessed on 26 January 2009].
 16. Kim DY, Staley F, Curtis G, and Buchanan S. Relation between Housing Age, Housing Value, and Childhood Blood Lead Levels in Children in Jefferson County, Ky. *D. Y. American Journal of Public Health*. 2002; 92(5):769-70.
 17. Pirkle JL, Kaufmann RB, Brody DJ, Hickman T, Gunter EW, Paschal DC. Exposure of the US population to lead, 1991-1994. *Environ Health Perspect*. 1998;106:745-750.
 18. Ranft U, Delschen T, Machtolf M, Sugiri D, Wilhelm M. Lead concentration in the blood of children and its association with lead in soil and ambient air--trends between 1983 and 2000 in Duisburg. *J Toxicol Environ Health A*. 2008;71(11-12):710-5.
 19. Mielke HW, Dugas D, Mielke PW, Jr., Smith KS, and Gonzales CR. Associations between soil lead and childhood blood lead in urban New Orleans and rural Lafourche Parish of Louisiana. *Environ. Health Perspect*. 1997;105:950-954.
 20. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2007. Toxicological profile for lead. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>. [Accessed on 3 February 2009].

Sistema de seguridad para elaborar nanopartículas de carbono a escala de laboratorio

Safety system for the production of carbon nanoparticles on a laboratory scale

Sistema de segurança para elaborar nanopartículas de carbono à escala laboratorial

Dania Soguero González¹, Jorge Castillo Álvarez² y Luis Felipe Desdín García¹

(1) Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). La Habana, Cuba.

(2) Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). La Habana, Cuba

Cita: Soguero-González D, Castillo-Álvarez J, Desdín-García LF. Sistema de seguridad para elaborar nanopartículas de carbono a escala de laboratorio. Rev. salud ambient. 2012;12(1):46-51

Recibido: 17 de enero de 2012. **Aceptado:** 21 de mayo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Dania Soguero González. Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Calle 30 No. 502, Esq. 5ta Ave, Miramar, La Habana, Cuba. P.O.B. 6122, www.ceaden.cu, Tel: 53 – 7 – 2023139, Fax: 53 – 7 – 2021518. Correo e: sdania@ceaden.edu.cu

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumen

Las nanopartículas de carbono (NPC) han sido de las más utilizadas, debido a sus propiedades. Muchas de estas propiedades que hacen tan útil a las NPC también pueden hacerlas tóxicas para las células y el organismo y por lo tanto deben ser manipuladas con precaución. El Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN) está desarrollando un programa de investigación que incluye la síntesis NPC usando el método de descarga de arco sumergida en agua. En este trabajo se describe el sistema de nanoseguridad implementado en los laboratorios del CEADEN para el desarrollo de las mejores prácticas con NPC. Dicho sistema se construyó sobre la base de un análisis de seguridad. Se usó el método ¿Qué pasa si? y un procedimiento que emplea un árbol de decisiones que permite clasificar los laboratorios en clases de acuerdo a niveles de peligrosidad. Se identificaron los peligros de importancia significativa. Para la estimación del riesgo de estas se construyó una matriz Probabilidad/Consecuencia, donde se reflejó el riesgo asociado a cada uno de los eventos analizados y se clasificó en las categorías de alto, medio y bajo riesgo. Finalmente, se procedió a implementar las medidas de protección personal, técnicas y organizativas definidas a partir del análisis de riesgo efectuado en forma de procedimientos.

Palabras Claves: nanotecnología, nanopartículas, seguridad, prácticas, laboratorio

Abstract

Carbon nanoparticles (CNPs) are among the most extensively used nanoparticles, because of their unique and superior properties. However, many of the properties that make CNPs so useful can also make them toxic to cells and organisms and, therefore, they should be treated with caution. The Center for Technological Applications and Nuclear Development (CEADEN) is currently carrying out a research program that includes synthesis of CNPs using submerged arc discharge in water. This article describes the nanosafety system implemented in the laboratories of CEADEN to promote the best practices with CNPs. This system has been based on a prior safety analysis. The 'What if' method was used in combination with decision tree analysis to classify laboratories according to relative danger levels, so-called biological safety levels. The significantly important dangers were identified. Risk assessment of these dangers was undertaken using a Probability/Consequence matrix that reflected the risk associated with each of the events analyzed, which were then classified into three categories of high, medium and low risk. Finally, the protective, technical and organizational measures defined from the risk analysis were implemented in the form of safety procedures.

Keywords: nanotechnology, nanoparticles, safety, practices, laboratory

Resumo

As nanopartículas de carbono (NPC) têm sido das mais utilizadas, devido às suas propriedades. Muitas destas propriedades que as tornam tão úteis também as podem tornar tóxicas para as células e para o organismo e por isso devem ser manipuladas com precaução. O Centro de Aplicações Tecnológicas e Desenvolvimento Nuclear (CEADEN) tem em curso um projeto de investigação

que inclui a síntese de NPC usando o método de descarga de arco submergida em água. Neste trabalho descreve-se o sistema de nanosegurança implementado nos laboratórios do CEADEN para o desenvolvimento das melhores práticas com NPC. O referido sistema foi elaborado tendo como base uma análise de segurança. Aplicou-se o método "What If?" e um procedimento que utiliza uma árvore de decisão para a classificação de laboratórios em classes de acordo com os níveis de perigo. Identificaram-se os perigos de importância significativa. Para a estimativa do risco construiu-se uma matriz probabilidade/consequência, onde se refletiram os riscos associado a cada um dos eventos analisados sendo classificados nas categorias de alto, médio e baixo risco. Finalmente, procedeu-se à implementação das medidas de proteção pessoal, de engenharia e organizacionais definidas a partir da análise de riscos na forma de procedimentos.

Palavras-chave: nanotecnologia, nanopartículas, segurança, práticas, laboratório

INTRODUCCIÓN

Las nanociencias están entre las áreas de investigación de crecimiento más vertiginoso debido a sus potenciales aplicaciones. Sin embargo, muchas de las propiedades que hacen útiles a los nanomateriales pueden, de igual forma, constituir fuentes potenciales de riesgos¹. Estos se relacionan con la toxicidad, reactividad química, incendio y explosión².

A escala nanométrica se manifiestan fenómenos de naturaleza cuántica que difieren notablemente de los observados a escala macro. La toxicidad de los nanomateriales depende de las concentraciones, dimensiones, formas, cristalinidad, agregación, química superficial y tipo de célula con la que interactúan³, por lo que su evaluación requiere un análisis casuístico.

Desafortunadamente, los datos referentes a la nanotoxicidad son aún escasos, con frecuencia controversiales y el número de nuevos tipos de nanomateriales crece rápidamente. Por otra parte, aún son pocas las regulaciones o estándares de que se dispone para evaluar sus efectos toxicológicos⁴. También existen dudas de si los test diseñados para evaluar una sustancia en estado microscópico resultan apropiados para iguales fines cuando esta se encuentra en estado nano⁵. En este escenario, resulta prudente considerar que todos los nanomateriales pueden ser potencialmente dañinos a menos que se obtenga la información suficiente para probar lo contrario⁶.

Entre los nanomateriales más promisorios se encuentran los nuevos alótropos del carbono. El descubrimiento del C₆₀ fue el primer paso⁷ en el conocimiento de nuevas nanoestructuras carbonáceas. Esta familia ha seguido creciendo con los descubrimientos de los nanotubos de paredes múltiples⁸ (MWNT), nanotubos de pared simple⁹ (SWNT), nanocebollas¹⁰ (CNO), nanocuernos de pared simple¹¹ (SWNH) y otras nanopartículas. Dichas nanoestructuras han sido también dotadas de función, derivadas e incluidas en numerosos productos sintéticos compuestos (*composites*). Tales nanomateriales exhiben

potenciales aplicaciones en variados campos de la actividad humana¹²⁻¹⁷. Sin embargo, también se han reportado estudios que indican algunos efectos adversos como resultado de la exposición a estos¹⁸⁻²⁰.

Existen variados procedimientos de síntesis de nanopartículas de carbono^{21,22} (NPC). Todos ellos entrañan riesgos de exposición por inhalación, contacto dérmico o ingestión²³. Entre dichos procedimientos se destaca por su sencillez, economía y versatilidad la descarga de arco sumergida (DAS), que consiste en provocar una descarga de arco entre dos electrodos de grafito sumergidos en agua destilada²⁴. La burbuja de gases producida actúa en calidad de reactor donde se sintetizan las NPC. Los componentes gaseosos consisten fundamentalmente en H₂ y CO ambos inflamables y el segundo tóxico²⁵. La síntesis se produce con altas corrientes (30 - 100 A).

En el proceso se forman MWNT, CNO y otras estructuras de dimensiones nanoscópicas y potencial toxicidad. La naturaleza hidrofóbica de los CNO determina que estos floten, mientras que el resto de las nanoestructuras precipitan²⁶. Los productos se separan por decantación durante 24 h después de concluida la síntesis y finalmente se purifican en un horno en presencia de aire a 400 °C durante 1 h. El resto de las operaciones (caracterización, funcionalización, derivatización y elaboración de compuestos, etc.) resultan típicas para el trabajo con NPC.

De la información disponible sobre la toxicidad de las NPC y las peculiaridades del método DAS, se infiere la pertinencia de adoptar medidas de seguridad cuando este sea empleado. Para ello se requiere, como primer paso, la caracterización del riesgo que representan las NPC para la salud humana²⁷. Como segundo paso se emplearán métodos de análisis de riesgos que permitan identificar las circunstancias que pudieran conducir a una cadena de eventos que desemboque en la materialización de una exposición potencial. Y finalmente, a partir de la evaluación de los riesgos de ocurrencia de las exposiciones potenciales, se adoptarán las medidas de carácter técnico, organizativo y de protección personal que garanticen las mejores prácticas en el trabajo con NPC.

* Las siglas corresponden a la denominación en lengua inglesa.

La lógica descrita previamente se aplicó a la elaboración del sistema de nanoseguridad implementado en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN) para garantizar las mejores prácticas con NPC obtenidas a partir del método de síntesis DAS. En el presente trabajo se describe y fundamenta dicho sistema de nanoseguridad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para elaborar el sistema se partió del análisis de seguridad del proceso. Se evaluó la factibilidad de aplicar los métodos que se emplean en el análisis de riesgos²⁸: Riesgos y Estudios de Operabilidad (REO), Modos de Fallo y Análisis de Efectos (MFAE), ¿Qué pasa si? y Árboles de Fallo (AF). El análisis de factibilidad descartó los métodos REO, MFAE y AF ya que la revisión de la bibliografía sobre la toxicidad de los nanomateriales implicados en los procesos indicó que la información disponible actualmente era insuficiente para aplicar las herramientas de dichas técnicas, lo que imposibilitaba establecer valores umbrales límites precisos. Además, en el caso hipotético de que se dispusiese de los datos necesarios, la versatilidad del método DAS y la variedad de experimentos en un entorno académico exigiría un gran volumen de trabajo y una alta demanda de personal especializado.

El análisis de seguridad se realizó empleando el método ¿Qué pasa si?, método de carácter inductivo que utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de la instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles. El método utiliza información específica del proceso, como diagramas, para generar preguntas en una lista de verificación. Un equipo de expertos elabora dicha lista empleando la pregunta ¿Qué pasa si?, las cuales son contestadas colectivamente y resumidas en forma de tablas. El propósito del método consiste en: I) identificar las condiciones y situaciones peligrosas que puedan resultar de barreras y controles inadecuados, II) reconocer aquellos eventos que pudieran provocar accidentes mayores y III) efectuar las recomendaciones pertinentes para reducir el riesgo de la instalación, así como mejorar la operación de la misma.

Para desarrollar la evaluación de seguridad se tomó como referencia la información disponible en artículos científicos y patentes, la documentación que describe los procedimientos de operación de las instalaciones y el análisis de la seguridad de cada paso de estos. La evalua-

ción de riesgo comprendió tres etapas: I) identificación de peligros, II) estimación cualitativa de riesgos asociados a cada peligro y III) valoración cualitativa del riesgo.

En paralelo se usó un método²⁹ basado en un “árbol de decisiones” que permite clasificar los laboratorios en clases de acuerdo a niveles de peligrosidad, en correspondencia con enfoques análogos aplicados en los laboratorios con riesgos biológicos, químicos o radiactivos. El siguiente paso de este método consiste en adoptar una lista de medidas de prevención/protección (barreras de seguridad) acorde a cada nivel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un primer paso se aplicó el método ¿Qué pasa si? al proceso DAS y se identificaron los peligros presentes (Tabla 1). Cada peligro fue registrado con un código para facilitar el análisis posterior acorde a su naturaleza (carácter laboral común o específico al trabajo con nanopartículas) y conforme a la etapa concreta del proceso.

La estimación del riesgo se realizó sobre la base del criterio de siete expertos, valorando la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de las consecuencias de los distintos eventos, considerando que están implementadas todas las medidas de seguridad, tanto organizativas, como tecnológicas previstas en el proceso.

A partir del análisis previo se seleccionaron los peligros de importancia significativa. Para la estimación del riesgo se construyó una matriz probabilidad/consecuencia, donde se reflejó el riesgo asociado a cada uno de los eventos analizados y se le clasificó en las categorías de alto, medio y bajo riesgo (Tabla 2). La probabilidad de ocurrencia de un incidente (contaminación y exposición) fue evaluada con un valor medio, con una fuerte dependencia del factor humano y en especial de la capacitación del personal. De todos los escenarios identificados, los mayores riesgos correspondieron al derrame de líquido con NPC en el paso de obtención de CNO por decantación y al derrame de líquido con NPC en el transporte a los laboratorios de caracterización. La inhalación y el contacto con la piel fueron identificadas como las rutas de exposición más importantes.

Paralelamente se aplicó el método de “árbol de decisiones” a partir de su algoritmo básico. Sobre la base de la elevada productividad del método DAS que llega a alcanzar una 120 mg/min de NPC en forma de suspensiones acuosas posteriormente llevadas a nanopolvos factibles de generar aerosoles se llegó a la conclusión de clasificar el laboratorio de síntesis de NPC por el método DAS en clase tres por su nivel de peligrosidad.

