

RIESGOS PARA LA SALUD DE LA NATACIÓN EN PISCINAS CLORADAS (I)

HEALTH RISKS OF SWIMMING IN CHLORINATED SWIMMING POOLS (I)

Salvador Llana¹

Manuel Zarzoso²

Pedro Pérez Soriano¹

¹Dpto. de Educación Física y Deportiva Universidad de Valencia
²Instituto de Biomecánica de Valencia Universidad Politécnica de Valencia

INTRODUCCIÓN

La Natación entendida como deporte, esto es, como un tipo de actividad física reglada y regulada por organismos federativos tanto nacionales como internacionales, surge en el s. XIX. Sin embargo, la actividad natatoria del ser humano, es decir, la relación del hombre con el medio acuático sin el empleo de navíos o similares, es muy anterior. De hecho, las primeras civilizaciones aparecen alrededor de grandes ríos, por lo que la interacción con el agua debió ser inevitable. Con ellas aparecen las primeras construcciones destinadas a ser baños. Así, la primera piscina de la que se tiene constancia surge en la ciudad de Mohenjo Daro (Cultura Harappa a orillas del río Indo). El denominado "Gran Baño" tiene unas dimensiones de 11,7m-6,9m de lado con una profundidad de 2,4m, y se construyó entre el 2350 - 1750 a.C.

En Europa, a excepción del periodo del Imperio Romano, no se construyeron piscinas hasta el s. XIX. Así, en la década de 1837, en Londres se construyeron seis piscinas cubiertas y climatizadas¹. Pero no fue hasta la aparición de los Juegos Olímpicos de la Era Moderna en 1896, cuando se popularizó la construcción de piscinas por toda Europa.

Además de ser una modalidad deportiva, la Natación era considerada una actividad muy re-

comendable para mantener una buena condición física²⁻⁴. No obstante, todavía existían médicos reticentes a la práctica de la natación como ejercicio beneficioso para la salud. Así, Bartholomew Parr indica en su London Medical Dictionary (1892)⁵ que "nadar es un ejercicio muy laborioso que no debe ser realizado hasta la extenuación. No es natural para el hombre, como sí lo es para los cuadrúpedos: para ellos, nadar es lo mismo que andar para el hombre".

Afortunadamente, esta concepción ha cambiado considerablemente hasta nuestros días, de manera que los beneficios para la salud del ejercicio físico en el medio acuático están fuera de toda duda: además de las citadas recomendaciones de utilizar la natación para mantener una buena condición física, se recomienda para prevenir y tratar determinadas patologías del aparato locomotor, especialmente problemas del raquis⁶, para problemas circulatorios⁷ e, incluso, como el deporte más apropiado para los niños asmáticos⁸.

Sin embargo, en los últimos años se han publicado numerosos artículos en revistas especializadas donde se avisa de que la práctica de ejercicio en piscinas (y ambientes similares, como los SPAs), conlleva determinados riesgos para la salud. Dichos riesgos derivan de los productos químicos usados en la desinfección del agua, principalmente del cloro y sus derivados.

CORRESPONDENCIA:

Salvador Llana Belloch
 Universidad de Valencia. Departamento de Educación Física y Deportiva. Gascó Oliag, 3. 46010 Valencia
 E-mail: salvador.llana@uv.es

Aceptado: 28.08.2007 / Revisión nº 212

LA DESINFECCIÓN DEL AGUA DE LAS PISCINAS

En las piscinas del s. XIX, la pureza del agua se conseguía, fundamentalmente, cambiando el agua de forma frecuente. Sin embargo, en nuestros días esto ya no es posible por dos motivos básicos: 1) por la necesidad de ahorrar agua y 2) porque la gran asistencia y tipología de los usuarios de las piscinas, hace que se viertan al agua gran cantidad de sustancias de carácter orgánico (pelos, sudor, células epiteliales, orina, etc.) e inorgánico (suciedad varia acumulada en uñas y pliegues cutáneos, restos sólidos de diferente procedencia, etc.) que obligan a mantener las características físicas y químicas dentro de determinados límites y de forma constante.

