

Original

Concentración de cloro en el aire de las piscinas cubiertas y sus efectos en la salud de los trabajadores a pie de piscina

Álvaro Fernández-Luna^{a,*}, Pablo Burillo^b, José Luis Felipe^a, Leonor Gallardo^c y Francisco Manuel Tamaral^c

^a Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Europea de Madrid, Madrid, España

^b Instituto Ciencias del Deporte, Universidad Camilo José Cela, Madrid, España

^c Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 5 de julio de 2012

Aceptado el 1 de febrero de 2013

On-line el 26 de marzo de 2013

Palabras clave:

Cloro gas

Salud laboral

Piscina

Ventilación

Keywords:

Chlorine gas

Occupational health

Swimming pool

Ventilation

R E S U M E N

Objetivo: Describir las concentraciones de cloro en el aire interior de piscinas cubiertas y relacionarlas con otros parámetros de la instalación, así como con los problemas de salud percibidos por los trabajadores a pie de piscina.

Métodos: Se analizaron 21 piscinas con tratamiento químico basado en cloración en Castilla-La Mancha. Se aplicó el método de yodometría redox para obtener la concentración de cloro en el aire. Se evaluaron las concentraciones de cloro libre y combinado en el agua, el pH y la temperatura. Se realizó una encuesta de problemas de salud percibidos a los 230 trabajadores a pie de piscina de estas instalaciones.

Resultados: El valor medio de cloro en el aire fue de $4,3 \pm 2,3$ mg/m³. El pH se encontraba dentro de las normas. No cumplían los parámetros de temperatura 17 de las 21 piscinas analizadas. La irritación de ojos, la sequedad y la irritación de la piel, y los problemas respiratorios y auditivos, son percibidos por un porcentaje significativamente mayor de trabajadores en las piscinas donde la concentración de cloro en el aire está por encima de la norma.

Conclusiones: La concentración de cloro en el aire supera a las de otros estudios similares. En un 85% de las instalaciones es superior a 1,5 mg/m³, límite establecido para padecer efectos irritantes. La concentración de cloro en el aire tiene una relación directa con la percepción de problemas de salud en los trabajadores a pie de piscina.

© 2012 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Chlorine concentrations in the air of indoor swimming pools and their effects on swimming pool workers

A B S T R A C T

Objective: To describe chlorine levels in the air of indoor swimming pools in Castilla-La Mancha (Spain) and relate them to other chemical parameters in the installation and to the health problems perceived by swimming pool workers.

Methods: We analyzed 21 pools with chlorine as chemical treatment in Castilla-La Mancha. The iodometry method was applied to measure chlorine concentrations in the air. The concentrations of free and combined chlorine in water, pH and temperature were also evaluated. Health problems were surveyed in 230 swimming pool workers in these facilities.

Results: The mean chlorine level in the air of swimming pools was 4.3 ± 2.3 mg/m³. The pH values were within the legal limits. The temperature parameters did not comply with regulations in 17 of the 21 pools analyzed. In the pools where chlorine values in the air were above the legal regulations, a significantly higher percentage of swimming pool workers perceived eye irritation, dryness and irritation of skin, and ear problems.

Conclusions: Chlorine values in the air of indoor swimming pools were higher than those reported in similar studies. Most of the facilities (85%) exceeded the concentration of 1.5 mg/m³ established as the limit for the risk of irritating effects. The concentration of chlorine in indoor swimming pool air has a direct effect on the self-perceived health problems of swimming pool workers.

© 2012 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El método de desinfección del agua más utilizado en las piscinas cubiertas de todo el mundo es la cloración¹. En España, su aplicación se regula mediante los Decretos de Condiciones Sanitarias en Piscinas propios de cada comunidad autónoma. Esta normativa incluye los parámetros físico-químicos de calidad en el agua y las

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alvaro.fernandezluna@hotmail.es (A. Fernández-Luna).

instalaciones para garantizar una correcta desinfección, así como para evitar los posibles efectos perniciosos de la cloración sobre la salud de usuarios y trabajadores². El elemento químico más común en el aire de las piscinas cubiertas es el cloro gas (Cl_2), generado por una mala homogenización del producto derivado del cloro utilizado y su contacto con el reductor de pH, o bien por una dosificación de producto a alta velocidad². Sin embargo, en los decretos antes mencionados no se tiene en cuenta la concentración ambiental de los productos derivados de la cloración, que pueden tener los mismos efectos negativos que la concentración química existente en el agua, y no dependen sólo del correcto control de los parámetros de calidad establecidos. La única regulación existente al respecto son las normas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en las que se explica el procedimiento de medición del cloro ambiental³, así como los efectos adversos que puede tener en la salud⁴.

Por otra parte, al combinarse el cloro libre con materia orgánica liberada por los usuarios (urea, saliva y sudor) se generan otros subproductos de desinfección, entre los que destacan los trihalometanos (cloroformo) y las cloraminas⁵ (tricloraminas), que se encuentran en estado volátil en la naturaleza, así como en la lámina de agua y el recinto de las piscinas cubiertas⁶.

El Cl_2 produce un efecto irritante en las vías respiratorias y el tejido pulmonar, así como una inflamación en las mucosas, en combinación con los subproductos de desinfección, que se relaciona con afecciones como el asma^{7,8}. Por otra parte, los subproductos de desinfección se han asociado con problemas de salud en los ojos⁹, en el conducto auditivo¹⁰ y en la piel¹¹. Además, recientemente se han encontrado nuevos subproductos de desinfección en el agua de piscinas cubiertas con efectos mutágenos^{5,12}, y el cloroformo presente en las piscinas cubiertas se ha relacionado con el cáncer de vejiga¹³.