Tabla 1. Identificación de peligros de importancia significativa a partir del análisis de operaciones durante los procesos de síntesis y purificación.

No.	¿Qué pasa si?	Causa	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Observaciones
1	No uso del VAL	NE	I de CO, H ₂ y NPC + PP	CP + LC	Reforzar medidas organizativas
2	No se baja tapa de CQ al inicio experimento.	NE	I de CO, H ₂ y NPC,	CP + EF	Automatizar sistema para bloquear funcionamiento.
3	No se conecta la ECQ	NE, DT	I de CO, H ₂ y NPC.	CP + LC + EF	Automatizar sistema para bloquear funcionamiento
4	No se chequea estado de conexión de la electrónica y la electricidad.	NE, DT	Descarga eléctrica a personal. DL con NPC.	CP + LC + EF	Reforzar medidas organizativas.
5	No se mantiene los rangos de temperaturas y nivel de agua adecuados o la refrigeración.	NE, DT	Hierve el agua, contaminación de instalación. I + PP	CP + LC + EF	Automatizar control para bloquear funcionamiento
6	Desconexión prematura de ECQ y apertura CQ	NE, DT	I de CO, H ₂ y NPC. PP	CP + EF	Automatizar sistema para bloquear funcionamiento en ausencia ECQ
7	En el proceso de decantación no se espera el enfriamiento del recipiente.	CEA	Quemadura, derrame y dispersión de NPC	CP + EF	Potencial accidente laboral. Botiquín primeros auxilios.
8	DL con CNP en proceso de separación	CEA	Contaminación superficies. I + PP	CP + EF	Listos medios de descontaminación.
9	No se realiza limpieza del local al concluir los trabajos.	NE, CEA	Transporte contaminación con CNP hacia otras áreas. I + PP	LC	Reforzar medidas organizativas
10	No cambiarse el VAL al terminar los trabajos.	NE, CEA	Llevar la contaminación hacia otras áreas. I + PP	CP + EF	Reforzar medidas organizativas
11	No se descontaminan los recipientes y medios con los que se manipularon las NPC	NE	Contaminación y transporte a otras áreas. I + PP	LC	Reforzar medidas organizativas
12	DL con CNP durante traslado a los laboratorios de caracterización.	CEA	Contaminación de otras áreas y del vestuario. I + PP	Recipientes con tapas LC + EF	Listos medios de descontaminación.

Nota: Abreviaturas: CEA – carencia de entrenamiento apropiado, CP – capacitación del personal, CQ – campana química, CV – contaminación del vestuario, DL – derrame de líquido, DT – desperfecto técnico, ECQ – extracción de la campana química, EF – ensayos en frío (simulacros del experimento sin NPC), I – inhalación, LC – lista de chequeo de operaciones a ejecutar, NE – negligencia, PP – penetración de NPC por la piel, VAL – Vestuario apropiado de laboratorio que incluye los medios de protección.

La aplicación de ambos métodos condujo a resultados semejantes en la determinación de los medios de protección personal y medidas técnicas y organizativas. En el caso de las técnicas se concluyó que: i) la ventilación deberá ser garantizada por un diseño de laboratorio químico con un reciclaje del aire de 5 – 10 veces por hora, filtraje de aire de salida con filtro F7 con mantenimiento periódico, baja presión en el local (> 20mPa) y captura en la fuente. ii) El piso deberá estar recubierto de linóleo o resina. iii) El acceso de trabajo al local deberá estar restringido y existirá un registro de las personas que han

estado presentes en los locales (potencialmente expuestas). iv) Una exclusiva y existencia de ducha de seguridad. v) En caso de usar aspiradoras para la limpieza, deberán ser del tipo empleado para la limpieza de fibras de asbestos.

Los medios de protección personal exigidos consisten en: i) Gafas de protección. ii) Empleo de nasobuco (mascarilla). iii) Uso de bata de mangas largas. iv) Prohibición del uso de calzado abierto. v) Protección de las manos con guantes desechables.

Tabla 2. Matriz Probabilidad/Consecuencia para los peligros de importancia significativa

Consecuencia	Probabilidad		
	Baja	Media	Alta
Baja	No.11 No se descontaminan los recipientes y medios con los que se manipularon las NPC	No.4 No se chequea estado de conexión de la electrónica y la electricidad.	
		No.7 En el proceso de decantación no se espera el enfriamiento del recipiente.	
Media		No.1 No uso del VAL.	
		No.2 No se bajar tapa de CQ al inicio experimento.	
		No.3 No se conecta la ECQ.	
		No.6 Desconexión prematura de ECQ y apertura CQ.	
		No.9 No se realiza limpieza del local al concluir los trabajos.	
		No.10 No cambiarse el VAL al terminar los trabajos.	
Alta		No.8 DL con CNP en proceso de separación.	
		No.12 DL con CNP durante traslado a los laboratorios de caracterización.	

Nota: La numeración de los peligros se corresponde con los eventos identificados en la Tabla 1 y las abreviaturas empleadas son las mismas.

En el aspecto organizativo se deberá definir una persona responsable de la nanoseguridad en el laboratorio, establecer el control de ordenamiento y recepción de materiales con sus puntos de recolección, la restricción de mujeres embarazadas al trabajo con nanomateriales, así como las siguientes medidas: i) Restricción del trabajo con nanopartículas solo al área autorizada. ii) En el tratamiento del material contaminado, se deberá prever recipiente para recepcionar material contaminado, bolsas plásticas para materiales contaminados con espesor mayor a 100 micrones y la disponibilidad de contenedores para su almacenamiento. iii) La eliminación de sustancias con nanopartículas en forma líquida y sólida se realizará con empaquetamiento doble. iv) la evacuación de residuales en los sistemas de tratamiento de residuales domésticos se prohíbe, debiéndose realizar a través de canales de tratamiento especiales. v) El transporte de nanomateriales se deberá hacer con empaquetamientos dobles.

El proceso de limpieza deberá ser realizado por personal del laboratorio empleando medios húmedos exclusivamente y con el empleo de los mismos medios de protección que se determinaron para el trabajo con nanopartículas y bajo la supervisión del responsable del laboratorio.

Finalmente se procedió a implementar las medidas de protección personal, técnicas y organizativas definidas a partir del análisis de riesgo efectuado, en forma de

procedimientos. De manera que el sistema de nanoseguridad a escala de laboratorio del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear quedó integrado por cuatro procedimientos. El primero de estos es el Procedimiento Técnico General de Nanoseguridad para la Síntesis de Nanopartículas que sirve de marco regulatorio general y otros tres procedimientos de carácter específico: i) Procedimiento Técnico de seguridad para la síntesis de nanoestructuras de carbono por el método DAS, ii) Procedimiento Técnico de descontaminación y limpieza de locales donde se trabaje con nanopartículas y iii) Procedimiento Técnico de nanoseguridad para el tratamiento de los desechos de nanopartículas.

Los procedimientos mencionados deberán estar sometidos a una revisión periódica para poder incorporar las experiencias acumuladas y la nueva información descrita en la literatura científica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maynard A.D. Nanotechnology: assessing the risk. *Nanotoday* 2006; 1, 2, pp. 22 – 3.
2. Strategic Research Agenda. European Technology Platform Industrial Safety. 2011, Disponible en www.industrialsafety-tp.org.
3. The Royal Society and Royal Academy of Engineering. *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. 2004, Disponible en www.nanotec.org.uk/finalReport.htm,

4. Aitken RJ, Hankin SM, Ross B, Tran CL, Stone V, Fernández TF, Donaldson K, Duffin R, Chaudhry Q, Wilkins TA, Wilkins SA, Levy LS, Rocks SA, Maynard A. EMERGNANO: A review of completed and near completed environment health and safety research on nanomaterials and nanotechnology. Institute of Occupational Medicine (IOM). March 2009. Report TM/09/01.
5. Warheit DB, Donner EM. Rationale of genotoxicity testing of nanomaterials: regulatory requirements and appropriateness of available OECD test guidelines. *Nanotoxicology*. 2010; 4, 409 -13.
6. Andorno R. The precautionary principle: A new legal standard for a Technological Age. *J. Int. Biotechnol. Law* 2004, 1, 11 – 19.
7. Kroto HW, Heath JR, O'Brien SC, Curl RF, Smalley RE. C_{60} : Buckminsterfullerene. *Nature* 1985; 318, 162 – 3.
8. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 1991; 354, 56 – 8.
9. Iijima S, Ichihashi T. Single – shell carbon nanotubes of 1 – nm diameter. *Nature*, 1993; 363, 603 – 5.
10. Ugarte D. Onion – like graphitic particles. *Carbon*, 1993; 33, 7, 989–93.
11. Iijima S, Yudasaka M, Yamada R, Bandow S, Suenaga K, Kokai F, Takahashi K. Nano – aggregates of single – walled graphitic carbon nano – horn. *Chemical Physics Letters*, 1999; 309, 165 – 170.
12. Khare R, Bose S. Carbon Nanotube Based Composites - A Review. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering* 2005; 4, 1, 31-46.
13. Kohli P, Martin CR. Smart Nanotubes for Biotechnology. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 2005, 6, 35-47.
14. Wei W, Sethuraman A, Jin C, Monteiro-Riviere NA, Narayan RJ. Biological Properties of Carbon Nanotubes. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 2007; 7, 1–14.
15. Bal S, Samal SS. Carbon nanotube reinforced polymer composites—A state of the art. *Bull. Mater. Sci.*, 2007; 30, 4, 379 – 86.
16. Xu B. Prospects and research progress in nano onion-like fullerenes. *New Carbon Materials* 2008; 23, 4, 289 – 301.
17. Sharon M, Sharon M. Carbon Nanomaterials: Applications in Physico-chemical Systems and Biosystems. *Defence Science Journal*, 2008; 58, 4, 460-85.
18. Hussain MA, Kabir MA, Sood AK. On the cytotoxicity of carbon nanotubes. *Current Science*, 2009; 96, 5.
19. Grabinski C, Hussain S, Lafdi K, Braydich-Stolle L, Schlager J. Effect of particle dimension on biocompatibility of carbon nanomaterials. *Carbon* 2007; 45, 2828 – 2835.
20. Ding L, Stilwell J, Zhang T, Elboudwarej O, Jiang H, Selegue JP, Cooke PA, Gray JW, Chen FF. Molecular Characterization of the Cytotoxic Mechanism of Multiwall Carbon Nanotubes and Nano-Onions on Human Skin Fibroblast. *Nano Letters* 2005; 5, 12, 2448 -68.
21. Endo M, Lijima S, Dresselhdhaus MS. *Carbon Nanotubes*. Pergamon. Oxford First Edition. Elsevier Science Limited: 1996.
22. He C, Zhao N. Production of carbon onions. Chapter 24. *Handbook of Nanophysics 2 Cluster and Fullerenes*, Boca Raton (FL), CRC Press; 2011.
23. Wiesner MR, Lowry GV, Alvarez P, Dionysiou D, Biswas P. Assessing the risk of manufactured nanomaterials. *Environmentals Science & Technology* 2006; July 15: 4336 – 4345
24. Sano N, Wang H, Chhowalla M, Alexandrou I, Amaratunga G. Synthesis of carbon “onions” in water. *Nature* 2001; 414: 506 – 7.
25. Hsin YL, Hwang KC, Chen FR, Kai JJ. Production and in-situ Metal Filling of Carbon Nanotubes in water. *Adv. Mater.* 2001; 13,11:830 – 3.
26. Sano N, Wang H, Alexandrou I, Chhowalla M, Teo K, Amaratunga G. Properties of carbon onions produced by an arc discharge in water. *J. Applied Physics* 2002; 92, 5:2783 – 2788.
27. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección radiológica y para la seguridad de las fuentes de radiación. *Colección Seguridad No. 115*. STI/PUB/996. Viena, 1997, p.315.
28. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Part E: Risk characterization. *European Chemicals Agency*, May 2008. Disponible en www.echa.eu.
29. Grosso A, Petri-Fink A, Magrez A, Riediker M, Meyer T. Management of nanomaterials safety in research environment. *Particle and Fibre Toxicology* 2010; 7:40:1-8.

Sistemas de comunicación wifi y efectos sobre la salud. El estado de las evidencias actuales

The current state of evidence regarding the health effects of wifi communication systems

Sistemas de comunicação wifi e efeitos na saúde: O estado atual da evidência

Francisco Vargas Marcos

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Madrid
Comité Científico Asesor sobre Radiofrecuencias y Salud (CCARS). Universidad Complutense de Madrid.

Cita: Vargas-Marcos F. Sistemas de comunicación wifi y efectos sobre la salud. El estado de las evidencias actuales. Rev. salud ambient. 2012;12(1):52-57

Recibido: 18 de noviembre de 2011. **Aceptado:** 18 de mayo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Francisco Vargas Marcos. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Paseo del Prado 18-20. 28071 Madrid. Teléfono: 91 5964496. Correo e: fvargas@msssi.es

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: El autor declara que no tiene ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumen

En algunos medios de comunicación se ha informado sobre supuestos riesgos para la salud, especialmente en el ámbito escolar, derivados de la exposición a las radiofrecuencias (RF) emitidas por los sistemas de telecomunicación inalámbricos (wifi, en su abreviatura en inglés). Estas noticias han generado demandas de información que las autoridades sanitarias competentes en salud ambiental deben responder de forma transparente, clara, eficaz y basada en el conocimiento científico actual.

En este trabajo se describen las principales características técnicas de estos sistemas, las normas que regulan su funcionamiento, los niveles de emisión autorizados y los niveles observados en algunos estudios específicos.

Hasta el momento se han realizado muy pocos trabajos específicos de los efectos sobre la salud derivados de la exposición a las RF que emiten estos sistemas. En este trabajo se describen las principales evaluaciones de riesgo y los estudios más relevantes publicados por agencias internacionales especializadas de reconocido prestigio.