Los estudios de Batjer, *et al.*⁹, indican que incluso bajo estrictas condiciones higiénicas (bañador limpio, ducha antes de entrar al agua y gorro de baño) cada bañista aporta varios gramos de materia orgánica a la piscina. Sin embargo, la evidencia cotidiana indica que los usuarios de las piscinas no cumplen estrictamente con estos criterios de limpieza. Así, es muy frecuente ver a usuarios que entran a la piscina sin ducharse o con una ducha “testimonial”, otros, tras practicar otra actividad física (gimnasio, carrera a pie, bicicleta, etc.), muchos varones entran con bañadores-pantalones que han usado en otras actividades y no están limpios, también es frecuente ver a usuarios que se quitan el gorro de baño y se lo vuelven a poner dentro de la piscina y otros que escupen o se suenan la nariz dentro del agua. También influyen las cremas y cosméticos aplicados a la piel, así como la cantidad de vello-cabello y su longitud. Todo esto aumenta considerablemente la cantidad de contaminantes que se vierten al agua de las piscinas.

Por ello, es necesario que el agua de las piscinas tenga un tratamiento que garantice su salubridad, pues de lo contrario, las piscinas serían una fuente de transmisión de innumerables enfermedades. Para lograrlo, el agua de las piscinas debe cumplir una serie de requisitos legales que, en España, vienen regulados por las diferentes comunidades autónomas. Dichas normativas indi-

can que el proceso para garantizar la salubridad del agua de las piscinas debe incluir:

- Tratamiento químico: debe eliminar del agua todo tipo de microorganismos antes de entrar al vaso (virus, procariontes como las bacterias y eucariontes como las algas, hongos y protozoos) y, además, debe dotar al agua de cierto poder desinfectante para eliminar los microorganismos que puedan introducirse al agua ya tratada. También debe mantener un pH constante y ligeramente alcalino (7 – 7,8 dependiendo del tratamiento químico).
- Tratamiento físico: consiste en el filtrado del agua para eliminar sustancias sólidas disueltas en ella.

Sin embargo, y a pesar de cumplir estrictamente con la normativa, el agua de las piscinas no está exenta de sustancias potencialmente peligrosas para la salud de los bañistas. Así, ya en la década de 1970, los estudios llevados a cabo por Rook¹⁰⁻¹² indicaban que el agua tratada para consumo humano contenía ciertas sustancias químicas que podían ser peligrosas. Esto es así porque la reacción de una serie de elementos contaminantes existentes en el agua con los productos químicos destinados a la desinfección, da lugar a numerosas sustancias tóxicas que se agrupan con el nombre genérico de subproductos debidos a la desinfección (DBPs en terminología internacional). Además, estos DBPs no sólo permanecen en el agua, sino que algunos se evaporan y pasan a la atmósfera, por lo que son peligrosos tanto para los bañistas como para los que permanecen en la playa de la piscina (socorristas, monitores, operarios de la instalación, etc.).

Con ello, en el agua de una piscina o ambientes similares, se pueden encontrar contaminantes aportados por los bañistas (orina, sudor, suciedad, lociones, etc.) y contaminantes debidos a los tratamientos químicos. Pero, además, éstos pueden reaccionar entre sí, dando lugar a los DBPs (Figura 1).

Los bañistas se ven expuestos a estos productos por tres vías^{8,13,14}:

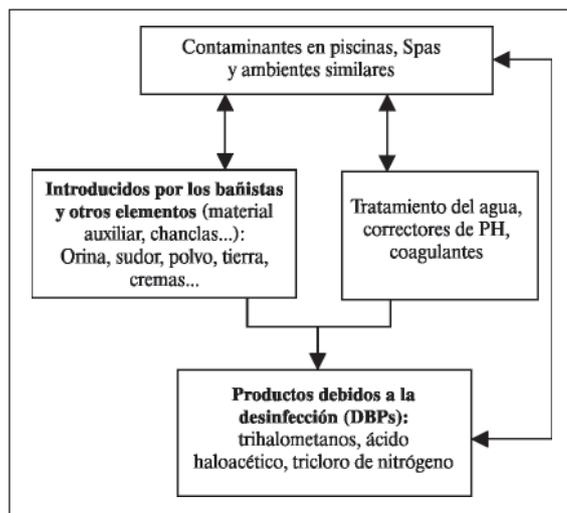


FIGURA 1.
Esquema de los contaminantes presentes en piscinas cloradas

- Ingestión de agua: todos los bañistas tragan agua en mayor o menor cantidad dependiendo de variables tales como la edad, el género, la habilidad técnica y el tipo, intensidad y duración de actividad realizada. El único estudio que ha medido de forma experimental la ingesta de agua fue realizado por Evans, *et al.*¹⁵. Utilizó un método muy preciso, la medición de las concentraciones de cianurato (la piscina se desinfectaba con dicloroisocianurato) en orina durante las 24 horas posteriores a la práctica natatoria. Lamentablemente, en el estudio no se indica el tipo, la intensidad o la duración de la actividad realizada; no obstante, sus resultados pueden considerarse orientativos de la ingesta habitual de los bañistas. De este estudio se desprende que la ingestión media son 26,5 ml de agua/sesión, si bien, existen diferencias importantes según la edad (37 ml los niños por 16 ml los adultos) y el género (45 ml los niños por 30 ml las niñas, y 22 ml los varones adultos frente a 12 ml las mujeres adultas).
- Inhalación: muchas de las sustancias de las indicadas en la figura 1 son volátiles, por lo que son inhaladas por los bañistas durante su actividad. De hecho, ésta es la vía por donde entran al organismo la mayor cantidad de DBPs: el 66% del total. La cantidad de aire ventilado por los bañistas

depende de la intensidad del ejercicio, así, durante un ejercicio intenso se pueden llegar a ventilar más de 100 l/min, mientras que en una actividad de relajación se ventilan unos 5 l/min. Drobnic, *et al.*¹⁶ estimaron la inhalación de cloro por parte de un grupo de nadadores durante el entrenamiento en piscina cubierta. Para ello, tomaron como referencia la concentración de cloro a 10 cm. sobre la superficie del agua. Registraron una concentración media de 0,42 mg/m³ y calcularon que durante un periodo de 2 horas de entrenamiento, el nadador podría estar expuesto a una cantidad de cloro que supera las recomendaciones para un trabajador tras 8 horas de exposición (de 4 a 6 g). Por otro lado, la concentración de sustancias volátiles varía mucho dependiendo del tratamiento y, sobretodo, de que la piscina sea o no cubierta. Así, por ejemplo, la concentración de trihalometanos en piscinas cubiertas es de unos de 100 µg/l, mientras que en piscinas descubiertas no suele superar los 10 µg/l¹⁷⁻¹⁹.

- Contacto dermal: el efecto irritante de los productos químicos contenidos en el agua es sobradamente conocido por cualquier bañista, especialmente en ojos y mucosas, pero dichas sustancias también pueden penetrar a través de la piel. Raykar, *et al.*²⁰ indican que determinados productos, tanto lipofílicos como lipofóbicos, pueden atravesar el estrato córneo de la epidermis y difundir hacia el interior del cuerpo. Se considera que es la vía menos importante de las tres, no obstante, no existen estudios que hayan medido la cantidad de productos que penetran al organismo por esta vía.

El tipo de productos a los que se ven sometidos los bañistas depende del tipo de tratamiento químico utilizado. De entre todos los productos utilizados para desinfectar el agua de las piscinas, el más extendido es el cloro (proceso denominado cloración). Pero, además de ser el más utilizado, es el que más problemas debidos a los DBPs genera, como se mostrará a continuación.

LA CLORACIÓN

El cloro (Cl) fue descubierto en 1774 por el químico alemán Carl Wilhelm Scheele, quien le dio el nombre de ácido muriático desfogisticado, pensando que se trataba de un compuesto del oxígeno y dentro de la entonces en boga teoría del flogisto. Fue en 1810 cuando el químico inglés Humphry Davy demostró que se trataba de un elemento químico, dándole el nombre de cloro debido a su color (proviene del griego $\chi\lambda\omega\rho\omicron\varsigma$, que significa “amarillo verdoso”).