La principal vía de exposición a estas sustancias es la inhalación. Las personas que realizan una actividad física en el medio acuático son más propensas a inhalar una mayor cantidad de Cl_2 y subproductos de desinfección en función de la intensidad de su ejercicio^{2,14-16}. Algunos estudios^{17,18} se han centrado en los trabajadores a pie de piscina, que es la población que pasa mayor número de horas expuesta al cloro y a los subproductos de desinfección en el aire ambiental. En estos estudios participaron socorristas, monitores y otro personal a pie de piscina, y se identificaron numerosos síntomas de los problemas de salud relacionados. En España, esta población se ha estudiado desde el punto de vista cualitativo¹⁹.

También se han realizado estudios en España sobre las concentraciones de cloro en el agua y el aire, y su relación directa con parámetros importantes de control como son la ventilación, la temperatura y el correcto control del pH². Recientemente se han evaluado las concentraciones de cloroformo en el aire²⁰ y el impacto sobre la salud de los usuarios y el personal en una piscina cubierta tras un accidente con cloro gas²¹.

El objetivo de este estudio fue medir los parámetros de calidad del agua y el ambiente, y la concentración de cloro en el aire de las piscinas cubiertas de Castilla-La Mancha, así como la percepción de problemas de salud de los trabajadores a pie de piscina de estas instalaciones, para comprobar si hay relación entre los parámetros medidos y las percepciones de los trabajadores.

Métodos

Selección de piscinas

Se seleccionaron 21 piscinas públicas cubiertas en la comunidad de Castilla-La Mancha con tratamiento químico basado en cloración, abarcando el 100% del universo muestral.

Medidas ambientales

El muestreo del aire y del agua se realizó entre enero y abril de 2010. Los muestreos se realizaron en la horas de mayor afluencia en el vaso de agua, entre las 18.00 y las 20.00 horas, en cuatro puntos correspondientes a las esquinas del vaso a la altura de la lámina de agua ($<10\text{ cm}$)¹⁶. Siguiendo las pautas de otros estudios y normas de actuación^{2,3}, se elaboraron los procedimientos para medir el cloro atmosférico en piscinas cubiertas mediante yodometría redox. Para la recogida de muestras se utilizó una bomba de aspiración, haciendo pasar un volumen de aire de 30 l a una velocidad de 1 l/min a través de borboteadores en serie con 10 ml de solución absorbente de yoduro potásico al 1%, a pH ácido. El límite de detección estimado fue de 0,09 mg/m³ de cloro para el volumen de muestreo indicado. El yodo liberado en cada borboteador se midió en un espectrofotómetro Shimadzu®, modelo UV-MINI-1240, a 352 nm de longitud de onda. También se tuvieron en cuenta parámetros como el cloro libre (mg/l) y combinado (mg/l), y el pH, obteniendo una muestra a aproximadamente 20 cm de profundidad y evaluándola por colorimetría y posterior espectrofotometría. Para el análisis estadístico, los datos obtenidos se clasificaron en dos categorías nominales en función del cumplimiento de la normativa: «sí cumple los parámetros» o «no cumple los parámetros».

Población de estudio

Con un universo total teórico basado en una media de 10 trabajadores a pie de piscina por instalación, se encuestó a 230 trabajadores, con un error muestral del 3% y un nivel de confianza del 95%. El proceso de recogida de resultados se realizó en las 21 piscinas donde se evaluaron las condiciones de cloro ambiental. La muestra de trabajadores estuvo formada por un 58,3% de hombres, un 21% de socorristas y un 79% de socorristas/monitores, con una media de edad de 32 ± 8 años, contratados como mínimo a media jornada (20 h). Un 12,5% de los encuestados trabajaba en horario de mañana, un 42,9% en horario de tarde y un 44,6% en ambas franjas horarias. Por otra parte, el 32,1% de los trabajadores tenían una experiencia inferior a 2 años, y un 67,9% una experiencia mayor.

Cuestionarios

Para esta investigación se siguieron unas pautas metodológicas similares a las de otros estudios de problemas de salud percibidos en trabajadores y usuarios^{17,22}. Se utilizó una metodología cuantitativa mediante un cuestionario que incluía las siguientes variables: escozor o irritación ocular fuera y dentro del agua, problemas respiratorios (bloqueo, tos, irritación de garganta), problemas dermatológicos (piel seca, irritación) y problemas auditivos. Las respuestas del cuestionario se clasificaron de manera nominal en «ha percibido los problemas alguna vez» o «nunca». Para evaluar la validez y la fiabilidad del cuestionario, en primer lugar se sometió a revisión por un grupo de expertos (dos médicos, cinco gestores y 15 encargados de mantenimiento, con más de 5 años de experiencia en instalaciones acuáticas). A continuación se elaboró un cuestionario piloto ($n = 30$), cuyos resultados se trataron con la medida de adecuación muestral Kaiser-Meyer-Olkin ($\text{KMO} = 0,765$) y la validez con el test de esfericidad de Barlett ($\chi^2 = 0,000$). La fiabilidad, evaluada mediante alfa de Cronbach, fue de 0,754.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS 19.0. Según la prueba de normalidad realizada (Kolmogorov-Smirnov), los valores de los parámetros del agua y del aire en las piscinas se encontraron alejados del comportamiento normal, con un 99% de confianza, mientras que las clasificaciones nominales de los