Se detalla el estado actual del conocimiento sobre los efectos de las RF sobre la salud y las recomendaciones internacionales formuladas sobre la seguridad de estas tecnologías.

Se concluye que no hay evidencia consistente hasta la fecha de que la exposición a señales de radiofrecuencia procedentes de wifi, por debajo de los niveles aceptados internacionalmente, tengan efectos adversos para la salud de la población general.

No hay razones que justifiquen que los sistemas wifi deban ser retirados de las escuelas o que no deban ser utilizados por otros grupos de la población

Palabras clave: Sistemas wifi, radiofrecuencias, salud, medio escolar, revisión evidencias, evaluación del riesgo.

Abstract

Some communication media have reported alleged health risks, especially in schools, related to exposure to Radio Frequencies (RF) emitted by wifi telecommunication systems. These reports have generated demands for information, which the relevant environmental health authorities have to deal with in a transparent, clear and effective way, based on current scientific evidence.

This study describes the main technical features of wifi systems, the rules that govern their operation, the authorized levels of emission, and the levels observed in some specific studies.

Until now, very few specific studies have been undertaken about the health effects associated to exposure to RF emitted by these systems. This article describes the main risk assessments and the more relevant studies published by prestigious specialized international agencies.

The study details the current state of knowledge about the health effects of RF and the international recommendations proposed, regarding the safety of these technologies.

It concludes that, to date, there is no consistent evidence that exposure to the RF signals emitted by wifi systems, below internationally accepted guidelines, has adverse health effects on the general population.

There are no scientific reasons to justify that wifi systems should be removed from schools or should not be used by the rest of the population.

Keywords: Wifi systems, radio frequencies, health, school, evidence review, risk assessment

Resumo

Em alguns meios de comunicação social foi veiculada informação sobre supostos riscos para a saúde, especialmente em contexto escolar, com origem na exposição às Radiofrequências (RF) emitidas pelos sistemas de telecomunicação sem fios (Wi-Fi na sua abreviatura em inglês). Estas notícias geraram pedidos de informação a que as autoridades de saúde com responsabilidade na área da saúde ambiental devem responder de forma transparentes, clara, eficaz e baseada no conhecimento científico atual.

Neste trabalho descrevem-se as principais características técnicas destes sistemas, as normas que regulam o seu funcionamento, os níveis de emissão autorizados e os níveis observados em alguns estudos específicos.

Até ao momento realizaram-se muito poucos trabalhos específicos sobre os efeitos na saúde derivados da exposição às RF que emitem estes sistemas. Neste trabalho mencionam-se as principais avaliações de risco e os estudos mais relevantes publicados por agências internacionais especializadas de reconhecido prestígio.

Relata-se o estado atual do conhecimento sobre os feitos da RF na saúde e as recomendações internacionais formuladas sobre a segurança desta tecnologias.

Conclui-se que, até à data, não há evidência consistente de que a exposição a sinais de radiofrequência procedentes de Wi-Fi, abaixo dos níveis internacionalmente aceites, tenha efeitos adversos sobre a saúde da população em geral.

Não há razões que justifiquem que os sistemas Wi-Fi devam ser retirados das escolas ou que não devam ser utilizados por outros grupos da população.

Palavras-chave: Sistemas WI-FI, radiofrequências, saúde, medio escolar, revisão de evidências, avaliação de risco.

1.- Introducción. Características generales de una red wifi

El término wifi (fidelidad inalámbrica, del inglés *Wireless Fidelity*) corresponde a un tipo particular de red inalámbrica WLAN (red de área local inalámbrica, del inglés *wireless local area network*). Wifi es el nombre que *wifi Alliance* (asociación de empresas para el desarrollo de wifi) da al estándar o protocolo de comunicaciones inalámbricas y que está normalizada según el Standard 802.11 del IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Este estándar y sus variantes se conocen generalmente como IEEE 802.11. El sistema wifi es una forma de comunicarse entre sí por distintos dispositivos inalámbricos.

Esta red inalámbrica permite que una serie de dispositivos (ordenadores, impresoras, servidores, etc.) se comuniquen entre sí, en zonas geográficas limitadas, en las bandas de frecuencias de uso común 2,4 y 5 GHz, permitiendo la transmisión de datos a grandes velocidades sin necesidad de tendido de cable entre ellos. La conexión wifi permite a los usuarios acceder a una red de datos a través de un punto de acceso de radiofrecuencia, pudiéndose conectar a internet, telefonía móvil, etc. La ventaja de esta tecnología es que ofrece movilidad al usuario por medio de una instalación barata y sencilla. En muchos casos se utilizan como complemento inalámbrico de redes cableadas.

A diferencia de otros estándares de comunicación inalámbrica, el 802.11 utiliza regiones "libres o gratis" del espectro de radiofrecuencia (RF). Esto significa que no es necesario tener una licencia para emitir o comunicarse mediante wifi. Las regiones libres del espectro utilizadas por 802.11 son la banda de 2,4 GHz (2,39-2,147 GHz) y más recientemente la banda de 5 GHz (5,47-5,95 GHz). La primera banda es bien conocida, ya que el horno de microondas y los teléfonos supletorios inalámbricos (*cordless phones*) que hay en las casas utilizan esta parte del espectro "libre". No hay que confundir estos supletorios telefónicos con los "móviles", ya que estos últimos no están conectados a ningún cable de línea telefónica y utilizan bandas de frecuencias del espectro de RF que están específicamente permitidas.

Aunque wifi tiene solo unos pocos años de antigüedad, su importancia reside en que proporciona una compatibilidad total entre todos los dispositivos que cumplan el estándar, lo que ha hecho que millones de personas en todo el mundo puedan montar, mediante sencillos transmisores de RF, redes inalámbricas de conexión a Internet, a impresoras, discos de almacenamiento, entre otros, de forma muy sencilla tanto en casa como en el lugar de trabajo.

De manera muy esquemática, una red se compone del siguiente equipamiento (ver Figura 1):

Terminales de Usuario (Clientes): Es una tarjeta de

red inalámbrica con un transceptor radio dotada de una antena. En algunos equipos el acceso inalámbrico viene integrado.

Puntos de acceso: Posee una antena típicamente omnidireccional que da cobertura a los clientes.

Controlador de puntos de acceso: En el caso del despliegue de varios puntos de acceso es el elemento que gestiona los mismos. Incorpora otras funcionalidades para la gestión del tráfico y funciones de seguridad.

Figura 1. Esquema de red wifi



2.- Normativa radioeléctrica

Wifi es una tecnología radioeléctrica. Por tanto, como tal, está obligada a cumplir las siguientes disposiciones legales:

- Notas de utilización UN-85 y UN-128 del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).
- Real Decreto 1006/2001⁽¹⁾, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Orden CTE/23/2002⁽²⁾, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.

2.1.- Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)

El CNAF recoge las atribuciones, en el ámbito nacional, de las diferentes bandas de frecuencias asignadas a los distintos servicios de radiocomunicaciones. El vigente cuadro fue aprobado por la Orden ITC/3391/2007⁽³⁾, de 15 de noviembre y ya está disponible una actualización para el año 2010⁽⁴⁾. Las notas de utilización del CNAF que se refieren a las bandas de 2,4 y 5 GHz son la UN-85 y la UN-128.

2.2.- Real Decreto 1066/2001

Según el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre se considera estación radioeléctrica a uno o más transmisores o receptores, o una combinación de ambos, incluyendo las instalaciones accesorias o necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación o el servicio de radioastronomía. Por tanto, las redes de telecomunicaciones bajo el estándar wifi hacen uso de puntos de acceso radio que son claramente estaciones radioeléctricas.

El Real Decreto citado establece restricciones básicas a la exposición de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo. Para asegurar que no se sobrepasan estas restricciones básicas se establecen los denominados "niveles de referencia" que se comparan con los valores de las magnitudes medidas. Además, se definen los "niveles de decisión" que son inferiores en 6 dB a los niveles de referencia.

La Tabla I muestra los niveles de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001 y los niveles de decisión recogidos en la Orden CTE/23/2002, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones para los diferentes servicios, en función de la frecuencia que utilizan.

2.3.- Orden CTE/23/2002

A efectos de lo dispuesto en la Orden CTE/23/2002, y teniendo en cuenta las características reguladas en el CNAF para las bandas de uso de wifi, las estaciones radioeléctricas que conforman una red wifi pueden ser tipo ER2 (ubicadas en suelo urbano con PIRE inferior o igual a 10 W), ER4 (ubicadas en suelo no urbano con PIRE inferior o igual a 10 W y en cuyo entorno pueda haber presencia habitual de personas) o ER5 (situadas en suelo no urbano y en cuyo entorno no permanecen habitualmente personas). En el caso de que la planificación radioeléctrica obligara a que estas estaciones tuvieran una potencia mayor de la establecida en el CNAF no sería adecuado utilizar una red wifi.

Tabla I. Valores de referencia y de decisión establecidos por el Real Decreto 1066/2001 y en la Orden CTE/23/2002.

SERVICIO	SISTEMA	f(MHz)	NIVEL DE REFERENCIA (V/m)	NIVEL DE DECISIÓN (W/m ²)
Radiodifusión	AM	0,5	87	---
		1,5	71,03	---
Radiodifusión	FM	100	28	2
TV terrenal	UHF	470	29,8	2,35
		830	39,6	4,15
Telefonía móvil	TACS	450	29,2	2,25
	GSM	900	41,2	4,5
	DCS	1800	58,3	9
	UMTS	2000	61	10
Red local inalámbrica	wifi	2400	61	10
Telefonía fija inalámbrica	LMDS/WiMAX	3500	61	10
Red local inalámbrica	Wi-Fi /WiMAX	5800	61	10

Fuente: COIT⁽⁵⁾

No obstante, las instalaciones wifi, aunque deben respetar los límites de exposición establecidos en el Real Decreto 1066/2001, no están obligadas a presentar anualmente la correspondiente certificación de cumplimiento de los niveles de emisión a pesar de manejar niveles de potencia similares a otros servicios.

Esta información técnica sobre los sistemas wifi puede ampliarse consultando el documento titulado "La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes ("wifi")⁽⁵⁾.

3.- Riesgos para la salud de las emisiones de las tecnologías inalámbricas

Los límites de potencia para cualquier equipo wifi vienen establecidos en el Código de Regulaciones Federales (47 CFR 15) de la FCC⁽⁶⁾.

La FCC establece que la potencia de salida de un transmisor de cualquier equipo wifi debe de estar limitada a 30 dBm, es decir a 1 W de potencia, cuando el equipo está conectado a una antena con una ganancia de 6 dBi (ganancia en dB sobre una antena que radiase por igual en todas las direcciones, incluyendo hacia arriba y hacia abajo). Sin embargo, la mayoría de los sistemas o equipos de transmisión inalámbricos, conocidos como wifi, WLAN o WiMAX, emiten a potencias más bajas que oscilan entre 35 y 50 mW, con máximos de potencia comprendidos entre 100 y 200 mW.

En particular, con respecto a las potencias de emisión de los sistemas wifi utilizados en las redes de equipos informáticos (ordenadores, routers y periféricos) hay que señalar que la potencia radiada por la antena central suele ser inferior a 100 mW (0,1 vatios). Por esta razón, las intensidades de los campos de RF generados por transmisores wifi son inferiores a las establecidas como seguras a su exposición por las organizaciones científicas competentes internacionales, como la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP por sus siglas en inglés), la Organización Mundial de la Salud (OMS), por la Recomendación del Consejo de la Unión Europea sobre campos electromagnéticos⁽⁷⁾ y por el Real Decreto 1066/2001⁽¹⁾.

3.1.- Estudios de evaluación de riesgos

■ Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido (HPA, Health Protection Agency)

La HPA⁽⁸⁾, que mantiene un programa de investigación y control de este tipo de tecnología, considera que las redes WLAN no suponen un problema para la salud. Las emisiones de los equipos WiMAX (siglas de *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) son demasiado débiles como para producir efectos adversos sobre la salud. Esta misma agencia ha señalado que, basándose en la evidencia científica disponible, no hay razones que aconsejen no usar los equipos inalámbricos en el ámbito

escolar, doméstico o laboral (2009-2011).

En la página web de la Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido se puede consultar información específica sobre las redes *WLAN* y *wifi*.

Los puntos principales de sus recomendaciones son:

- No hay evidencia consistente hasta la fecha de que la exposición a señales de radiofrecuencia procedentes de *wifi* tengan efectos adversos para la salud de la población general.
- Las frecuencias utilizadas son las mismas que las que se utilizan en otras frecuencias (se refiere a radiofrecuencias, como las utilizadas en la TV o radio FM y AM, ya ampliamente conocidas).
- Tomando como base el conocimiento actual, la exposición a RF de *wifi* es más baja que la exposición a las RF de los teléfonos móviles.
- Tomando como base la información científica actual, la exposición a los equipos *wifi* cumple los criterios internacionales.
- No hay evidencia consistente de efectos sobre la salud por debajo de los niveles internacionales y no hay razones que justifiquen que estos sistemas *wifi* no deban ser usados por los escolares y otros grupos de la población.

Esta agencia desarrolla, desde el año 2007, un programa de investigación sobre las redes *WLAN* y su uso, que incluye medidas de exposición infantil a los sistemas *wifi* en las escuelas.

■ Estudios realizados por otras agencias y organismos

El Departamento de Salud de Canadá⁽⁹⁾ señala que la energía de los campos de radiofrecuencia generados por los sistemas *wifi* es extremadamente baja, no está asociada con ningún problema para la salud y por lo tanto no es peligrosa para la población.

Para valorar la exposición a estos equipos se utiliza una magnitud denominada Tasa de Absorción Específica o SAR (siglas de *Specific Absorption Rate*) expresada en W/kg. Este indicador permite describir la cantidad de energía que el cuerpo humano absorbe cuando se expone a emisiones de campos electromagnéticos.