Su núcleo contiene 17 protones, por lo que ocupa el puesto 17 de la tabla periódica, y pertenece a la familia de los halógenos. Éstos son elementos muy reactivos, pues para completar su último nivel energético les falta un electrón, por tanto, son elementos oxidantes (oxidar = quitar electrones). Debido a su gran reactividad, el cloro no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino en combinación con otros elementos o sustancias, siendo la más abundante el cloruro sódico (sal común o de mesa). Sus distintos compuestos son utilizados en aspectos tan diversos como explosivos (ácido perclórico), pesticidas (hexaclorobenceno), blanqueantes (ácido clórico), refrigerantes (CFCs), y, por supuesto, desinfectantes.

El gas cloro se huele en el aire cuando su concentración alcanza los 3,5 ppm. Desde finales del s. XIX se sabe que concentraciones superiores son perjudiciales para la salud, siendo mortal a partir de unos 1000 ppm. Por ello, el gas cloro fue la primera arma química utilizada en una guerra, concretamente en la batalla de Ypres (Bélgica) durante la Primera Guerra Mundial y, más recientemente, ha sido utilizado con el mismo fin por la insurgencia iraquí en 2007.

En el caso de la desinfección del agua mediante cloro (cloración), son varios los derivados del cloro que se utilizan, agrupándose en²¹:

- Derivados del cloro no estabilizados: cloro gas, hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico.
- Derivados del cloro estabilizados: fundamentalmente isocianuros del cloro (diclo-

roisocianurato sódico y ácido tricloroisocianúrico), son más utilizados en piscinas con mucha incidencia de luz solar, especialmente en piscinas de exterior. Éstos introducen otros DBPs, como son los derivados del ácido cianurónico. La Organización Mundial de la Salud (OMS)²¹ no recomienda superar los 100 mg/l, sin embargo, Rakestraw²² reporta que el 25% de las piscinas analizadas superaban esa cantidad.

De todos estos productos, los más utilizados son el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el dicloroisocianuro^{23,13}. Con independencia del producto utilizado, es el cloro libre o residual el responsable de la desinfección, mientras que la porción que permanece combinada no lo es. La cantidad de cloro libre permitido por la normativa varía de un país a otro, pero según la OMS²¹, en el caso de las piscinas públicas no se debe exceder de los 3 mg/l (en el agua para beber, se aceptan hasta 5 mg/l). No obstante, en muchas instalaciones se utiliza la denominada “dosis de choque”, consistente en administrar hasta 20 mg/l periódicamente, como medida preventiva.

Debido a su gran capacidad oxidante, además de desinfectar, el cloro reacciona con aquellos compuestos orgánicos, principalmente nitrogenados, que se encuentran en el agua, produciéndose productos potencialmente peligrosos para la salud de los usuarios de las piscinas. De hecho, el olor típico que se respira en las piscinas se atribuye comúnmente al cloro presente en el aire y, sin embargo, dicho olor no se debe tanto al cloro libre, sino a los DBPs, especialmente las cloraminas⁸.

Las principales fuentes de compuestos orgánicos nitrogenados son la urea y el amoníaco y, en menor cantidad, la creatinina y diversos aminoácidos, presentes tanto en el sudor como en la orina (Tabla 1). Todos estos compuestos reaccionan con el hipoclorito para formar cloraminas²⁴⁻²⁶. Hay que destacar que, incluso cuando el cloro o los compuestos clorados se usan de forma correcta, las reacciones que conducen a la formación de DBPs son inevitables¹⁹.