Tabla 1

Parámetros de calidad para el agua y el aire en las piscinas cubiertas (n = 21). Castilla-La Mancha, 2010. Cumplimiento del Decreto 288/2007

Piscina	Cl agua (mg/l)	Cl combinado (mg/l)	pH	Temp. agua (°C)	Temp. aire (°C)	Media cloro en aire total (mg/m ³) (DE)	Mín-max cloro en aire total, para las 4 tomas en la piscina (mg/m ³)	Media cloro en aire, ppm (DE)	Mín-max cloro en aire, ppm, para las 4 tomas en la piscina
1 ^b	1,92	0,83 ^c	7,8	27,6	26,7 ^c	2,79 (0,58)	2,19-3,57	1,03 (0,21)	0,81-1,32
2 ^a	1,3	0,33	7,2	29,2 ^c	27,7 ^c	4,45 (0,30)	4,04-4,72	1,66 (0,11)	1,50-1,76
3 ^a	1,4	0,8 ^c	7,2	28,4 ^c	27,2 ^c	4,91 (2,56)	3,16-8,63	1,85 (0,97)	1,19-3,26
4 ^a	0,87	0,39	7,3	27,8	29 ^c	4,92 (2,45)	3,54-8,61	1,86 (0,92)	1,33-3,25
5 ^b	0,6 ^c	0,4	7,8	26	27 ^c	1,27 (0,15)	1,17-1,50	0,48 (0,05)	0,44-0,57
6 ^a	0,8	0,4	6,9	26,2	28,4	2,82 (0,85)	2,03-3,58	1,05 (0,32)	0,76-1,33
7 ^b	1,07 ^c	0,71 ^c	8,5 ^c	28	29,6 ^c	2,39 (0,38)	2,11-2,95	0,90 (0,14)	0,79-1,11
8 ^a	0,4 ^c	0,61 ^c	7,38	28,6 ^c	29,5 ^c	2,40 (0,49)	2,01-3,13	0,94 (0,19)	0,78-1,22
9 ^a	0,83	0,43	7,27	27,6	29 ^c	4,74 (0,14)	4,54-4,87	1,85 (0,05)	1,77-1,90
10 ^b	2,5 ^c	0,9 ^c	7,6	27,2	24,7 ^c	2,57 (0,02)	2,55-2,61	0,94 (0,01)	0,93-0,95
11 ^b	0,7 ^c	0,7 ^c	7,9	27,9	28,8 ^c	1,49 (0,24)	1,22-1,74	0,56 (0,09)	0,46-0,66
12 ^a	1	0,7 ^c	7,2	28,9 ^c	25,5 ^c	3,60 (0,46)	3,06-4,09	1,33 (0,17)	1,13-1,52
13 ^a	1	0,55	7	27	30,3	2,79 (0,63)	1,98-3,47	1,04 (0,23)	0,74-1,29
14 ^a	2,72 ^c	0,9 ^c	7,3	28	27 ^c	1,16 (0,38)	0,66-1,51	0,43 (0,14)	0,24-0,56
15 ^a	1,26	0,9 ^c	7,22	27	29	3,20 (0,61)	2,03-3,87	1,20 (0,30)	0,76-1,46
16 ^a	0,8	0,3	7,4	27	24 ^c	1,63 (0,75)	0,57-2,35	0,60 (0,28)	0,21-0,87
17 ^a	0,8	0,3	7,4	26,7	27,1 ^c	2,16 (0,44)	1,58-2,57	0,81(0,16)	0,59-0,96
18 ^a	1,2	0,4	7,5	28,3 ^c	27,1 ^c	3,05 (1,78)	1,74-5,65	1,15 (0,67)	0,65-2,12
19 ^a	0,8	0,43	7,5	27,4	29 ^c	4,51 (0,67)	3,93-5,26	1,70 (0,25)	1,49-1,99
20 ^a	0,58	0,5	7,1	27,2	29 ^c	6,98 (1,46)	5,73-8,79	2,63 (0,55)	2,15-3,31
21 ^a	1,3	0,87 ^c	7,3	27,2	29,4	7,37 (1,18)	6,35-8,81	2,79 (0,44)	2,40-3,34
Media (DE)	1,1 (0,6)	0,6 (0,2)	7,4 (0,3)	27,5 (0,5)	27,8 (1,6)	4,32 (2,3)		1,6 (0,8)	

DE: desviación estándar; ppm: partes por millón.

^a Parámetros establecidos para pH entre 6,8 y 7,5.^b Parámetros establecidos para pH entre 7,6 y 8.^c No se cumplen los parámetros establecidos por el Decreto 288/2007 de condiciones higiénico-sanitarias de piscinas de uso público. Castilla-La Mancha.

problemas de salud y cumplimiento de normativa/recomendaciones se encontraron significativamente dentro del comportamiento normal, lo cual pudo afirmarse también con un 99% de confianza. Por este motivo se recurrió a pruebas de carácter no paramétrico a la hora de elegir los procedimientos y las técnicas de análisis estadístico para los parámetros del agua y del aire de las piscinas, y no paramétrico para las clasificaciones nominales de problemas de salud y cumplimiento de la normativa/recomendaciones. En primer lugar se estableció una correlación mediante el coeficiente rho de Spearman entre los valores obtenidos en los diversos parámetros del agua y del aire, y luego se utilizó la prueba de ji al cuadrado para el análisis de los valores observados, respecto a los esperados, en la comparación de las variables nominales.