Estudios realizados en Suiza⁽¹⁰⁾ han evaluado la SAR de los dispositivos *WLAN* (punto de acceso, tarjeta de PC

y PDA) de varios estándares (802.11a, 802.11b y 802.11g). Las SAR observadas han variado entre 0,067 y 0,73 W/kg. El máximo nivel establecido por el ICNIRP-OMS y el Real Decreto 1066/ 2001 es de 2W/kg, indicando que el margen de seguridad es muy amplio.

En relación con los campos eléctricos que generan estos dispositivos, las mediciones realizadas en el estudio suizo demuestran que ninguno de los valores observados alcanzó el 10% de los valores límite establecidos por el ICNIRP a una distancia de 20 cm y menos de 2,5% a 1 metro de distancia, cuando el valor máximo recomendado como seguro es de 61V/m (para telefonía móvil y redes *WIFI- WIMAX*). Similares estudios de medición de exposición se han realizado en Francia^(11,12).

La Organización Mundial de la Salud⁽¹³⁾ en su nota número 304 de mayo de 2006 estableció las siguientes conclusiones:

“Teniendo en cuenta los muy bajos niveles de exposición y los resultados de investigaciones reunidos hasta el momento, no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de RF procedentes de las estaciones de base y de las redes inalámbricas tengan efectos adversos en la salud”

Actualmente, todos los organismos y agencias que evalúan los riesgos de los campos electromagnéticos coinciden en señalar que no hay evidencia científica de que los sistemas inalámbricos provoquen efectos sobre la salud (AFSSET⁽¹¹⁾, SCENIHR⁽¹⁴⁾, CCARS⁽¹⁵⁾, SSM⁽¹⁶⁾).

Por todas estas razones, podemos afirmar, al menos hasta la fecha actual, que no existe evidencia científica de que la exposición a estos bajos niveles de emisiones produzca efectos sobre la salud de la población escolar.

Frente a esta opinión mayoritaria hay una corriente que considera que los campos electromagnéticos son peligrosos para la salud aunque no existan evidencias rigurosas y por tanto exigen medidas drásticas de reducción de la exposición.

En la página web del HPA se puede consultar el documento “*Wifi in Schools*” que detalla la metodología utilizada para medir la exposición y algunos de los resultados.

La Agencia de Promoción y Protección de la Salud de Ontario (Canada)⁽¹⁷⁾ ha revisado las evidencias relacionadas con las tecnologías inalámbricas y sus efectos sobre la salud. En sus conclusiones se establece que la exposición de la población general, y de los niños en el medio escolar, a las radiofrecuencias emitidas por los sistemas *wifi* son bastantes más bajas que las RF que se reciben

cuando se usan los teléfonos móviles y hasta la fecha no hay ninguna evidencia plausible que indique que la actual exposición a wifi cause efectos sobre la salud.

Por último, cabe señalar que la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC)^(18,19), en su revisión sobre la carcinogenicidad de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias, clasificó a las RF emitidas por los teléfonos móviles en el tipo 2b, es decir, como posiblemente carcinógeno. La exposición al uso intensivo del teléfono móvil podría tener algún riesgo de glioma y neuroma del acústico. La realidad es que los análisis de tendencias de incidencia de estos tumores permanecen estables.

Al mismo tiempo estableció que el análisis de la literatura científica actual no permite clasificar como posible o probable carcinogénica la exposición ocupacional y la exposición medioambiental asociada con la transmisión de señales de radio, televisión y telecomunicaciones inalámbricas (antenas y sistema wifi), ya que la evidencia se consideró inadecuada.

BIBLIOGRAFÍA

- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre de 2001, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. BOE nº 234, de 29 de septiembre. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2001/09/29/pdfs/A36217-36227.pdf> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- ORDEN CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones. BOE nº 11, de 12 de enero. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2002/01/12/pdfs/A01528-01536.pdf> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Orden ITC/332/2010 de 12 de febrero por la que se aprueba el cuadro nacional de atribución de frecuencias (CNAF). BOE número 44 de 19 de febrero. Disponible en: <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/CNAF/OrdenApruebaCNAF.pdf> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Cuadro nacional de atribución de frecuencias (CNAF). Disponible en: <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/Paginas/CNAF.aspx> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, Grupo de Nuevas Actividades Profesionales. La Situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes ("Wi-Fi"). 2004. Disponible en: <http://www.coit.es> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Federal Communications Commission (FCC). Código de Regulaciones Federales. Disponible en: http://www.fcc.gov/papers/part15/Regulations_Affecting_802_11.pdf (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Recomendación de 12 de julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0Hz a 300 GHz) (1999/519/CE). Disponible en: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:199:0059:0070:ES:PDF> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Health Protection Agency, Wi-Fi - the HPA research project. Disponible en: http://www.hpa.org.uk/web/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1287142601165 (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Health Canada. Health Canada Statement on Radiofrequency Energy and Wi-Fi Equipment. August 2010. Disponible en: www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/fr-atl/_2010/2010_142-eng.php (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Federal Office of Public Health (FOPH) - Switzerland. WLAN. Disponible en <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/03570/index.html?lang=de> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (AFSSET). Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences, Saisine n°2007/007. Comité d'Experts Spécialisés liés à l'évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements, Groupe de Travail Radiofréquences, Octobre 2009. Disponible en : <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=2456> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Ecole Supérieure d'Electricité (Supélec). Etude «RLAN et Champs électromagnétiques»: synthèse des études conduites par, Décembre 2006. Autorité de Régulation des Communications électroniques et des Postes. Disponible en : http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/synth-etudesupelec-wifi-dec06.pdf (visitado el 19 de mayo de 2012).
- OMS. Los campos electromagnéticos y la salud pública: Estaciones de base y tecnologías inalámbricas. Nota descriptiva 304, Mayo de 2006. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/es/index.html> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health Effects of exposure to EMF. Comisión Europea, 19 de Enero de 2009. Disponible en : http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS). Informe sobre radiofrecuencias y salud (2009-2010), Enero 2011. Disponible en: http://www.ccars.es/sites/default/files/Informe_CCARS_2009-2010.pdf (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Swedish Radiation Safety Authority (SSM por sus siglas en sueco). Recent Research on EMF and Health Risks. Sixth annual report from SSM:s independent Expert Group on Electromagnetic Fields 2009. Disponible en: www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2009/SSM_Rapport-2009-36.pdf (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Copes R, Loh L. Wireless technology and Health outcomes: evidence and review. Are the human effects related to the use of wireless internet technology (Wi-Fi)?. Agency for Health Protection and Promotion. Ontario. 16 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.oahpp.ca/resources/documents/Wireless%20technology%20and%20health%20outcomes.pdf> (visitado el 19 de mayo de 2012).
- International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans. Press release N° 208, 31 mayo 2011. Disponible en: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf (visitado el 19 de mayo de 2012).
- Baan R et al. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. The Lancet Oncology, Volume 12, Issue 7, Pages 624 - 626, July 2011

Intervenção comunitária no ensino superior de saúde ambiental

Intervencion comunitaria en la educación superior de salud ambiental

Community intervention in higher education of environmental health

Cidália Guia, Raquel Rodrigues dos Santos e Rogério da Silva Nunes

Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Beja, Portugal

Cita: Guia C, Rodrigues-dos-Santos R, Da-Silva-Nunes R. Intervenção comunitária no ensino superior de saúde ambiental. Rev. salud ambient. 2012;12(1):58-67

Recibido: 29 de abril de 2010. **Aceptado:** 12 de junio de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: Rogério da Silva Nunes (Correo e: rogerio.nunes@ipbeja.pt)
Raquel Rodrigues dos Santos. (Correo e: raquel.santos@ipbeja.pt).

Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Beja. Morada: ESS-Rua Dr. José Correia Maltez, 7800-111 Beja, Portugal. Telefone: +351 284 313 280; Fax: + 351 384 329 411

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumo

As atividades desenvolvidas visam a prática de um ensino orientado para o processo de Bolonha, centrado no aluno, na experiência e numa aprendizagem alicerçada em métodos práticos. Sob a orientação dos professores, os alunos do 2.º ano do I Curso de Saúde Ambiental do Instituto Politécnico de Beja conceberam e desenvolveram nove projetos de intervenção comunitária em saúde ambiental nas áreas, de produtos perigosos (mercúrio), da habitabilidade e geriatria, de educação para a saúde e ambiente, de água para consumo humano, da informação e comunicação em saúde ambiental, do uso eficiente de recursos em edifícios públicos, do desenvolvimento infantil em espaços exteriores e fatores alergénicos na habitação.

Esta ação pedagógica decorre durante três semestres letivos, o que corresponde, a três fases distintas: conceção, execução e avaliação/divulgação. De forma a permitir a exequibilidade dos projetos, cada grupo de três alunos envolvidos estabeleceu parcerias com diversas entidades como câmaras municipais, juntas de freguesias, unidades hospitalares, estabelecimentos de ensino, cooperativas de consumo, empresas de tratamento de resíduos perigosos, Instituto da Juventude e empresas comerciais. Embora ainda não tenha sido possível avaliar a globalidade dos projetos, resultados preliminares sugerem um excelente sucesso das ações desenvolvidas, com ganhos em saúde para as populações envolvidas quer por alterações no ambiente quer por um aumento de empowerment. Foi igualmente possível obter mais-valias económicas e contribuir para a preservação do ambiente.

Verificou-se ser exequível para os alunos ganhar competência e conhecimentos num modelo de ensino caracterizado pela ausência de aulas expositivas em que os discentes, auxiliados pelos docentes, tomam opções e percorrem o seu caminho de modo particularmente autónomo simulando um contexto real de exercício profissional.

Esta experiência indicia que as instituições de ensino superior politécnico ao caminharem no sentido de Bolonha poderão reforçar o seu real contributo para a saúde das comunidades.

Palavras-chave: Bolonha, Ensino Superior, Curso de Saúde Ambiental, Projetos, Intervenção Comunitária

Resumen

Actualmente y en el marco del Plan de Bolonia, las actividades docentes universitarias están centradas en el alumno y el aprendizaje basado en métodos prácticos. Bajo la preceptiva dirección de los profesores, los estudiantes del Curso de Salud Ambiental en el Instituto Politécnico de Beja, han diseñado y puesto en práctica nueve proyectos de intervención comunitaria en salud ambiental en productos peligrosos (mercurio), habitabilidad y geriatría, educación para la salud y medio ambiente, agua potable, información y comunicación en salud ambiental, uso eficiente de los recursos en los edificios públicos, desarrollo del niño en los espacios al aire libre y factores alergénicos en las viviendas.

Esta acción pedagógica se lleva a cabo durante tres semestres, lo que corresponde a tres fases distintas: diseño, implementación y evaluación/difusión. A fin de garantizar la viabilidad de los proyectos, cada grupo de tres estudiantes ha establecido alianzas con diversas entidades tales como ayuntamientos, hospitales, escuelas, cooperativas de consumidores, empresas que se ocupan de los residuos peligrosos, Instituto de la Juventud y otro tipo de empresas. Aunque no ha sido posible evaluar el proyecto en su conjunto,

los resultados preliminares sugieren ser optimistas dado que se ha logrado que las personas involucradas hayan alcanzado un mayor nivel de conocimiento que se ha traducido en mejoras medioambientales. Lo que sin duda puede generar ganancias en salud. También fue posible lograr beneficios económicos y contribuir a la conservación del medio ambiente. Se ha logrado que los estudiantes adquieran habilidades y conocimientos en un modelo de enseñanza que se caracteriza por la ausencia de conferencias y en la que los estudiantes, asistidos por sus profesores, toman sus propias decisiones y caminan de forma autónoma, mediante la simulación de situaciones reales de la práctica profesional.

Esta experiencia sugiere que las instituciones politécnicas cuando utilizan el proceso de Bolonia pueden aumentar su contribución real a la salud de las comunidades.

Palabras clave: Bolonia, Educación Superior, la Escuela de Salud Ambiental, Proyectos, la intervención comunitaria

Abstract

Currently, in the Bologna context, university teaching methods focus on the student and on a learning experience based on practical methods. Under the guidance of teachers, students in the second year of the first Environmental Health Course at the Polytechnic Institute of Beja have designed and developed the following nine community intervention projects relating to environmental health: dangerous products (mercury); habitability and geriatrics; health education and the environment; drinking water; information and communication in environmental health; efficient use of resources in public buildings; child development in outdoor spaces; and allergenic factors in housing.

This pedagogical action takes place over three semesters, corresponding to the three distinct phases: design, implementation and evaluation / dissemination. To ensure the viability of the projects, each group of three students has established partnerships with various entities, such as city and parish councils, hospitals, schools, consumer cooperatives, companies dealing with hazardous waste, the Youth Institute and other commercial enterprises. Although it has not been possible to evaluate the whole project, preliminary results suggest that the planned activities have been very successful, with health benefits for the people involved, through environmental improvements or an increase in empowerment. It was also possible to achieve economic gains and contribute to the conservation of the environment. The students were able to gain skills and knowledge in a teaching model characterized by the absence of lectures in which students, assisted by teachers, take decisions and independent action, simulating a real context of professional practice.

This experience suggests that, by utilizing the Bologna method, the polytechnic institutions may improve their real contribution to the health of communities.