Compuestos que contienen nitrógeno	Sudor		Orina	
	Contenido medio (mg/l)	% del nitrógeno total	Contenido medio (mg/l)	% del nitrógeno total
Úrea	680	68	10240	84
Amoniaco	180	18	560	5
Aminoácidos	45	5	280	2
Creatinina	7	1	640	5
Otros	80	8	500	4
Nitrógeno total	992	100	12220	100

TABLA 1.
Compuestos nitrogenados en sudor y orina (Adaptado de Jandik²⁴)

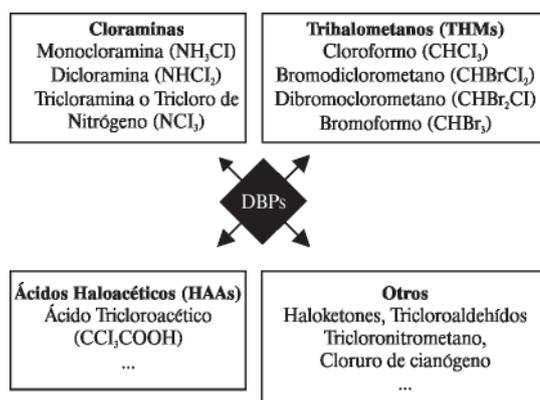


FIGURA 2.
Clasificación de los DBPs derivados de la cloración

Actualmente se conocen un gran número de DBPs (Figura 2), sin embargo, se está investigando intensamente para identificar DBPs todavía desconocidos, aumentando el rango desde aquellos con bajo peso molecular y volátiles, hasta aquellos con mayor polaridad y pesos moleculares más elevados. Para ello se están empleando técnicas como la cromatografía de gases y líquidos o la espectrometría de masas²⁷. A continuación se presentan los DBPs actualmente conocidos:

- Trihalometanos (THMs): son los DBPs producidos en mayor cantidad, siendo el cloroformo (CHCl_3) el más representativo²⁸. Por ello, la presencia de cloroformo se considera representativa de la exposición a los THMs en las piscinas cubiertas²⁹. Debido a su carácter volátil, los THMs se liberan al aire ambiental en la superficie de la piscina por lo que son inhalados, no sólo por los bañistas, sino por cualquier usuario o trabajador¹⁸.

De entre todas las variables que afectan al nivel de THMs en las piscinas cubiertas, la más des-

ta cable es la cantidad de bañistas, existiendo una correlación lineal entre el número de bañistas y la concentración de THMs¹⁴. En cuanto a su concentración, ésta no es homogénea, si no que se establece un gradiente, de manera que la mayor concentración se da en la superficie y decrece progresivamente a medida que se incrementa la distancia de la lámina de agua³⁰.

El cloroformo es un compuesto cuyas propiedades analgésicas fueron descubiertas hacia 1847 por el fisiólogo francés Marie-Jean-Pierre Flourens y por el médico inglés James Young Simpson. Sin embargo, su uso como anestésico fue abandonado a principios del s. XX, tras conocerse sus numerosos efectos tóxicos, entre los que se incluía: cefaleas, mareos, vértigos, fatiga general, depresión del sistema nervioso central, reacciones alérgicas que cursaban con fiebre, arritmia cardíaca fatal, edema pulmonar, carcinoma hepatocelular y ulceración de la piel. Estudios más recientes con roedores expuestos a respirar concentraciones de entre 30 ppm a 300 ppm indican un considerable incremento del número de abortos y de malformaciones congénitas. Su efecto cancerígeno es aceptado desde la década de 1970. Así, en 1979 la “Agencia de Protección Medioambiental” reguló las cantidades máximas en agua para beber y, en 1981, fue incluido por primera vez en la “Lista de cancerígenos” elaborada por el Departamento de Salud y Servicios Humanos del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, dentro de su Programa Nacional de Toxicología. Está clasificado en el grupo 2B de la IARC (International Agency for Research on Cancer) como agente cancerígeno³¹. No obstante, existen muy pocos estudios sobre los

efectos en la salud de los seres humanos por la exposición a niveles ambientales durante largos periodos de tiempo²⁸.

Estudios realizados en piscinas cubiertas de Estados Unidos¹⁷, Italia¹⁸ e Inglaterra¹⁴, indican que las concentraciones de THMs en el agua están alrededor de 100 µg/l, con un rango de entre 17,8 µg/l y 313 µg/l. En el caso de las piscinas descubiertas, las cantidades oscilan entre 3,8 µg/l y 6,4 µg/l, lo cual pone de manifiesto la importancia de que las piscinas estén bien ventiladas. Por otro lado, Fantuzzi, *et al.*¹⁸ indican que los THMs difunden por todos los habitáculos de las instalaciones acuáticas, así, por ejemplo, reportan concentraciones de 26,1 ± 24,3 µg/m³ en la recepción.