Resultados

Siguiendo la **tabla 1**, se obtuvo una concentración media de cloro en el aire interior de $4,3 \pm 2,3$ mg/m³. Tomando como referencia el decreto 288/2007 de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha por el que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso público²³, podemos observar que los parámetros de temperatura ambiente, que debe ser entre 2 y 4 °C superior a la temperatura del vaso, se incumplen en 17 de las 21 piscinas analizadas. Por otra parte, cinco instalaciones superan los valores de temperatura máxima del agua del vaso, establecida en 28 °C. El cloro combinado tiene unos valores superiores a los establecidos por la normativa (0,6 mg/l) en 10 de las 21 instalaciones. Además, el cloro libre en el agua muestra valores por encima en dos casos, y en otras cuatro ocasiones por debajo de los límites establecidos (que se encuentran, según la normativa, entre 0,6 y 1,5 mg/l para un pH de 6,8 a 7,5, o entre 1,5 y 2 mg/l para un pH de 7,6 a 8).

En la **tabla 2** se muestra que el valor medio del cloro total en el aire se correlaciona positivamente con la temperatura ambiente y del agua de la piscina ($p < 0,001$), y de manera negativa con el cloro libre en el agua, el pH ($p < 0,001$) y el cloro combinado ($p = 0,011$). El pH se correlaciona a su vez positivamente con el cloro combinado en el agua ($p < 0,001$), con una relación positiva entre sí ($p < 0,001$).

Por último, la temperatura de la piscina se relaciona positivamente con el cloro libre en el agua ($p < 0,001$) y con el cloro combinado ($p = 0,015$), mientras que la temperatura del exterior tiene una relación negativa con la cantidad de cloro libre en el agua ($p < 0,001$) y con el cloro combinado ($p = 0,042$).

En los cuestionarios de percepción de problemas de salud de los trabajadores a pie de piscina se encontraron los siguientes porcentajes: 79,1% irritación de ojos fuera del agua y 86,1% dentro del agua, 56,1% irritación de piel, 82,4% sequedad de piel, 61,3% problemas respiratorios y 42,6% problemas auditivos.

En la **tabla 3** se analiza la relación entre el cumplimiento de los parámetros del aire en la instalación y los problemas de salud mediante el estadístico ji al cuadrado, y se observa que el porcentaje de sujetos que han percibido irritación de ojos fuera del agua es significativamente mayor en las piscinas donde no se cumplen los parámetros de temperatura externa [$\chi^2(2) = 14,350$; $p = 0,001$] y cloro medio en el aire [$\chi^2(1) = 97,882$; $p < 0,001$]. Del mismo modo, en las piscinas que incumplen los parámetros de cloro medio en el aire es significativamente mayor el porcentaje de sujetos que han percibido alguna vez irritación de ojos dentro del agua [$\chi^2(1) = 25,007$; $p < 0,001$], irritación de piel [$\chi^2(1) = 37,152$; $p < 0,001$], sequedad de piel [$\chi^2(1) = 5,008$; $p < 0,001$], trastornos respiratorios [$\chi^2(1) = 27,856$; $p < 0,001$] y problemas auditivos [$\chi^2(1) = 18,073$; $p < 0,001$].

La **tabla 4** analiza la relación entre el cumplimiento de los parámetros del agua y los problemas de salud, y se observa que la irritación de ojos fuera del agua es percibida por un porcentaje de usuarios significativamente mayor, de forma contraria a lo esperado en las piscinas donde se cumplen los parámetros de temperatura del agua [$\chi^2(1) = 19,986$; $p < 0,001$], cloro libre en agua [$\chi^2(3) = 77,556$; $p < 0,001$] y pH [$\chi^2(1) = 23,075$; $p < 0,001$]. Este hecho se repite en las piscinas que incumplen los parámetros de cloro libre para la irritación de piel [$\chi^2(3) = 24,115$; $p < 0,001$], la sequedad de piel [$\chi^2(3) = 9,999$; $p = 0,017$], los trastornos respiratorios [$\chi^2(1) = 4,896$; $p = 0,004$] y los problemas auditivos [$\chi^2(3) = 20,420$; $p < 0,001$]. Cabe destacar que, en las instalaciones que incumplen a la baja los parámetros de cloro libre, el porcentaje de sujetos que han percibido alguna vez trastornos respiratorios e irri-

Tabla 2
Coeficientes de correlación rho de Spearman para los parámetros de calidad del agua y del aire en las piscinas cubiertas (n = 21). Castilla-La Mancha, 2010

	Cloro medio en aire total (mg/m ³)	pH	Cloro en agua combinado (mg/l)	Cloro en agua libre (mg/l)	Temp. piscina (°C)	Temp. exterior (°C)
Temp. exterior (°C)	0,388	-0,282	-0,134	-0,287	0,026	1,000
p	<0,001	<0,001	0,042	<0,001	0,697	
Temp. piscina (°C)	0,356	-0,037	0,161	0,374	1,000	
p	<0,001	0,579	0,015	<0,001		
Cloro agua libre (mg/l)	-0,008	0,113	0,459	1,000		
p	0,898	0,087	<0,001			
Cloro agua combinado (mg/l)	-0,168	0,340	1,000			
p	0,011	<0,001				
pH	-0,432	1,000				
p	<0,001					
Cloro medio en aire total (mg/m ³)	1,000					
p						

tación de ojos fuera del agua es significativamente menor que en las piscinas donde se cumplen o se sobrepasan los límites establecidos. Como último aspecto, en las piscinas que cumplen las concentraciones de cloro combinado hay un porcentaje significativamente mayor de usuarios que perciben irritación de ojos dentro del agua [χ^2 (1)=6,802; p=0,008] y problemas auditivos [χ^2 (1)=6,360; p=0,008]. Por último, hay un porcentaje significativamente mayor de usuarios que han percibido irritación en la piel [χ^2 (1)=10,576; p=0,001] y problemas auditivos [χ^2 (1)=11,0698; p=0,008] en las piscinas que cumplen los parámetros de pH.