Keywords: Bologna, Higher Education, School of Environmental Health, Projects, Community Intervention

“Se hace camino al andar”

Antonio Machado

INTRODUÇÃO

É no início do Século XX que encontramos em Portugal referências, pelo punho de Ricardo Jorge, aos primeiros Técnicos de Saúde Ambiental. Em 1901 os mesmos eram denominados Pessoal Auxiliar de Sanidade e integravam o Corpo de Saúde Pública do Reino, sendo instruídos para as suas funções pelos médicos com quem trabalhavam. Vinte cinco anos depois, em 1926, surgem os primeiros profissionais com a categoria de Fiscal Sanitário. Decorreram quarenta anos até que esta realidade se alterasse. Em 1945 passam a contribuir para a saúde da comunidade, profissionais com a categoria de Agente Sanitário, com formação mínima específica de 4 meses ministrada pelo actual Instituto Nacional de Saúde. Em 1971 é publicada a Carreira de Técnicos Auxiliares Sanitários passando a congregar os Fiscais Sanitários e os Agentes Sanitários. A partir desta altura rapidamente se sucedem acontecimentos relevantes para evolução da profissão de Técnico de Saúde Ambiental. Em 1977

são criados os Cursos de Técnico Auxiliar Sanitário com a duração de 2 anos e surgem os profissionais com essa mesma designação. Em 1983 são eliminadas as categorias de Fiscal Sanitário e de Agente Sanitário passando a existir apenas os Técnicos Auxiliares Sanitários, agora com uma formação de 2 anos e meio. Em 1990 é criado o curso de Higiene e Saúde Ambiental, com a duração de três anos, nas Escolas Técnicas dos Serviços de Saúde e cinco anos mais tarde é criada a carreira dos Técnicos de Higiene e Saúde Ambiental. Entretanto em 1993 a Escolas Técnicas dos Serviços de Saúde passam a Escolas Superiores de Tecnologias de Saúde e a formação em Higiene e Saúde Ambiental a conferir o grau de Bacharel (Rufino et al, 2001). Em 1999 o agora denominado Curso de Saúde Ambiental transforma-se numa licenciatura de 4 anos mantendo-se com essa duração após se adaptar aos primados de Bolonha (240 ECTS).

O funcionamento do Curso de Licenciatura em Saúde Ambiental do Instituto Politécnico de Beja é autorizado em 2007 sendo o primeiro curso português da área das tecnologias da saúde criado em harmonia com os princípios reguladores de instrumentos para a criação do es-

paço europeu de ensino superior.

Em Portugal o ensino superior organiza-se num sistema binário – Universitário e Politécnico – onde as instituições de ensino superior politécnico, como o Instituto Politécnico de Beja, são organizações de alto nível orientadas para a criação, transmissão e difusão da cultura e do saber de natureza profissional, através da articulação do estudo, do ensino, da investigação orientada e do desenvolvimento experimental conferindo graus de licenciado e de mestre (RJIES, 2007). Na Europa, no plano do ensino superior preconiza-se uma importante mudança nos paradigmas de formação, centrando-a na globalidade da actividade e nas competências que os jovens devem adquirir, e projectando-a para várias etapas da vida de adulto, em necessária ligação com a evolução do conhecimento e dos interesses individuais e colectivos (PRICEES, 2005). Bolonha estimulou o reconhecimento alargado de que a aprendizagem activa do aluno fora da sala de aula é muito mais importante e eficaz do que o ensino tradicional (Guedes et al, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

No contexto anteriormente descrito as unidades curriculares (UC's) de Projecto são pela sua flexibilidade organizacional e componente prática um cenário favorável ao exercício do paradigma de Bolonha.

No plano curricular deste curso superior de saúde ambiental existem três UC's de Projecto – PI, PII e PIII – sequenciais e cada uma com a duração de um semestre. Estas unidades visam dotar os alunos de uma competência e uma maturidade intelectual consentânea com o nível académico do grau de licenciado através da concepção e implementação de um projecto no âmbito da intervenção em saúde ambiental perseguindo os seguintes objectivos:

- Facultar o contacto com ferramentas de projecto avançadas e tecnologias actuais de implementação;
- Fornecer aos alunos conhecimentos sobre aspectos tecnológicos, metodológicos e arquitecturais avançados em projecto;
- Desenvolver nos alunos competência para a realização de trabalhos integradores das matérias leccionadas no curso e que possam contribuir criativamente para a solução de problemas correntes, preferencialmente em ambiente profissional;
- Levar os alunos a uma incorporação de conhecimentos e técnicas adquiridos transversalmente no curso num trabalho que se pretende o mais prático e apli-

cado possível.

A metodologia lectiva baseia-se essencialmente em aulas de cariz prático e tutorial onde o ensino assenta no desenvolvimento das competências dos estudantes, concentrando a aprendizagem em aspectos mais relevantes, mais aplicáveis e mais propícios à sedimentação de capacidades e aptidões úteis em contextos reais de trabalho.

Na UC Projecto I é esperado que os alunos elaborem um projecto de intervenção em saúde ambiental, na UC Projecto II que o coloquem em prática e redijam um relatório de actividades e na UC Projecto III que conclua a sua avaliação e o divulguem através de posters, artigos e apresentações em encontros académicos, profissionais ou técnico-científicos. Face à tenra idade do curso superior de saúde ambiental de Beja apenas decorreram as UC's Projecto I e II. Não obstante, facultam-se neste capítulo os elementos disponíveis referentes à UC Projecto III.

Nestas unidades as competências dos alunos são avaliadas em vários momentos, cada um deles com critérios próprios e ponderações predefinidas.

Os momentos, os critérios e as ponderações foram as seguintes:

UC Projecto I – Concepção do Projecto

Tabela 1. Momentos de avaliação

Momentos		Ponderação
Tutorias	Tema do projecto	10%
	Desenho inicial	10%
	Constructo teórico	10%
	Metodologia	10%
	Revisão Final	10%
Documento		20%
Apresentação/Defesa do Documento elaborado		30%

Para as tutorias objecto de avaliação (existam tutorias para acompanhamento que não constituem momentos de avaliação) são estabelecidos objectivos os quais são previamente comunicados aos alunos. Durante as mesmas a concretização desses objectivos são objecto de apreciação e discussão, bem como, são debatidos todos os aspectos pertinentes relacionados com a execução do projecto para que face à experiência decorrida se definam as melhores estratégias para a sua concretização.

Tabela 2. Critérios de avaliação das tutorias

Critério	Ponderação
Presença	10%
Qualidade do trabalho apresentado	30%
Reflexão sobre o tema (Esforço de raciocínio)	20%
Postura dos alunos (Participação)	20%
Produtividade da sessão (Na sessão foi possível consolidar e sedimentar estratégias A sessão permitiu repensar metodologias)	20%

Tabela 3. Critérios de avaliação do documento

Critério	Descrição	Ponderação
Estrutura	A boa estrutura reflecte-se no índice coerente, onde o encadeamento/sequência do trabalho apresentam sentido.	10%
Apresentação	Trabalho harmonioso do ponto de vista visual, em especial sem rasuras, sem falhas de tinta, sem paginação errada e outros ruídos desta natureza.	10%
Clareza	Trabalho escrito com português correcto (gramática e ortografia) entendível e coerente na mensagem.	5%
	Capacidade de objectivar o tema evitando a dispersão e o recurso a conteúdos desnecessários.	5%
Objectivo	Se atingiu o objectivo proposto, nomeadamente a capacidade de construir um projecto (no final o grupo poderá elaborar um projecto sozinho). Se o projecto demonstra exequibilidade.	20%
Fundamentação técnica	Demonstração de evidência científica face ao tema. Capacidade de enquadrar o tema/pertinência.	20%
Inovação	Criatividade do tema.	20%
	Capacidade de ser disseminável/replicável	
	Capacidade do tema constituir uma mais-valia em saúde ambiental	
Bibliografia	Recurso a referências bibliográficas de fontes credíveis.	10%
	Cumprimento das normas de apresentação bibliográfica.	
	Citações em texto de acordo com essas mesmas normas.	

Tabela 4. Critérios de avaliação da apresentação/defesa do documento elaborado

Critério	Ponderação
Terminologia técnica	15%
Suporte de informação	15%
Segurança na exposição	20%
Distribuição do tempo	10%
Objectivo	40%

UC Projecto II

Tabela 5. Momentos de avaliação

Momentos	Ponderação
Tutorias	30%
Satisfação da entidade parceira	10%
Relatório de execução	60%

As tutorias são avaliadas com recurso aos mesmos critérios definidos na tabela 2.

É solicitado à principal entidade parceira que preencha um questionário onde manifesta o grau de satisfação através de uma classificação de 1 a 6. Posteriormente, através de uma chave desconhecida pelo parceiro, essa classificação é transformada numa escala de 0 a 20 valores e calculada a média de onde resulta a nota final deste momento.

Tabela 6. Critérios de avaliação da satisfação da entidade parceira

Projecto	Utilidade do projecto para a entidade parceira.
	Utilidade do projecto para a população-alvo
Alunos	Projecto inovador
	Pontualidade
	Urbanidade nos contactos
	Disponibilidade para prestar esclarecimentos e para acções não programadas
	Atitude empática com a população-alvo
	Clareza na argumentação na defesa do projecto
	Atitude positiva na execução do projecto

Tabela 7. Critérios de avaliação do relatório de execução

Critério	Descrição	Ponderação
Estrutura	A boa estrutura reflecte-se no índice coerente, onde o encadeamento/sequência do trabalho apresentam sentido.	10%
Apresentação	Trabalho harmonioso do ponto de vista visual, em especial sem rasuras, sem falhas de tinta, sem paginação errada e outros ruídos desta natureza.	10%
Clareza, correcção e síntese da redacção	Trabalho escrito com português correcto (gramática e ortografia) entendível e coerente na mensagem.	10%
	Capacidade de objectivar o tema evitando a dispersão e o recurso a conteúdos desnecessários.	10%
Objectivos	Objectivos precisos, concretos, tangíveis, validáveis e estreitos.	10%
Milestones	O seu uso permitiu aferir se as actividades de implementação estavam a progredir adequadamente.	10%
Evolução	O documento permite aprender empiricamente e utilizar as lições aprendidas para um eventual melhoramento das actividades desenvolvidas e para o fomento de um hipotético planeamento mais satisfatório. Reflecte um processo permanente que procura aumentar a pertinência, a eficiência e a eficácia das actividades.	20%
Execução	Independentemente dos objectivos alcançados a descrição da execução das actividades planeadas manifesta um esforço, empenho e atitude positiva dos alunos na realização das actividades.	20%

UC Projecto III

Esta unidade curricular consiste na apresentação pública dos resultados dos projectos realizados, com a realização de um ciclo de conferências de Saúde Ambiental, gratuitas para o público. Estas 9 conferências (cada tema de projecto, uma conferência) decorrem num formato em que, um convidado de renome faz uma abordagem técnico-científica ao tema do projecto, de seguida faz-se a apresentação dos resultados do projecto, terminado com um debate alargado à plateia.

RESULTADOS

Os resultados desta experiência, são por um lado os nove projectos realizados e por outro as importantes competências profissionais adquiridas pelos alunos, traduzidas em nota final obtida numa escala de 0 a 20 valores, resultante da ponderação dos critérios de avaliação constantes das tabelas anteriormente apresentadas.

1. Os nove projectos de intervenção comunitária em Saúde Ambiental

De seguida apresenta-se uma síntese dos projectos desenvolvidos.

- Área de Intervenção - Habitação e Saúde.
- Título – Habitabilidade.
- Objectivo - Este projecto visa reduzir ou eliminar uma possível institucionalização de idosos associada a condições de habitabilidade inadequadas, promovendo o conceito de “Habitação Saudável”.
- População alvo - Utentes do serviço de apoio domiciliário do Lar Jacinto Faleiro.
- Entidades parceiras - Câmara Municipal de Castro Verde e Lar Jacinto Faleiro.
- Breve descrição - Os alunos visitam habitações de cidadãos idosos, (utentes do Lar em regime de centro de dia) que vivem sozinhos, que se encontram economicamente desfavorecidos e que se encontram em risco de institucionalização. Sensibilizam estes idosos para a adopção de hábitos salubres e seguros na habitação e, concomitantemente, fazem um levantamento das necessidades de manutenção/restauro da habitação. Os relatórios com as necessidades de manutenção são posteriormente entregues aos serviços sociais do município para que este execute os trabalhos necessários. Este projecto também prevê formação às auxiliares de apoio domiciliário do Lar Jacinto Faleiro para que estas fiquem sensibilizadas para estes aspectos e sejam catalisadoras de hábitos salubres.
- Área de Intervenção – Substâncias Perigosas.
- Título – Recolha de termómetros de mercúrio.
- Objectivo - Este projecto consiste numa campanha de troca de termómetros de mercúrio por termómetros digitais e visa promover a Saúde Pública em defesa de um ambiente mais limpo e saudável.
- População alvo - População do Distrito de Beja.
- Entidades parceiras – Ambimed – Gestão Ambiental, Lda, COOP Proletário Alentejano, CRL, Farsana Portugal – Comércio e Indústria, S.A.
- Breve descrição – Os alunos articulam com várias entidades. Obtendo termómetros digitais que serviram para oferecer ao cidadão que devolver o seu termómetro de mercúrio. A campanha assenta na publicidade desta acção.