En cuanto a las concentraciones encontradas en los usuarios, Aggazzotti, *et al.*¹³ indican que después de una hora de nado, la absorción de THMs es 7 veces superior a los valores registrados en reposo. Utilizando como indicadores los niveles de concentración en sangre y aire alveolar, vieron que éstos aumentaban cuanto más grande era el esfuerzo; también observaron una correlación negativa entre los niveles de cloroformo y la edad, lo que sugiere que los sujetos más jóvenes absorben el cloroformo más rápidamente. En cuanto a la eliminación del cloroformo absorbido, se produce rápidamente, y es completa después de unas 10 horas. Levesque, *et al.*³² evaluaron la exposición al cloroformo en el agua de las piscinas cubiertas, resultando que 1 hora nadando suponía una dosis de cloroformo de 65 µg/kg/día, unas 141 veces la dosis de una ducha de 10 minutos, y 93 veces mayor que la exposición por ingestión de agua corriente (Figura 3); además, encontraron que cuando los niveles de cloroformo en agua se mantienen entre 150 ppb y 300 ppb, la carga en el cuerpo a los 35 minutos de nado es equivalente a los 55 minutos, alcanzándose un equilibrio entre la absorción y la eliminación. Sin embargo, con niveles superiores a 500 ppb, parece que ya no se alcanza el equilibrio, la carga de cloroformo aumenta con la duración del nado, reflejando una saturación de los mecanismos de biotransformación.

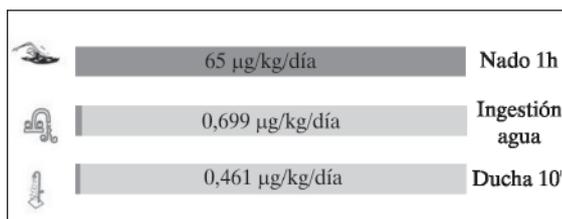


FIGURA 3. Nivel de exposición al cloroformo en diferentes actividades cotidianas

- Cloraminas. Son los DBPs responsables del “olor a piscina”, de la irritación de ojos y mucosas y de la sequedad de la piel³³. Se trata de compuestos inorgánicos volátiles y muy reactivos³⁴, que se forman al reaccionar el nitrógeno que proviene del sudor u orina con el cloro o el hipoclorito sódico. Las cloraminas más abundantes son la monocloroamina (NH₂Cl), la dicloroamina (NHCl₂) y la tricloroamina (tricoloro de nitrógeno: NCl₃). Este último es el más irritante y el que más olor genera³³, pues es perceptible a concentraciones tan bajas como 0,02 mg/l³⁵. Hery, *et al.*³⁶ reportaron que las molestias ocasionadas por las cloraminas empiezan a concentraciones de tan sólo 0,3 mg/m³, mientras que los niveles que registraron en piscinas fueron de 0,84 mg/m³.

En piscinas descubiertas, y al igual que los THMs, las cloraminas tienden a disiparse en la atmósfera, por lo que no suelen suponer un peligro para la salud. Sin embargo, en piscinas cubiertas la continua producción de cloraminas puede resultar en concentraciones lo suficientemente altas como para causar efectos dañinos sobre la salud³³. La medición del nivel de cloraminas en el aire de las piscinas cubiertas en Europa, como en el resto del mundo, ha empezado recientemente y sólo en unos pocos países (Francia, Bélgica y Alemania). Los valores medios registrados en estos países fluctúan en el rango de 0,2–0,9 mg/m³^{7,33}, siendo uno de los contaminantes más concentrados en el aire (el resto de contaminantes a los que está expuesta la población rara vez superan los 0,3 mg/m³)³⁸.