Discusión

Las concentraciones medias de cloro en el aire interior total (mg/m³) superan, en 18 de las 21 piscinas públicas de Castilla-La Mancha evaluadas, la concentración máxima para percibir efectos irritantes (1,5 mg/m³)²⁴. En los valores máximos de cloro medidos en los cuatro puntos establecidos, el 100% de las instalaciones supera la concentración de 0,3 ppm en el aire, lo que genera detección olfativa²⁵. El 71% supera la concentración de 1 ppm, con la que, tras una exposición de 8 horas (una jornada laboral), las personas sensibles al cloro pueden sentirse incómodas, y un 14% están próximas al valor de 4 ppm, que puede generar incomodidad en cualquier persona, sensible o no²⁵. Asimismo, los valores medios de cloro total en el aire se encuentran muy por encima de los observados en otros estudios realizados en España^{16,20}.

Debido a que la mayoría de los valores de pH y cloro libre en el agua se encuentran dentro de la normativa de Castilla-La Mancha²³, una de las principales causas de esta excesiva formación de cloro en el ambiente puede ser la diferencia de temperatura entre el agua y el aire, que no cumple los parámetros en el 81% de las instalaciones, y que al hallarse la temperatura del vaso demasiado alta o baja respecto al ambiente provoca un mayor desprendimiento de cloro gas al aire del recinto^{2,4}. La relación observada entre el valor medio del cloro total y la temperatura del vaso y del aire se ha constatado en otros estudios^{2,4}, así como la relación negativa con el valor de pH²⁰, que favorece tanto una temperatura excesiva del agua y del ambiente como unos valores bajos de pH a la formación de cloro gas.

No obstante, las altas concentraciones de cloro en el aire pueden verse afectadas por la altura existente entre el vaso y la cubierta², así como por un deficiente sistema de ventilación²⁶, que no se han tenido en cuenta en este estudio.

Los síntomas respiratorios y la irritación de los ojos y de la piel los han referido simultáneamente un alto porcentaje de trabajadores en piscinas cubiertas en estudios anteriores de carácter cuantitativo^{17,18} y cualitativo¹⁹. Comparando los trabajadores a pie de piscina con poblaciones no asistentes, los primeros suelen presentar un mayor número de síntomas de asma, dificultad para respirar, opresión en el pecho y flemas en las vías respiratorias¹⁸.

Recientemente se ha demostrado que exposiciones cortas al agua de piscinas cloradas aumenta la proteína célula clara CC16, un biomarcador de daño del epitelio pulmonar en suero sanguíneo²⁷, y que puede producirse una mayor sensibilidad pulmonar tras una exposición crónica (p. ej., asistiendo a la piscina desde una edad temprana)²⁸. La xerosis también se ha identificado en otros estudios de percepción de problemas de salud como el tercer problema dermatológico en los trabajadores a pie de piscina (específicamente en hidroterapeutas)¹¹, mientras que en nuestra investigación el porcentaje de socorristas y monitores que perciben sequedad de piel es mayor.

Los problemas auditivos (otitis externa) y la irritación de piel (eccema, irritación y prurito) obtienen los porcentajes más bajos de percepción. Esto puede explicarse por el hecho de que muchos de estos trabajadores no establecen un contacto directo con el agua, pues los monitores y los entrenadores de perfeccionamiento se mantienen fuera del agua para dar las indicaciones, igual que los socorristas mientras que no sea necesaria su intervención. Esto evita la absorción de subproductos de desinfección por la piel²⁹, así como la maceración del conducto auditivo por la destrucción del cerumen con agua y subproductos de desinfección, que es la principal causa de otitis externa en los nadadores¹⁰. No obstante, la hipersensibilidad en la piel que tiene como consecuencia eritema o prurito se ha identificado en otros estudios como una de las principales consecuencias de la estancia en las piscinas para quienes trabajan en ellas^{11,30}.

El análisis estadístico indica que los parámetros de calidad en el aire de la piscina influyen en la percepción de problemas de salud. Destaca el mayor porcentaje de sujetos que perciben problemas de salud en las piscinas donde no se cumple el límite de exposición a cloro en el aire interior establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo²⁴. En función de esto, otras investigaciones han demostrado que los trabajadores a pie de piscina absorben de la misma manera los subproductos de desinfección que los usuarios que se encuentran sumergidos en el agua, a través de la piel y por inhalación²⁹; sin embargo, la absorción varía con la práctica de actividad física, que aumenta la frecuencia respiratoria^{4,15}.