Tabela 8. Critérios de avaliação da UC Projecto III

Critério	Descrição	Ponderação
Preparação inicial de cada conferência	Capacidade do discente concretizar os objectivos, através de: - Definição do tema da sessão e respectivo orador de honra - Definição dos aspectos (administrativos) necessários à organização da sessão - Avaliação do projecto - Definição da estratégia da apresentação pública do grupo	20%
Preparação final da conferência	Qualidade da estrutura, conteúdo e imagem da apresentação do trabalho	20%
Participação nas conferências	Presença nas sessões paralelas (que não a sua sessão)	10%
Apresentação dos resultados do projecto	Capacidade de defender a exposição de resultados	50%

-
- Área de Intervenção – Substâncias Perigosas.
 - Título – Recolha de termómetros de mercúrio.
 - Objectivo - Este projecto consiste numa campanha de troca de termómetros de mercúrio por termómetros digitais e visa promover a Saúde Pública em defesa de um ambiente mais limpo e saudável.
 - População alvo - População do Distrito de Beja.
 - Entidades parceiras – Ambimed – Gestão Ambiental, Lda, COOP Proletário Alentejano, CRL, Farsana Portugal – Comércio e Indústria, S.A.
 - Breve descrição – Os alunos articulam com várias entidades. Obtendo termómetros digitais que serviram para oferecer ao cidadão que devolver o seu termómetro de mercúrio. A campanha assenta na publicidade desta acção.
 - O mercúrio dos termómetros recolhidos é tratado gratuitamente por uma das entidades parceiras. O projecto foi elaborado para apenas uma região (distrito) mas dado o sucesso da acção verificou-se o interesse das entidades intervenientes em alargar a todo o território nacional.
-
- Área de Intervenção - Educação Ambiental.
 - Título – Um Olhar Sobre o Futuro: Valorização de Resíduos.
 - Objectivo - O principal objectivo é dar ferramentas para que as crianças contribuam para a valorização de resíduos, através da sensibilização em Saúde Ambiental.
 - População alvo: Crianças da Ludoteca Municipal de Avis.
 - Entidade parceira: Câmara Municipal de Avis.
 - Breve descrição: Os alunos desenvolvem diversas actividades de educação e sensibilização relacionadas com a redução, reutilização e reciclagem de resíduos como a construção de ecopontos, jogos e a reciclagem de papel.
-
- Área de Intervenção – Desenvolvimento Infantil e Espaços Exteriores.
 - Título – Os Putos: A Força de Brincar.
 - Objectivo - Aumentar o número de vezes que as crianças brincam na rua e a sua autonomia perante as actividades que desenvolvem no dia-a-dia, bem como a interacção com os pais.
 - População alvo: Crianças de 7 e 8 anos de idade.
-
- Entidade parceira: Agrupamento nº 3 de Beja de Santiago Maior, EB1 nº 4 de Beja.
 - Breve descrição: Os alunos desenvolvem diversas actividades de educação para a saúde, envolvendo as crianças, professores e pais, demonstrando a importância e motivando às brincadeiras no exterior.
-
- Área de Intervenção – Comunicação e saúde.
 - Título – Newsletter de saúde ambiental: SA-on.
 - Objectivo - O projecto consiste na construção de uma Newsletter, SA-on, que tem como finalidade dar a conhecer, a todos os leitores interessados, informação actualizada que seja pertinente sobre as diversas temáticas relacionadas com a Saúde Ambiental.
 - População alvo - Técnicos de Saúde Ambiental, Estudantes, Público em geral.
 - Entidade parceira – Gabinete de Comunicação e Imagem do IPBeja e Portal de Moura.
 - Breve descrição – Os alunos concebem o layout gráfico e gerem os conteúdos de uma newsletter sobre saúde ambiental responsabilizando-se igualmente pela sua distribuição e divulgação.
-
- Área de Intervenção – Fontanários e Saúde Pública.
 - Título – O Segredo da Fonte do Anjo.
 - Objectivo - O projecto tem como finalidade salvaguardar o bem-estar da população através de acções de promoção e educação para a saúde, visando evitar o consumo da água contaminada da Fonte do Anjo na Freguesia de Santa Clara do Louredo.
 - População alvo - População da Freguesia de Santa Clara do Louredo.
 - Entidade parceira - Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Beja, EEM e a Junta de Freguesia de Santa Clara do Louredo.
 - Breve descrição – Através de jogos, trabalhos manuais, piqueniques e visitas didácticas os alunos alertam a população idosa, consumidora de água da fonte do anjo, para os riscos associados ao consumo de água de uma fonte contaminada.
-
- Área de Intervenção – Edifícios Sustentáveis.
 - Título – EdiEco – Edifícios Ecológicos.
 - Objectivo - O objectivo deste projecto é melhorar o desempenho energético-ambiental dos edifícios das residências Mista 1 e Mista 2 do Instituto Politécnico de Beja (IPBeja), com todos os benefícios associados, nomeadamente aumento da eficiência energética,

redução da procura de energia, e utilização eficaz da mesma.

- População alvo – Residências Mista 1 e 2 do IPBeja.
- Entidade parceira – Serviço de Acção Social do IPBeja.
- Breve descrição – A estratégia dos alunos consiste em colocar garrafas de água usadas em todos os autoclismos das residências. Posteriormente com o dinheiro poupado em água adquirir um relógio para desligar e ligar automaticamente o sistema de aquecimento nos períodos adequados. Sequentemente, com o dinheiro poupado, em água e gás, ir de forma progressiva adquirindo e instalando redutores de caudal e lâmpadas economizadoras. No final, este projecto de orçamento zero originará uma poupança resultante da redução dos gastos em água, gás e electricidade, valor que deverá ser sempre investido em sistemas mais económicos.

-
- Área de Intervenção – Saúde Escolar.
 - Título – Jogando com asas: Jogo do ASAS.
 - Objectivo - O projecto consiste na realização de um jogo didáctico para crianças sobre a poluição. De uma forma lúdica pretende-se incrementar conhecimentos nas crianças relativos às consequências da poluição na saúde humana.
 - População alvo - Crianças com idades entre os 8 e os 11 anos.
 - Entidade parceiras – Câmara Municipal de Beja e Instituto da Juventude.
 - Breve descrição – Os alunos elaboram um jogo da glória gigante (onde as crianças são os peões) com perguntas, tarefas e conteúdos gráficos sobre a temática da saúde ambiental. O mesmo é jogado nas escolas do ensino básico e no evento municipal do dia da criança.

-
- Área de Intervenção – Alergia Infantil e Habitat
 - Título – 100 Alergias
 - Objectivo - A ideia geral do projecto consiste em reduzir/eliminar crises alérgicas, em algumas crianças, no distrito de Beja, através da alteração de potenciais factores alérgicos presentes na habitação bem como no meio envolvente.
 - População alvo - Crianças afectadas por doenças alérgicas residentes no distrito de Beja, que frequentem as consultas de alergologia no Hospital José Joaquim Fernandes
 - Entidade parceira - Unidade Hospitalar do Baixo Alentejo

tejo

- Breve descrição – Os alunos deslocam-se à habitação de crianças referenciadas pela consulta de pediatria para, em colaboração com as famílias, tentarem minimizar a presença de objectos ou hábitos favorecedores da ocorrência de crise alérgicas.

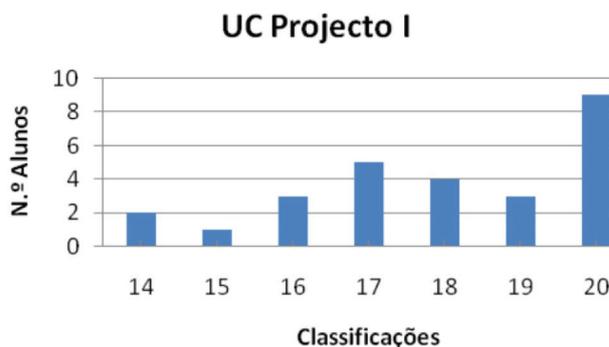
2 Os resultados obtidos pelos alunos na avaliação dos projectos

As notas finais obtidas pelos alunos na fase de concepção dos projectos – UC Projecto I resultam de 3 partes:

- a. Tutorias** - Avaliação efectuada pelo docente orientador (Tabela n.º2), cujo peso é de 50% da nota final (Tabela n.º 1);
- b. Documento** - Avaliação efectuada por um júri de 3 elementos (2 professores e um profissional externo à escola com experiência na gestão de projectos), respeitando os critérios da Tabela n.º3. Esta avaliação tem uma ponderação de 30% da nota final na UC de Projecto I (Tabela n.º1);
- c. Apresentação/defesa do documento elaborado** – Avaliação efectuada pelos mesmos elementos definidos na alínea b) numa sessão pública, através dos critérios constantes na Tabela n.º 4. Esta avaliação tem uma ponderação de 20% da nota final na UC de Projecto I (Tabela n.º1);

Da aplicação desta forma de avaliação resultaram, para o grupo de 27 alunos em estudo, as notas finais com as seguintes características:

Figura 1. Distribuição das classificações obtidas na UC Projecto I



Na figura n.º1 encontram-se as classificações finais obtidas com a UC Projecto I onde se pode verificar que:

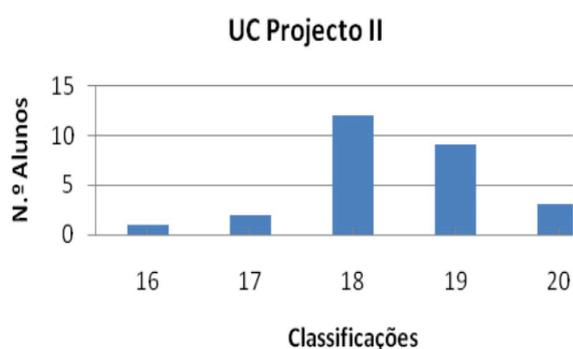
- Os Resultados variam entre 14 valores (mínimo) e 20 valores (máximo);
- A moda obtida é de 20 valores – 9 alunos;
- A média é de 18 valores.

As notas finais que resultaram da fase de execução do projecto - Projecto II, dividem-se também em 3 partes:

- Tutorias** - Avaliação efectuada pelo docente orientador (Tabela n.º2), cujo peso é de 30% da nota final (Tabela n.º 5);
- Satisfação da entidade parceira** – Avaliação efectuada pela principal entidade que articulou com o aluno, através dos critérios apresentados na Tabela n.º6. Esta avaliação tem uma ponderação de 10% na nota final do aluno (Tabela n.º 5).
- Relatório de execução** – Este elemento de avaliação é avaliado por 3 professores da escola, através dos critérios apresentados na Tabela n.º 7. Esta avaliação tem uma ponderação de 60% na nota final do aluno (Tabela n.º 5).

Da aplicação desta avaliação para o mesmo grupo (27 alunos) resultaram as notas finais com as seguintes características:

Figura 2. Distribuição das classificações obtidas na UC Projecto II



Na figura n.º2 encontram-se as classificações finais obtidas com a UC Projecto II onde se pode verificar que:

- Os Resultados variam entre 16 valores (mínimo) e 20 valores (máximo);
- A moda obtida é de 18 valores – 12 alunos;
- A média é de 18,4 valores.

Os resultados referentes às notas finais que resultam da fase de Avaliação/Divulgação do projecto - Projecto III, encontram-se em decurso pelo que ainda não podem ser apresentadas. Os critérios são os constantes na Tabela n.º 8.

DISCUSSÃO

Pelos resultados apresentados considera-se que a metodologia utilizada, para o ensino da intervenção comunitária em saúde ambiental, é consentânea com os objectivos pretendidos.

- Na UC de Projecto I, em que se buscava desenvolver a capacidade de concepção de um projecto executável, verificou-se que todos os alunos foram capazes de alcançar esse desiderato. No final todos referiram sentirem-se capazes de o desenvolverem de forma autónoma;
- Na UC de Projecto II, onde se pretendia que os projectos concebidos fossem postos em prática, verificou-se que todos foram capazes de o fazer com sucesso, ultrapassando as dificuldades que encontraram ao longo da sua aplicação. Os alunos souberam procurar as soluções adequadas e comunicaram eficazmente com a população envolvida bem como com os parceiros. No final todos os alunos indicaram ter sido um percurso de grande enriquecimento.
- Ao longo da UC de Projecto II, foram sendo aplicados instrumentos de avaliação para sistematização e divulgação na UC de Projecto III. Dessa avaliação, verificou-se que todos os projectos obtiveram resultados preliminares positivos, o que traduz uma elevada taxa de sucesso, pois representam um ganho para a saúde da comunidade;
- Foi igualmente possível apurar o reconhecimento por parte da comunidade académica e uma elevada receptividade da sociedade civil;

A experiência decorrida permitiu também identificar aspectos que suprimidos possibilitariam a obtenção de melhores resultados:

- Equipas unidisciplinares.
- Os alunos que constituem os grupos de trabalho são todos da mesma área profissional quando poderiam fazê-lo de forma transdisciplinar, no contexto da instituição (Instituto politécnico de Beja) integrando estudantes de outras áreas aí leccionadas (enfermagem, serviço social, engenharia civil, engenharia de informática, artes plásticas e multimédia, educação básica,

animação sociocultural, etc.);

- Necessidade de acompanhamento por parte do docente por um período bastante superior ao previsto no horário, em virtude das solicitações dos alunos.
A relação estabelecida com os alunos e o necessário envolvimento do docente revelou-se muito superior ao exigido pela leccionação em sala de aula;
 - Não existência de orçamento mínimo para estas actividades.
4. Os benefícios obtidos quer para a comunidade, quer para a imagem da instituição justificavam a afectação de um valor ainda que simbólico que suportasse o primeiro impulso de cada projecto.

De todas as considerações retiradas desta experiência mostra-se pertinente referir a notória motivação e envolvimento dos alunos, também traduzida nas taxas de sucesso das avaliações.

Verificou-se assim ser possível para os alunos ganhar competência e conhecimentos num modelo de ensino caracterizado pela ausência de aulas expositivas em que os discentes, auxiliados pelos docentes, tomam opções e percorrem o seu caminho de modo particularmente autónomo simulando um contexto real de exercício profissional, porque como dizia António Machado, “el camino se hace al andar”.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os alunos do 1.º Curso de Saúde Ambiental da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Beja que, enquanto estudantes, se têm extraordinariamente regido pelos mais altos valores éticos e deontológicos de profissionais de saúde ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- Decreto-Lei n.º 42/2005, de 22 de Fevereiro, estabelece os princípios reguladores de instrumentos para a criação do espaço europeu de ensino superior, DR num. 37, de 22 de Fevereiro.
- Guedes, M et al. Bolonha: Ensino e Aprendizagem por Projecto. Lisboa: Centro Atlântico, 2007.
- Lei n.º 62/2007, de 10 de Setembro, estabelece o regime jurídico das instituições de ensino superior, DR num. 174, de 10 de Setembro.
- Rufino, et al. A Autonomia dos Técnicos de Saúde Ambiental, Lisboa: ESTESLx, 2001
- Universidade Aberta. Processo de Bolonha: Génese e Fundamentos, Lisboa: UA, 2007
- <http://www.dges.mctes.pt/DGES/pt>
- <http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/Bologna/>

Un breve apunte de la reciente historia de la salud ambiental en España¹

A short note about the recent history of environmental health in Spain

Uma breve nota sobre a história recente da saúde ambiental na Espanha

Juan Atenza Fernández

Instituto de Ciencias de la Salud.
Ctra. de Extremadura, km. 114 . 45600 Talavera de la Reina (TOLEDO)
Correo e: jatenza@jccm.es

Quiero comenzar esta breve alocución dando las gracias a la Junta Directiva de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental por haber adoptado el acuerdo de concederme la insignia de plata de la Sociedad. La acepto con alegría, porque siempre es agradable comprobar que unos compañeros estiman tu labor y considero mi deber ser agradecido. Por otro lado entiendo este reconocimiento no solo como personal, sino como algo compartido con los compañeros que a lo largo de los ya muchos años de desempeño profesional han sido decisivos en cualquier tarea de utilidad que yo haya podido desarrollar en el campo de la Sanidad Ambiental y la Salud Pública.