La concentración de cloraminas aumenta con el número de bañistas, con la temperatura del agua y con las turbulencias que los bañistas realicen. Por ello, en las piscinas de centros recreativos la concentración de

cloraminas es superior al de las piscinas públicas dedicadas a la natación³³.

Recientemente, Jacobs, *et al.*³⁹ midieron la presencia de tricloraminas en 38 piscinas, encontrando unas concentraciones medias de 0,56 mg/m³ y máximas de 1,34 mg/m³. El tratamiento de los datos demostró que el número de usuarios presentes en el agua de la piscina estaba asociado de forma significativa con los niveles de tricloraminas, de forma que un incremento de 50 bañistas se asociaba con un aumento de 0,40 mg/m³. También estaban asociados de forma significativa ($p < 0,001$) con los niveles de tricloraminas, el cloro libre presente en el agua y la altura del techo.

- Ácidos haloacéticos (HAAs). Destacan el ácido tricloroacético (CCl₃COOH), que es un ácido (muy fuerte, $pka = 0,77$) carboxílico donde tres átomos de hidrógeno han sido reemplazados por tres átomos de cloro.

Clemens y Scholer⁴⁰ analizaron 15 piscinas cubiertas en Alemania y reportaron concentraciones de 119,9 µg/l. Por su parte, Kim y Weisel⁴¹ analizaron tres piscinas cubiertas en USA reportando concentraciones muy superiores, de 419 µg/l de media. Por el contrario, en el caso de las piscinas descubiertas, las concentraciones rara vez superan los 10 µg/l⁴⁰. Estos datos, una vez más, indican la gran importancia de una correcta ventilación de las piscinas para evitar concentraciones peligrosas.

- Otros. En esta categoría se incluyen DBPs conocidos, pero sobre los que no existen trabajos publicados. Entre ellos se pueden citar a los halocetonos, tricloroaldehidos (Cloral), tricloronitrometano (cloropicrina) y cloruro de cianógeno.

LA "HIPÓTESIS DEL CLORO"

Los efectos nocivos de la exposición accidental al cloro y los DBPs que genera, son extensamente conocidos. Así, Agabitti, *et al.*⁴² reportan un estudio con 282 sujetos que inhalaban cloruro de hidró-

geno e hipoclorito de sodio durante un accidente causado por el mal funcionamiento del sistema de cloración en una piscina en Roma. Entre los niños, la irritación de los ojos apareció en un 50%, los problemas de nariz y garganta en un 54,5%, síntomas respiratorios (acortamiento de la respiración, jadeos, tos) en un 71,6%. Los valores correspondientes en adultos fueron 61,9%, 73% y 66,7% respectivamente, siendo la incidencia de estos síntomas mayor entre aquellos que tenían un historial de enfermedad respiratoria. Estas complicaciones a corto plazo después de la exposición aguda al cloro, son coincidentes con los descritos por Decker⁴³, quien describió somnolencia, tos, hipoxia, taquipnea, cianosis, jadeos espiratorios y crujidos en la base de los pulmones. Recientemente, Bonetto, *et al.*⁴⁴ encontraron importantes deficiencias pulmonares en la primera semana después de la inhalación accidental de cloro, con una mejora progresiva que condujo a la normalización después de 15 días. En sujetos con patología pulmonar, los valores de la fracción espirada de óxido nítrico (radical libre generado por las células endoteliales de la pared bronquial durante los procesos inflamatorios) eran mayores que en sujetos sanos de la misma edad. Dicha diferencia fue disminuyendo hasta alcanzar valores normales a los 2 meses.

Sin embargo, ha sido en los últimos años cuando se han enunciado los efectos nocivos por exposición crónica al cloro y sus DBPs en las concentraciones típicas de las piscinas. En concreto, la relación entre natación y salud respiratoria ha recibido una gran atención en Bélgica con los resultados de un estudio sobre niños en edad escolar³⁷ que ha llegado a la conclusión de que la natación en piscinas cloradas es el principal factor predictor de daño pulmonar. Los resultados demostraron que el aumento en la permeabilidad del epitelio (utilizando como indicadores a las proteínas CC16, SP-A y SP-B, para evaluar el efecto tóxico del tricloro de nitrógeno) causado por los DBPs puede predisponer a los niños a desarrollar asma, algo paradójico si tenemos en cuenta que la natación se ha considerado una práctica recomendable para personas asmáticas por el ambiente caliente y húmedo en el que se desarrolla. Estos autores concluyeron que la exposición de niños al ambiente de las piscinas cloradas, representa

el principal factor de riesgo para el desarrollo de asma y otras enfermedades alérgicas.