Como ya hemos indicado, y de acuerdo con otros estudios, las concentraciones de cloro ambiental y los subproductos de desinfección en el aire no se ven afectados por la temperatura mientras que ésta se mantenga en unos valores estables²⁰. No obstante, este hecho sólo puede constatar en el mayor porcentaje de usuarios que ha padecido irritación de ojos dentro del agua en las instalaciones que incumplen el parámetro de temperatura ambiente. Por otra parte, en las instalaciones donde se cumplen los parámetros de temperatura en el agua, el porcentaje de sujetos que ha percibido irritación en la piel y en los ojos fuera del agua es mayor. Así pues, los altos porcentajes de problemas de salud percibidos pueden asociarse, sobre todo, a la diferencia entre las temperaturas

Tabla 3
Problemas de salud percibidos por los trabajadores a pie de piscina en función del cumplimiento de los parámetros del aire. Castilla-La Mancha, 2010

	Escozor o quemazón en los ojos fuera del agua ^a (n = 182)		Escozor o quemazón en los ojos dentro del agua ^a (n = 198)		Irritación en la piel ^a (n = 129)		Piel seca después de trabajar ^a (n = 189)		Trastornos respiratorios ^a (n = 141)		Problemas auditivos ^a (n = 98)	
	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p
<i>Cumple los parámetros de temp. ambiente (°C)</i>												
Sí	23,6 (17,43-29,77)	0,001	18,2 (12,82-87,17)	0,789	15,5 (9,25-21,74)	0,238	18,0 (12,52-23,47)	0,721	20,6 (13,92-27,27)	0,246	17,3 (9,81-24,78)	0,651
No	76,4 (70,23-82,57)		81,8 (76,42-87,17)		84,5 (78,25-90,74)		82,0 (76,52-87,47)		79,4 (72,72-86,07)		82,7 (75,21-90,18)	
<i>Cumple los parámetros de cloro medio (mg/m³)</i>												
Sí	22,0 (15,98-28,02)	<0,001	31,8 (25,31-38,28)	<0,001	20,9 (13,88-27,91)	<0,001	34,9 (28,10-41,69)	0,025	24,8 (17,67-31,93)	<0,001	22,4 (14,14-30,65)	0,001
No	78,0 (71,98-84,01)		68,2 (61,71-74,68)		79,1 (72,08-86,11)		65,1 (58,30-71,89)		75,2 (68,07-82,32)		77,6 (69,34-85,85)	

IC95%: intervalo de confianza del 95%.

^a Declaran haber padecido este problema alguna vez.

Tabla 4
Problemas de salud percibidos por los trabajadores a pie de piscina en función del cumplimiento de los parámetros del agua. Castilla-La Mancha, 2010

	Escozor o quemazón en los ojos fuera del agua ^a (n = 182)		Escozor o quemazón en los ojos dentro del agua ^a (n = 198)		Irritación en la piel ^a (n = 129)		Piel seca después de trabajar ^a (n = 189)		Trastornos respiratorios ^a (n = 141)		Problemas auditivos ^a (n = 98)	
	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p	%(IC95%)	p
<i>Cumple los parámetros de temp. (°C)</i>												
Sí	68,7 (61,96-75,43)	<0,001	71,12 (64,89-77,50)	<0,001	62,8 (54,46-71,14)	<0,001	73,0 (66,67-79,33)	0,068	70,2 (62,65-77,75)	0,019	69,4 (60,27-78,52)	0,054
No	31,3 (24,56-38,03)		28,8 (22,49-35,10)		37,2 (28,86-45,54)		27,0 (20,67-33,33)		29,8 (22,25-37,35)		30,6 (21,47-39,72)	
<i>Cumple los parámetros de cloro libre (mg/l)</i>												
Sí	85,2 (80,04-90,36)	<0,001	78,8 (73,10-84,49)	<0,001	82,7 (76,17-89,22)	<0,001	75,6 (69,47-81,72)	0,017	79,4 (72,72-86,07)	0,004	86,7 (79,97-93,42)	<0,001
No	14,8 (9,64-19,96)		21,2 (15,50-26,89)		16,3 (9,92-22,67)		24,4 (18,27-30,52)		20,6 (13,92-27,27)		13,3 (6,57-20,02)	
<i>Cumple los parámetros de cloro combinado (mg/l)</i>												
Sí	53,3 (46,05-60,54)	0,403	56,10 (49,18-63,01)	0,008	52,7 (44,08-61,31)	0,539	55,0 (47,90-62,09)	0,080	53,2 (44,96-61,43)	0,465	62,2 (52,60-71,80)	0,008
No	46,7 (39,45-53,94)		43,9 (36,98-50,81)		47,3 (38,68-55,91)		45,0 (37,90-52,09)		46,8 (38,56-55,03)		37,8 (28,20-47,40)	
<i>Cumple los parámetros de pH</i>												
Sí	97,8 (95,66-99,93)	<0,001	94,9 (91,83-97,96)	0,112	98,4 (96,23-100,56)	0,001	95,2 (92,15-98,24)	0,081	93,6 (89,56-97,64)	0,526	100 (100-100)	<0,001
No	2,2 (0,06-4,33)		5,1 (2,03-8,16)		1,6 (-0,56-3,76)		4,8 (1,75-7,84)		6,4 (2,36-10,44)		0 (0-0)	

IC95%: intervalo de confianza del 95%.

^a Declaran haber padecido este problema alguna vez.

del aire y del agua, que incumplen la mayoría de las instalaciones y que provoca una mayor concentración de cloro en el aire^{2,4}.