Este es también un momento propicio para poder repasar alguno de los momentos y circunstancias más relevantes de mis 35 años de profesión en las disciplinas citadas. Entiendo que fijar la memoria personal es también una práctica recomendable para ayudar a construir de manera modesta la historia de nuestra sociedad.

Recuerdo mi formación inicial en la Escuela Nacional de Sanidad (ENS), donde realizando el curso de Oficial Sanitario (actual Máster de Salud Pública) recibí mis primeras enseñanzas específicas de Sanidad Ambiental de la mano de Juan de la Serna Espinaco, quien también ha sido reconocido con el otorgamiento de la insignia de plata de la SESA en esta misma ocasión y que, desafortunadamente, hoy no nos puede acompañar por un pasajero problema de salud. Nos presentó una versión canónica del estado del conocimiento en sanidad ambiental, con especial detalle y brillantez en el área de la contaminación atmosférica. Con él trabajaba un equipo de colaboradores, entre los que recuerdo a Antonio Mariño y a unos muy jóvenes Rosalía Fernández Patier, farmacéutica, Javier Méndez González y Eduardo Tacoron-

te Samaniego, químicos. Colaboraba igualmente como docente de la ENS el médico exiliado argentino Ricardo Saiegh², curiosa personalidad que provenía de la medicina del trabajo, transitó por el área de la salud ambiental y continuó su trayectoria como psiquiatra psicoanalítico, que fue a quien primero escuché hablar de ecología, medio ambiente y salud. ¡Eran los años de Rachel Carlson y su "Primavera silenciosa", de Ralph Nader y su activismo en defensa del medio ambiente y de James Lovelock y su Hipótesis Gaia!

Al incorporarme al entonces llamado Centro Nacional de Demostración Sanitaria (CNDS) de Talavera de la Reina en 1977 (hoy Instituto de Ciencias de la Salud de Castilla-La Mancha y en un período intermedio Centro Regional de Salud Pública: cambian los nombres, pero no tanto ni las personas ni las funciones), como jefe de Servicio de Epidemiología y Sanidad Ambiental, tuve la oportunidad de comenzar a trabajar en la práctica en este campo, muy pronto en colaboración con otra persona que resultó decisiva en mi formación y trayectoria: Benjamín Sánchez Fernández Murias, entonces y durante mucho tiempo subdirector general de Sanidad Ambiental del Ministerio de Sanidad y Consumo. Rodeado de un equipo multidisciplinar entre los que recuerdo a Jorge Pleite, Antonio Tarruell y Manuel Mariño, ingenieros que aportaban racionalismo y tecnología; Nacho Elorrieta y Rafa Tortajada, biólogos, que se incorporaron algo más tarde con sus indicadores biológicos y, muy especialmente, sus "truchómetros", así como Eduardo de la Peña, también biólogo, que ya trabajaba en temas de toxicidad; José Manuel Escanilla, geólogo, siempre acompañado de su martillo y de sus máquinas eléctricas para la búsqueda de agua; Mercedes Bezares y Belén de la Serna, física y geóloga, respectivamente, que nos introdujeron en el manejo de términos muy complejos y con las que ini-

¹ El siguiente texto recoge el sentido de la intervención del autor en el XI Congreso Español de Sanidad Ambiental y II Iberoamericano de Salud Ambiental, celebrado en Bilbao en octubre en 2011, con motivo de la recepción de la insignia de plata de la SESA. En el mismo hace un recorrido de su actividad y recuerdos de los 35 años de vida profesional

² Sobre Saiegh, primer director del Instituto de Medicina del Trabajo, de Buenos Aires, y decano de su Facultad de Medicina, véase: El Instituto de Medicina del Trabajo. Rev. salud ambient. 2010;10(1y2):78-80, y sobre todo, la documentación recomendada (Nota del Editor)

ciamos el primer programa de control de dosimetría en sanitarios locales y en los controles ambientales en territorios cercanos a una central nuclear. Y seguro que queda algún compañero más que posiblemente la memoria no me permite recordar.

De esta manera Benjamín configuró un equipo multidisciplinar en el que la Subdirección General ponía ideas, coordinación y recursos económicos; la Escuela Nacional de Sanidad aportaba sus profesionales y laboratorios, antes de la creación del Centro Nacional de Sanidad Ambiental, y desde el CNDS contribuíamos aportando un área de demostración en la que se podían desarrollar y evaluar los programas, así como el entusiasmo de este servidor y, muy pronto, del aportado por una jovencísima Carmen Riobos y otros compañeros del Centro.

Aquellos fueron los años quizá más felices y plenos de mi vida profesional; tiempo de creación y experimentación, de contacto continuo con las instituciones señaladas, y también con los sanitarios locales, con los responsables de la Administración local, de visita de abastecimientos, depuradoras, basureros, centrales nucleares, control de parásitos, estudios de toxicología,... Una visión rica y tremendamente integradora de la sanidad ambiental.

Y simultáneamente comenzábamos a observar y participar en la aparición de (estos sí) auténticos "brotes verdes" ambientales en las entonces incipientes Comunidades Autónomas, multiplicándose los contactos con compañeros que compartían similares inquietudes ambientales: Madrid, Navarra, País Vasco, Galicia, Andalucía, Murcia,... ¡Cuántos nombres detrás,...!.

En este tiempo, previo a pasar a desempeñar tareas más de carácter administrativo, puedo destacar una serie de actuaciones realizadas en el campo de la sanidad ambiental, definitorias de alguna manera de las corrientes existentes en nuestro país:

- El desarrollo de cursos de formación de secretarios municipales y concejales de sanidad.
- La participación en la redacción de la "Guía para la elaboración del Programa de Atención al Medio en Atención Primaria de Salud", enmarcada en una serie de actuaciones en este nivel asistencial en el que nuestro Centro tuvo un papel muy activo, a mediados de los ochenta. Participamos 13 profesionales de seis titulaciones universitarias diferentes, definiendo los elementos de diagnóstico, objetivos, actividades y evaluación en los campos del agua, residuos sólidos y aire.

- La participación en diversos programas y actuaciones de investigación en las áreas de intoxicación por pesticidas y plomo, la utilización de trazadores químicos (fluoresceína) en la investigación de contaminación hídrica, así como en los primeros estudios de los procesos de eutrofización y su influencia sobre la salud.
- Participación en el diseño de la figura del Técnico Especialista en Salud Ambiental y en la formación de los primeros grupos de profesores de esta materia.
- Organización de las I Jornadas Nacionales de Sanidad Ambiental para Comunidades Autónomas en 1988, en las que presentamos con Carmen Riobos y Margarita Palau una ponencia con los resultados de una encuesta sobre la organización de las CCAA en materia de Sanidad Ambiental. En total se presentaron 12 ponencias y 29 comunicaciones. Estas jornadas en las que, entre otras conclusiones, se recogió la necesidad de mantener foros de contacto y discusión científica fueron el germen de la creación de la SESA.
- Presentación del trabajo "La sanidad ambiental en España vista por los expertos", estudio Delphi, en las II Jornadas Nacionales de Sanidad Ambiental.
- Desarrollo de programas sanitarios en múltiples aspectos de la sanidad ambiental: aguas de consumo, residuales, continentales y de baño; contaminación atmosférica, residuos sólidos, radioprotección, productos químicos y toxicología,... que culminaron en 1987 con la puesta en marcha del Programa de Vigilancia y Control Sanitario de las Aguas de Consumo Público, primero que se puso en marcha en la región.
- Múltiples actividades de formación e investigación.

Pocos años más tarde pasé a desempeñar actividades básicamente de gestión en el campo de la Salud Pública, procurando no desvincularme de la Sanidad Ambiental. La absoluta confianza en la labor de Carmen Riobos Regadera y de Guadalupe Martínez Juárez, que superaron ampliamente mi trabajo, me hacía estar muy tranquilo. Uno de mis objetivos profesionales en este tiempo ha sido el fomento del trabajo en equipo multiprofesional y multidisciplinar, característico y necesario en la Salud Pública y dentro de ello, por afinidad y deformación profesional, establecer como prioritarias las acciones en el campo de la Salud Ambiental, máxime cuando en los últimos años se detecta una tendencia hacia el traslado de competencias ambientales hacia otras Administraciones y organizaciones no sanitarias.

En la actualidad mantengo contacto profesional con la Sanidad Ambiental como miembro del comité edito-

rial de la revista de la SESA y del grupo de trabajo de SES-PAS/SEE para el acceso a la formación de especialistas en Salud Pública, abierta a todas las profesiones. Si entendemos que la Salud Pública es una ciencia multidisciplinar, como se recoge en toda definición y estudio teórico de la misma, y tal como establece la reciente Ley General de Salud Pública, tenemos que buscar los mecanismos para arbitrar en breve plazo un mecanismo para que los diferentes profesionales que trabajan en este campo puedan tener acceso a la formación especializada en Salud Ambiental, con lo que conseguiremos aumentar la capacitación, profesionalización y visibilidad de nuestro colectivo.

Y si comencé estas palabras con el agradecimiento a la Junta Directiva de SESA doy término a las mismas expresando mi reconocimiento a todos aquellos que me han acompañado en esta andadura, algunos mencionados y otros no, como dije por falta de memoria, que no de méritos y de gratitud hacia ellos.

Cambio global España 2020/50 - Cambio climático y salud

Spain global change 2020/50. Climatic change and health

Mudança global Espanha 2020/50. Mudanças climáticas e saúde

Martí Boscà JV (director) et al. Cambio global España 2020/50 - Cambio climático y salud. Asturias: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, Sociedad Española de Sanidad Ambiental y Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental; 2012. ISBN: 978-84-615-7307-3. 370 p.

Los mayores retos de los sistemas de salud pública en el presente están de un lado asociados con los cambios en la forma de la pirámide poblacional y de otro con su distribución espacial: cada vez la población es más longeva y tiende a asentarse en zonas urbanas. El reto se incrementa aún más para los expertos en salud pública cuando se intenta dilucidar los efectos que la variabilidad climática y el cambio climático tienen en las condiciones de salud de la población. En este sentido, la publicación reciente del libro Cambio Global España 2020/50 - Cambio Climático y Salud, describe los impactos del cambio climático en salud en España y ofrece un panorama de los problemas que el cambio ha provocado/provocará en la salud de los españoles.

El libro tiene un abordaje centrado en mostrar cómo se manifiestan la vulnerabilidad y las amenazas asociadas con eventos extremos de clima, o con la variabilidad climática, y en qué medida definen un marco de referencia para la discusión de los impactos y los riesgos observados o potenciales de los ecosistemas, de la economía y de la salud de la población española ante cambios recurrentes o inesperados del clima. Dentro de los temas tratados se encuentran: olas de calor y frío, eventos meteorológicos extremos (sequías o inundaciones), oferta de agua y alimentos, vectores, contaminación atmosférica, polen y radiación ultravioleta. Adicionalmente, se incluyen como temas asociados: el costo económico del impacto sanitario del cambio climático, un estudio de caso sobre procesos atmosféricos en la cuenca Mediterránea Occidental y una discusión sobre los riesgos adicionales que frente al cambio climático deben soportar la población adulta mayor, los niños y la población económicamente activa. Cada uno de los temas es desarrollado por un experto y la monografía es utilizada como método de síntesis.

Aunque el documento es muy general en la discusión de planes de adaptación y prevención de acuerdo a los riesgos estudiados, refuerza la importancia de tener un

enfoque holístico e intersectorial para tener éxito en la ejecución de los mismos. En ese sentido, la recopilación ordenada y detallada de hechos y estudios basados en la evidencia, garantiza que quienes estén interesados en la implementación de las estrategias operativas de estos planes de adaptación en las diferentes instancias gubernamentales y de la sociedad civil, cuenten con una buena revisión de literatura de lo hecho localmente (España) para hacer comparaciones con otros países de la situación y de las acciones pertinentes que permitan reducir el riesgo en salud de los impactos del cambio climático.

Dentro de las estrategias de adaptación es fundamental reconocer que uno de sus pilares es el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia en salud, ya que como se conoce en el campo de la salud pública, la vigilancia es el paso obligado que se requiere para identificar, monitorear y evaluar objetivamente un problema o un riesgo de salud. En la actualidad el uso de los datos de clima en la vigilancia en salud pública, aunque en aumento, es limitado y está claro que su potencial se incrementará cuando los mecanismos que describen los impactos de clima en la carga de las enfermedades sean validados vía un incremento del poder predictivo y explicativo al comparar los modelos que los usan, con los que no los usan.

Estas complementariedades implican la necesidad de mejorar la comunicación entre los expertos en salud pública y de otros sectores con los expertos de clima, así como el establecimiento de unos puentes institucionales eficientes y tecnológicamente viables. La creación de dicha capacidad instalada contribuirá a fortalecer y mejorar las decisiones tomadas en el sector salud y se debe reflejar en una reducción de los impactos de los eventos meteorológicos previsibles, no solo en salud, sino en otros sectores de la economía, en el medio plazo.

De esta forma, el libro 'Cambio Global España 2020/2050. Cambio Climático y Salud' va a constituirse

en una referencia obligada de investigadores, epidemiólogos, profesionales y tomadores de decisiones en salud de Hispanoamérica puesto que provee un mecanismo ordenado para entender cómo incorporar el clima como otro factor determinante del proceso salud-enfermedad en su agenda profesional e institucional.