También se ha registrado una alteración en la función de las células clara, cuyo principal cometido es proteger el epitelio pulmonar. Lagerkvist, *et al.*⁴⁵ utilizaron la concentración en plasma de la proteína secretada por estas células (CC16), para examinar las respuestas producidas por el ejercicio frente al ozono ambiental y en el ambiente de las piscinas cloradas. Los resultados demostraron que no existían cambios significativos en las concentraciones medias en plasma de CC16 antes y después del ejercicio al aire libre; sin embargo, los niños que acudían regularmente a piscinas cloradas tenían niveles de CC16 significativamente más bajos, por lo que la exposición repetida a los DBPs presentes en el aire de las piscinas cubiertas puede tener efectos adversos en la función de las células clara en niños.

Estudios posteriores^{46,38} informaron sobre la relación entre la asistencia a piscinas cubiertas cloradas y la prevalencia de jadeos, asma, fiebre del heno, rinitis y eczema atópico, dando lugar a la denominada “Hipótesis del cloro”. Esta hipótesis postula que el aumento de asma en el mundo desarrollado puede ser debido a la exposición de los niños a los gases tóxicos que contaminan el aire de las piscinas cubiertas, indicando que el principal responsable es la tricloramina.

Teniendo en cuenta estos datos, hay que prestar especial atención a la natación para bebés. Durante los últimos años, en las sociedades occidentales, la natación para bebés ha experimentado un gran auge, apareciendo gran cantidad de programas para niños de 0 a 3 años. Estos programas se presentan como complemento al desarrollo infantil, buscando un desarrollo integral del niño. A estas edades el organismo está en plena fase de desarrollo, siendo muy sensible a la interacción con agentes químicos. Por ello, y en la línea de la “hipótesis del cloro”, Nystad,

*et al.*⁴⁷ encontraron que la natación para bebés incrementa el riesgo de infecciones en el tracto respiratorio y oído medio, sobre todo en niños con predisposición genética. Los resultados obtenidos por Bernard y Nickmilder⁴⁸ y Bernard, *et al.*⁴⁶, informan de que el uso de piscinas cubiertas cloradas, especialmente en el caso de los niños, puede interactuar con el estado de atopía (grupo de trastornos alérgicos mediados por anticuerpos IgE) que afecta a distintas partes del organismo y que en el aparato respiratorio se manifiesta desarrollando rinitis y asma. Estos autores reportan que el riesgo es mayor cuando los niños acuden de forma regular a piscinas cubiertas cloradas antes de los 6-7 años. Parece ser que los niños de estas edades presentan una mayor sensibilidad a los DBPs, aspecto que se ve acrecentado por el hecho de que suelen utilizar más las “piscinas de chapoteo”, que tienen mayor temperatura y, por tanto, presentan mayor cantidad de DBPs. Además, cuando los niños juegan o están aprendiendo a nadar, inhalan y tragan mayor cantidad de gases y agua.

Con todo lo arriba expuesto, autores como Nemery, *et al.*⁸ indican la necesidad de establecer estándares para la calidad del aire de las piscinas. En cualquier caso, hay que intentar disminuir la cantidad de DBPs en las instalaciones. La meta es mantener los efectos saludables del ejercicio de la natación disminuyendo al máximo los posibles efectos adversos. Para ello, hay que prestar especial atención a²⁷:

- Un control preciso de las cantidades de productos químicos introducidos a las piscinas.
- No elevar en exceso la temperatura del agua.
- Ventilar de forma eficaz los espacios de las instalaciones.
- Que los bañistas respeten una estricta higiene antes de entrar al agua.