La concentración de cloro combinado en el agua se relaciona con la formación de subproductos de desinfección³², pero en este estudio sólo afecta significativamente al porcentaje de usuarios que percibe irritación de ojos dentro del agua. Una de las causas de la asociación entre el cloro combinado y la irritación de ojos puede ser que, en el horario de máxima afluencia durante el cual se tomaron las muestras, gran parte del cloro libre pasa a convertirse en cloro combinado al mezclarse con materia orgánica liberada por los usuarios^{5,33}. Por otro lado, las piscinas que incumplen los parámetros de cloro libre muestran resultados contrarios a los esperados, ya que el porcentaje de usuarios que perciben problemas es significativamente menor que en las piscinas que cumplen la normativa. Esto puede ser un indicador de que la concentración de cloro libre en el agua no es el parámetro que más afecta a la salud de los usuarios.

La misma situación se observa en las piscinas donde se cumplen los valores de pH, que son todas excepto una. A ello se debe que el porcentaje de problemas de salud no pueda asociarse a los valores de pH. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la toma de contacto entre el regulador del pH (los más comunes son los ácidos clorhídrico y sulfúrico)³¹ y el cloro libre puede generar un desprendimiento de cloro al ambiente de la piscina^{2,4}, que como hemos observado previamente sí genera un mayor porcentaje de trabajadores que perciben problemas de salud.

Las recomendaciones para evitar problemas de salud en las piscinas incluyen un control óptimo de todos los parámetros establecidos por la normativa y de otros que no se han tenido en cuenta en este estudio, como la concentración de CO₂ ambiental como indicador de la ventilación^{2,19}. Otras posibles vías para reducir la concentración de cloro en el aire pasan por aplicar nuevos métodos de desinfección complementarios, ya que se ha demostrado que los tratamientos con ozono¹ y radiación ultravioleta³⁴ reducen significativamente la concentración de subproductos de desinfección respecto a la cloración. Otra opción es utilizar CO₂ como reductor de pH, que también elimina los subproductos de desinfección³⁵.

A modo de conclusión, este estudio demuestra que un mal control de los parámetros de calidad del agua y del ambiente en las piscinas cubiertas se relaciona con la formación de cloro en el aire. Asimismo, por primera vez en España se observa que el cloro en el aire interior puede tener un efecto directo sobre la salud de los trabajadores a pie de piscina en las instalaciones donde este parámetro sobrepasa las recomendaciones establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en cuanto a los límites de exposición profesional a productos químicos.

¿Qué se sabe sobre el tema?

Los tratamientos químicos utilizados para la desinfección del agua en las piscinas cubiertas están asociados al padecimiento de numerosos problemas de salud, a corto y largo plazo, en usuarios y trabajadores. En España hay legislaciones autonómicas que controlan las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas cubiertas, pero el control de la concentración de cloro en el aire interior de estas instalaciones no se contempla en las normativas, y puede ser causa de problemas de salud, especialmente en los trabajadores a pie de piscina.

¿Qué añade el estudio realizado a la literatura?

El estudio evalúa por primera vez en España los problemas de salud percibidos por los trabajadores a pie de piscina, y los relaciona con el cloro existente en el aire de las instalaciones donde desempeñan su actividad.

Contribuciones de autoría

A. Fernández-Luna ideó el artículo y redactó la primera versión, coordinó y trabajó en la toma de datos y en su posterior análisis, e intervino en las revisiones y correcciones del manuscrito. L. Gallardo, directora del grupo de investigación, ideó el artículo, planificó el análisis y realizó las sucesivas revisiones de los borradores del manuscrito hasta llegar a la versión final. J.L. Felipe trabajó en la recogida y la agregación de los datos, contribuyó en el análisis de la base de datos global, preparó las tablas del artículo y revisó a fondo todos los borradores del manuscrito. P. Burillo realizó la agregación de datos, el control de calidad y el análisis de la base de datos global, preparó las tablas del artículo y contribuyó en los sucesivos borradores del manuscrito. F.M. Tamaral trabajó en la recogida, la agregación de los datos y el control de calidad en función de los Decretos de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, y realizó revisiones en profundidad de todos los borradores del manuscrito. Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final.

Financiación

Esta investigación fue financiada a través de dos proyectos competitivos obtenidos por la Universidad de Castilla-La Mancha con las siguientes entidades:

- Empresa Sport-Mancha. Contrato 83. Código 0111010975. Título: *Análisis integral de piscinas cubiertas en Castilla-La Mancha*.
- Consejería de Educación y Ciencia de Castilla-La Mancha. Proyecto regional PEIII0-0111-8071. Título: *Marca de calidad para piscinas cubiertas*.

Conflictos de intereses

Ninguno.

Agradecimientos

A todos los patronatos que permitieron realizar las mediciones en sus instalaciones, así como a los trabajadores a pie de piscina que contestaron de manera desinteresada al cuestionario.