Gilma C. Mantilla C.

International Research Institute for Climate and Society.
Earth Institute at Columbia University.
Correo e: mantilla@iri.columbia.edu

Encuesta de opinión de los socios de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental

An opinion survey of members of the Spanish Society of Environmental Health

Inquérito de opinião aos sócios da Sociedade Espanhola de Saúde Ambiental

María Luisa Pita Toledo¹, María Pilar Basanta Paredes¹, Pedro Pi Renart¹ y Teresa Martín Zuriaga²

(1) Dirección General de Salud Pública del Servicio Canario de la Salud. Las Palmas de Gran Canaria.

(2) Subdirección Provincial de Salud Pública de Teruel.

Cita: Pita-Toledo ML, Basanta-Paredes MP, Pi-Renart P, Martín-Zuriaga T. Encuesta de opinión de los socios de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Rev. salud ambient. 2012;12(1):73-76

Recibido: 18 de abril de 2012. **Aceptado:** 28 de mayo de 2012. **Publicado:** 28 de junio de 2012

Autor para correspondencia: María Luisa Pita Toledo. Dirección General de Salud Pública del Servicio Canario de la Salud. C/ Alfonso XIII, 4. Las Palmas de Gran Canaria. Correo e: mluisa.pitatoledo@gobiernodecanarias.org

Financiación: Ninguna

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en relación con la publicación del presente artículo.

Resumen

El objetivo de este trabajo ha sido conocer el perfil de los socios de SESA, sus intereses, inquietudes y demandas profesionales, así como su grado de satisfacción con las actividades de la sociedad, para que estas se adecuen mejor a lo que los socios necesitan. Para ello se elaboró un cuestionario en el que se recogen aspectos relativos al perfil del asociado, a las actividades desarrolladas por la Sociedad así como a cuestiones de carácter técnico y científico.

A continuación se presenta el resultado del análisis de los datos obtenidos, entre los que cabe destacar la necesidad de rejuvenecer la sociedad, de diversificar el perfil profesional de los asociados y de que SESA tenga una mayor presencia en la vida científica y social. También se detallan las actividades mejor valoradas por los socios, entre las que cabe destacar los congresos, las jornadas técnicas, la revista y la página Web.

Palabras clave: Encuesta; asociados; Sociedad Española de Sanidad Ambiental; SESA; sanidad ambiental, sociedades científicas.

Abstract

The aim of this study was to find out the profile of the members of SESA, their interests, concerns and professional requirements, as well as their level of satisfaction with the activities of the Society, so that these activities can be better adapted by the board to the needs of members.

For this purpose, a questionnaire was prepared that included aspects relating to the profile of members and the activities undertaken by the society, as well as some technical and scientific matters.

Analysis of the data obtained from this survey emphasized the need to rejuvenate the society, to diversify the professional profile of members and to strengthen the role of SESA in scientific and social life. In addition, the results also provided details about the activities that were most appreciated by the members, among which were conferences, technical seminars, the Journal and the Web page.

Keywords: Survey; members; Spanish Society of Environmental Health; SESA; Environmental Health; scientific societies.

Resumo

O objetivo deste estudo foi conhecer o perfil dos sócios da SESA, seus interesses, preocupações e demandas profissionais, bem como, o grau de satisfação relativamente às atividades da Sociedade para que estas se possam adequar mais às necessidades dos sócios.

Para este efeito elaborou-se um questionário com itens relativos ao perfil do associado, às atividades desenvolvidas pela Sociedade e a aspetos técnico-científicos.

Neste artigo apresentam-se os resultados da análise dos dados obtidos de onde se destacam a necessidade de rejuvenescer a Sociedade, de diversificar o perfil profissional dos associado e de que a SESA tenha uma maior presença na vida científica e social.

Também são identificadas as atividades mais valorizadas pelos sócios ente as quais se destacam os congressos, as jornadas técnicas, a revista e a página web.

Palavras-chave: Questionário, sócios, Sociedade Espanhola de Saúde Ambiental, SESA, saúde ambiental, sociedades científicas

INTRODUCCIÓN

La sociedades científicas tienen entre sus fines el responder a las necesidades científicas y profesionales de los que componen las mismas, pero en estas sociedades puede ocurrir que el perfil de sus miembros sea heterogéneo, como es el caso de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, en donde pueden confluír socios procedentes de numerosos sectores laborales y con distintas titulaciones. El organizar actividades y responder a las demandas de esos socios se hace difícil y es preciso establecer sistemas que nos permitan disponer de un denominador común. Es por este motivo por el que la junta directiva de SESA tomó la decisión de realizar un estudio que permitiese conocer el perfil, inquietudes, demandas y necesidades de los socios para orientar las actividades de la sociedad.

Una de las posibilidades de estudio es la consulta directa, por lo que el día 7 de octubre de 2010 se dirigió una encuesta a todos los asociados partiendo de los siguientes objetivos:

- Conocer el perfil de los asociados (edad, profesión, ámbito de trabajo).
- Evaluar el grado de satisfacción de los asociados con las actividades y servicios desarrollados por la sociedad.
- Determinar las expectativas y necesidades de los asociados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se elaboró un cuestionario con 19 preguntas agrupadas en cuatro epígrafes: *perfil del asociado* (edad, profesión, ámbito de trabajo y centro de trabajo), *actividades desarrolladas por la sociedad* (congresos, jornadas, seminarios y revista), *aspectos técnico-científicos* y *diseño y funcionalidad de la página Web*, con cinco preguntas cerradas de opción múltiple, cinco preguntas abiertas que permitían valoraciones y sugerencias, y ocho preguntas mixtas o cerradas que además permiten ampliar, matizar o aclarar la respuesta.

La encuesta se envió por correo electrónico a todos los asociados el día 25 de octubre de 2010 con un plazo inicial de 15 días que posteriormente se fue ampliando

hasta el 5 de diciembre del mismo año. Los datos se trataron con base de datos en Microsoft Office Access y hoja de cálculo en Microsoft Office Excel.

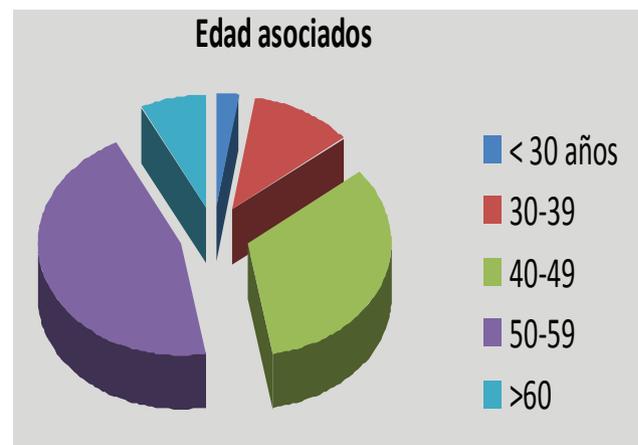
Para incentivar la participación, se ofreció a los participantes un sorteo de tres inscripciones gratuitas al XI Congreso Español y II Iberoamericano de Salud Ambiental, cuya celebración tendría lugar en Bilbao del 26 al 28 de octubre del año 2011.

RESULTADOS

Se obtuvo una tasa de respuesta del 31% (121 asociados contestaron).

El 78,5% de los encuestados se encuentran en el tramo de edad comprendido entre 40 y 59 años (Figura 1). Los menores de 40 años representan el 14,1% de las respuestas, y el 7,4% tienen 60 o más años. El grupo de edad comprendido entre 50 y 59 años es mayoritario en SESA, mientras que el grupo de edad menor de 30 años es muy minoritario.

Figura 1. Distribución de los asociados a SESA por grupos de edad.



La titulación de los encuestados es mayoritariamente la de Farmacia (54,5%) seguida de Biología (14,9%), Química (10%), Medicina (7,4%), Veterinaria (7,4%) y Física (0,8%) (Tabla 1).

Tabla 1. Titulación de los asociados.

Titulación	Respuestas	% Total
Farmacia	66	54,5
Biología	18	14,9
Química	12	10
Física	1	0,8
Medicina	9	7,4
Veterinaria	9	7,4
No cumplimenta	6	5
Total	121	100

El 73% de los socios que contestaron la encuesta, desarrolla su actividad laboral en la administración pública autonómica y el 7% en la universidad. Con una participación mínima en la administración local, administración central e industria, que en conjunto representan el 6% de nuestros asociados (Tabla 2).

Tabla 2. Centros de trabajo en que desempeñan su actividad profesional.

Centro de trabajo	Respuestas	% Total
Administración Local	3	2,5
Administración Autonómica	88	73
Ministerio de Sanidad	2	1
Universidad	8	7
Industria	3	2,5
No cumplimenta	17	14
Total	121	100

En cuanto a la valoración de las actividades desarrolladas por la sociedad, aproximadamente el 95% de los encuestados valoró la actividad congresual como buena o muy buena (Tabla 3). La revista publicada por la sociedad es considerada útil y muy interesante por el 69% de los encuestados y un 27,3% opina que se puede mejorar (Tabla 4).

Una gran mayoría de los encuestados coincide en la necesidad de abrir nuevas vías de investigación (69%), de más formación específica en materia de salud ambiental (76%). El 83% de los encuestados considera que la SESA debe tener una mayor visibilidad y participación en los medios de comunicación en respuesta a los temas de actualidad en materia de salud ambiental (Figura 2).

Tabla 3. Opinión de los asociados sobre la actividad congresual organizada por SESA.

Valoración de la actividad congresual	Respuestas	% total
Muy buena	38	31,5
Buena	77	63,6
Mala	0	0
No cumplimenta	6	4,9
Total	121	100

Tabla 4. Opinión de los asociados sobre la Revista de Salud Ambiental.

Valoración de la Revista	Respuestas	% Total
Interesante y muy útil	84	69,4
Es mejorable	33	27,3
No me gusta	1	0,8
No la conozco	2	1,7
No cumplimenta	1	0,8
Total	121	100

Figura 2. Demanda de los asociados a la SESA



La página Web ha sido muy bien valorada por los encuestados. El 80% considera que está bien diseñada, es funcional y sus contenidos son de buena calidad, y el 74% otorga una valoración buena o muy buena en lo relativo a la actualización de sus contenidos (Tabla 5).

El 92% de los encuestados considera de gran utilidad que la Web recoja contenidos como legislación y programas de vigilancia. Un 75,3% cree que sería útil disponer de un chat profesional entre los asociados para consultar dudas e intercambiar opiniones y criterios. Finalmente un 65% consideran la Web como una herramienta útil

Tabla 5. Valoración de las características técnicas y de contenido de la página Web de SESA.

Valoración de Características técnicas y de contenido de la WEB	Facilidad de uso	Calidad de contenidos	Actualización de contenidos	Descarga de contenidos	Diseño
Muy buena	40 (33%)	15 (12,4%)	11 (9,1%)	26 (21,5%)	19 (15,7%)
Buena	70 (58%)	89(73,6%)	79(65,3%)	76(62,8%)	80 (66,2%)
Mala	1 (0,8%)	7 (5,8%)	20(16,5%)	7(5,8%)	10 (8,2%)
No cumplimenta	10 (8,2%)	10 (8,2%)	11 (9,1%)	12 (9,9%)	12 (9,9%)
Total	121 (100%)	121 (100%)	121 (100%)	121 (100%)	121 (100%)

Tabla 6. Valoración de la utilidad de la página Web de SESA

Valoración de la utilidad de la WEB	Si	No	Otras	No cumplimenta
Ayuda en el desempeño del trabajo	79 (65%)	30 (25%)	3 (2,5%)	9 (7,5%)
Información sobre actividades relativas a la sanidad ambiental	111 (92%)	0	3 (2,5 %)	7 (5,5%)
Utilidad de disponer de un chat	91 (75,3%)	2 (1,7%)	22 (18%)	6 (5%)

para el desempeño del trabajo. Para la mayoría de los asociados la página Web de SESA es útil tanto para el desempeño de su trabajo, como para informarse sobre actividades relativas a la sanidad ambiental (Tabla 6).

CONCLUSIONES

1. La Sociedad Española de Sanidad Ambiental es una sociedad "mayor" que necesita rejuvenecerse y buscar asociados entre los grupos de edad comprendidos entre 23 y 39 años, que actualmente solo representan el 14,1% de los miembros de la sociedad.
2. Dado el carácter interdisciplinar y global de la sanidad ambiental, se debería diversificar el perfil laboral de los asociados, enriqueciéndonos con la participación de nuevos profesionales sanitarios y no sanitarios.
3. La creación de un chat profesional es una buena idea aunque difícil de aplicar, por la dificultad que supone su mantenimiento y atención constante para garantizar su eficacia e interés.
4. Sería muy conveniente abrir vías de investigación y organizar grupos de trabajo para la elaboración de protocolos con el fin de dar respuesta técnica a los nuevos retos profesionales que se deben asumir.
5. Sería también conveniente adoptar medidas proactivas para tener mayor presencia y visibilidad en la sociedad a través de los medios de comunicación científicos y sociales.
6. Así mismo, los socios expresan la necesidad de mantener la calidad de los congresos y jornadas, la Web y mejorar la revista.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud más sincera a todos los asociados de SESA que han tenido la gentileza de participar en la cumplimentación de la encuesta, cuyos resultados son inestimables, tanto para los miembros de la actual junta directiva como para los que vendrán.

GRANADA

2013

12-14 Junio



XII

CONGRESO ESPAÑOL DE SALUD AMBIENTAL

- LA SALUD EN TODOS LOS ENTORNOS -

WWW.SANIDADAMBIENTAL.COM

ORGANIZA:



Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA)

CON LA COLABORACIÓN DE:



Escuela Andaluza de Salud Pública
CONSEJERÍA DE SALUD Y BIENESTAR SOCIAL

SECRETARÍA TÉCNICA:



Tel: 91 662 46 50
E-mail: sesa2013@mastercongresos.com
www.mastercongresos.com/sesa2013