Bibliografía

1. Lee J, Ha KT, Zoh KD. Characteristics of trihalomethane (THM) production and associated health risk assessment in swimming pool waters treated with different disinfection methods. *Sci Total Environ*. 2009;407:1990-7.
2. Corominas A, Drobnic F, Cinta Pastor M, et al. Estudio sobre el aire en las piscinas de uso público. Bases teóricas y herramientas de actuación. Barcelona: Institut d'Estudis de la Seguretat; 2009, 100 p.
3. Martí A. Toma de muestras de cloro. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1984. Notas técnicas de prevención 115.
4. Freixa A. Piscinas de uso público (II). Peligrosidad de los productos químicos. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2009. Notas técnicas de prevención 690.
5. Richardson SD, DeMarini DD, Kogevinas M, et al. What's in the pool? A comprehensive identification of disinfection by-products and assessment of mutagenicity of chlorinated and brominated swimming pool water. *Environ Health Perspect*. 2010;118:1523-30.
6. World Health Organization. Guidelines for safe recreational-water-environment. Volume 2. Swimming pools, spas and similar recreational water environments. Geneva: World Health Organization; 2000. 118 p.
7. Bonetto G, Corradi M, Carraro S, et al. Longitudinal monitoring of lung injury in children after acute chlorine exposure in a swimming pool. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174:545-9.
8. Goodman M, Hays S. Asthma and swimming: a meta-analysis. *J Asthma*. 2008;45:639-47.
9. Ishioka M, Kato N, Kobayashi A, et al. Deleterious effects of swimming pool chlorine on the corneal epithelium. *Cornea*. 2008;27:40.
10. Wang M-C, Liu C-Y, Shiao A-S, et al. Ear problems in swimmers. *J Chin Med Assoc*. 2005;68:347-52.

11. Lazarov A, Nevo K, Pardo A, et al. Self-reported skin disease in hydrotherapists working in swimming pools. *Contact Dermatitis.* 2005;53:327–31.
12. Kogevinas M, Villanueva MC, Font-Ribera L, et al. Genotoxic effects in swimmers exposed to disinfection by-products in indoor swimming pools. *Environ Health Perspect.* 2010;118:1531–7.
13. Villanueva CM, Cantor KP, Grimalt JO, et al. Bladder cancer and exposure to water disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pools. *Am J Epidemiol.* 2007;165:148–56.
14. Freixa A. Exposición al cloro en piscinas cubiertas. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1994. Notas técnicas de prevención 341.
15. Aggazzotti G, Fantuzzi G, Righi E, et al. Environmental and biological monitoring of chloroform in indoor swimming pools. *J Chromatogr A.* 1995;710:181–90.
16. Drobic F, Freixa A, Casan P, et al. Assessment of chlorine exposure in swimmers during training. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:271–4.
17. Fantuzzi G, Righi E, Predieri G, et al. Prevalence of ocular, respiratory and cutaneous symptoms in indoor swimming pool workers and exposure to disinfection by-products (DBPs). *Int J Environ Res Public Health.* 2010;7:1379–91.
18. Jacobs JH, Spaan S, van Rooy GBGJ, et al. Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers. *Eur Respir J.* 2007;29:690–8.
19. Sánchez B, Pérez C. Trabaja sin riesgos en la piscina. Estudio de situación del sector de mantenimiento y conservación de instalaciones acuáticas en materia preventiva y guía de buenas prácticas en la instalación acuática como puesto de trabajo. Madrid: Servicio de Prevención Mapfre; 2006. 302 p.
20. Santa Marina L, Ibarluzea J, Basterrechea M, et al. Contaminación del aire interior y del agua de baño en piscinas cubiertas de Guipúzcoa. *Gac Sanit.* 2009;23:115–20.
21. Almagro Nieves D, Acuña Castillo R, Hernández Jerez A, et al. Investigación de un brote respiratorio agudo por exposición a cloro gas en una piscina pública. *Gac Sanit.* 2008;22:287–90.
22. Fernández-Luna A, Burillo P, Felipe JL, et al. Health problems perception in chlorinated indoor swimming pools. *Journal of Sport and Health Research.* 2011;3:203–10.
23. Decreto 288/2007 por el que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas de uso colectivo. Documento Oficial de Castilla-La Mancha (19 de octubre de 2007).
24. Calero C, Eransus FC, Gálvez V, et al. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo; 2010. 153 p.
25. Euro Chlor Cloro y salud. (Actualizado en junio de 2012; consultado el 2/10/2012.) Disponible en: <http://www.cloro.info/preguntas-frecuentes/Cloro-y-salud>
26. Gomà A. Implantación de ozonización 100% en las piscinas de la Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra: Servicio de Actividad Física, Universidad de Barcelona; 2001. 14 p.
27. Font-Ribera L, Kogevinas M, Zock J-P, et al. Short-term changes in respiratory biomarkers after swimming in a chlorinated pool. *Environ Health Perspect.* 2010;118.
28. Bernard A, Carbonnelle S, Dumont X, et al. Infant swimming practice, pulmonary epithelium integrity, and the risk of allergic and respiratory diseases later in childhood. *Pediatrics.* 2007;119:1095–103.
29. Erdinger L, Kühn KP, Kirsch F, et al. Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools. *Int J Hyg Environ Health.* 2004;207:571–5.
30. Saint Martory C, Roguedas Contios A, Sibaud V, et al. Sensitive skin is not limited to the face. *Br J Dermatol.* 2008;158:130–3.
31. Freixa A, Gomà A. Piscinas de uso público (III): riesgos asociados a los reductores del pH y subproductos de desinfección. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2008. Notas técnicas de prevención 788.
32. Kim H, Shim J, Lee S. Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water. *Chemosphere.* 2002;46:123–30.
33. Weng S, Blatchley ER. Disinfection by-product dynamics in a chlorinated, indoor swimming pool under conditions of heavy use: national swimming competition. *Water Res.* 2011;45:5241–8.
34. Cassan D, Mercier B, Castex F, et al. Effects of medium-pressure UV lamps radiation on water quality in a chlorinated indoor swimming pool. *Chemosphere.* 2006;62:1507–13.
35. Gomà A, Guisasaola A, Tayà C, et al. Benefits of carbon dioxide as pH reducer in chlorinated indoor swimming pools. *Chemosphere.* 2010;80:428–32.