

ESTUDIO DEL AGUA DE LAS PISCINAS PARA SU REUTILIZACIÓN

Marina Corral

Eliseo Pablo Vergara

Fernando Alba

Universidad de La Rioja

Abstract

The indiscriminate use of renewal water in swimming pools results in some environmental problems. The main water consumption in pools is due to evaporation losses and accumulation of certain chemical substances, one of them is the isocyanuric acid. The isocyanuric acid concentration (ICN) accumulated in swimming pools, as result of disinfection water by means of organ-chloride derivatives, cannot remove through conventional physico-chemical treatment. Therefore, it must perform a purge and daily renewal of water in the glass, usually around 5% of the total volume of the pool.

We have studied the water in two sports centres in order to see how different parameters affect by-product formation, and remove them.

Keywords: *Isocyanuric acid; water; swimming pools*

Resumen

El uso indiscriminado del agua de renovación de las piscinas tiene como consecuencia unos problemas medioambientales. El consumo de agua de red en piscinas se debe, principalmente, a las pérdidas por evaporación y a la acumulación de ciertas sustancias químicas entre las que se encuentra el ácido isocianúrico. La concentración de ácido isocianúrico (ICN) acumulado en piscinas, como consecuencia de la desinfección del agua mediante derivados organoclorados, no se puede eliminar mediante un tratamiento físico-químico convencional. Por ello, se debe realizar una purga y renovación diaria del agua del vaso, que suele estar en torno a un 5% del volumen total de la piscina.

Se han estudiado las aguas de las piscinas de dos complejos deportivos para ver como afectan diferentes parámetros a formación de subproductos, y posteriormente poder eliminarlos.

Palabras clave: *ácido isocianúrico; agua; piscinas*

1. Introducción

1.2 La problemática del agua en España

La falta de agua es uno de los problemas más trascendentes a los que se enfrenta la humanidad, especialmente en aquellas zonas que por sus condiciones climáticas tienen gran escasez de recursos hídricos. A esto hay que añadir el gran derroche que todavía hacemos los humanos de uno de nuestros bienes más preciados.

El agua cubre casi un 80% de la superficie de la Tierra, pero tan sólo un 3% de ésta es agua dulce, es decir, apta para usos domésticos, industriales o comerciales y turísticos. Sin embargo de este 3 %, unos dos tercios se encuentran inaccesibles, en forma de casquetes de hielo y glaciares, situados en zonas polares muy alejadas de la mayor parte de los centros de población; por lo que solo sólo un 1% es agua dulce superficial fácilmente accesible. Ésta es primordialmente el agua que se encuentra en los lagos y ríos y a poca profundidad en el suelo, de donde puede extraerse sin mayor costo. Sólo esa cantidad de agua se renueva habitualmente con la lluvia y las nevadas y es, por tanto, un recurso sostenible.

Es sobradamente conocida la periódica escasez de agua que sufre la Península Ibérica. Las sequías se suceden, cada vez más frecuentes, interrumpidas por algunos años de lluvias abundantes que paradójicamente nos hacen olvidar la situación extrema de escasez, que afecta a ciertas cuencas hidrográficas de manera muy acusada y posponen la asunción del problema.

Conviene resolver con sensatez, los problemas relacionados con el agua y la sequía actual, ya sean de cantidad o de calidad. La prioridad debe ser aumentar la eficiencia en todos los usos (proporcionar los mismos servicios con menos consumo de agua), reducir las pérdidas en las redes de distribución, mejorar la depuración de las aguas residuales y reutilizarlas para ciertos usos (regadíos, campos de golf y jardines públicos).

1.2 Usos recreativos del agua

A medida que la sociedad ha ido evolucionando han ido apareciendo usos sociales del agua, que están relacionados con el disfrute lúdico de este recurso y en ellos se incluyen la navegación, la pesca u otras actividades de ocio (parques acuáticos, aguas para baños, etc.).

No cabe duda de que el agua es un recurso cada vez más demandado por la ciudadanía, y es sobre todo durante el periodo estival cuando se incrementa su demanda siendo necesario adoptar medidas que permitan dar satisfacción a estos requerimientos, para ello se ponen a disposición de los bañistas una cantidad considerable de instalaciones preparadas, en algunos casos, con fines lúdicos y turísticos, y en otros, para uso deportivo.

Según la Asociación de Fabricantes de Equipos, Productos Químicos y Constructores de Piscinas, en España existen cerca de 600.000 piscinas, tanto de uso público como particular, tenemos el segundo parque hídrico-lúdico de Europa, detrás de Francia, con su censo de unas 843.000 Piscinas según la FNCESEL en año 2008 y el cuarto de todo el mundo, en el que lidera EEUU, seguido de Australia y la ya comentada Francia.

Considerando que de las 600.000 piscinas instaladas que aproximadamente 10.300 son de uso colectivo-recreativo, esto puede suponer un enorme consumo de agua y en consecuencia, un problema medioambiental además de un derroche de los recursos hídricos.

Tomando como referencia media una piscina de 200 m³, tenemos un volumen aproximado de 120 millones de metros cúbicos (120.000 millones de litros), solo en agua para llenar todas las piscinas. Pero no solo esto ya que el disfrute de las piscinas puede entrañar un riesgo sanitario para las personas que las utilizan siendo necesario adoptar medidas para su depuración, dentro de los posibles sistemas de depuración para piscinas, actualmente prevalece el tratamiento por cloro, que tiene como principal inconveniente la formación de compuestos organoclorados, como las cloraminas, y la acumulación de agentes estabilizantes presentes en el cloro comercial, como el ácido isocianúrico que en determinadas concentraciones puede ser perjudicial para la salud. Debido a ello, los distintos reglamentos técnicos y sanitarios de cada provincia exigen una renovación diaria del agua del vaso que suele estar entorno a un 5% del volumen total de la piscina. Esto supone un gasto diario de 9 millones de m³.

Calculando este gasto durante tres meses, y añadiéndolo al agua que se utiliza para el primer llenado, en España se emplean en verano cerca de 660 millones de m³ (660.000 millones de litros).

2. Ácido Isocianúrico en piscinas

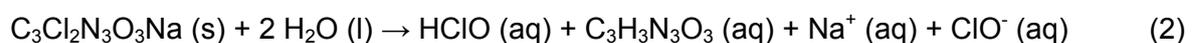
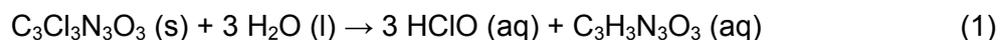
El consumo de agua de red en piscinas se debe, principalmente, a dos factores:

1. Pérdidas por evaporación
2. Acumulación de ciertas sustancias químicas

Dentro de este último factor, se encuentra el ácido isocianúrico (ICN). La concentración de ICN acumulado en piscinas, como consecuencia de la desinfección del agua mediante derivados organoclorados, no se puede eliminar mediante un tratamiento físico-químico convencional. Por ello, los distintos reglamentos higiénico-sanitarios de cada provincia exigen realizar una purga y renovación diaria del agua del vaso.

Cuando se emplean productos clorados para la desinfección del agua de piscina, se debe considerar el efecto de la acción solar sobre el cloro. Los rayos ultravioletas transforman el cloro en ión cloruro inactivo, lo que dificulta mantener una concentración correcta de cloro en piscinas al aire libre y en épocas de fuerte insolación. El uso de estabilizadores del cloro, como ICN, elimina esta dificultad (Pinto, 2003).

Comercialmente, el ICN se puede encontrar combinado con cloro formando compuestos organoclorados, tales como el ácido tricloroisocianúrico (C₃Cl₃N₃O₃) y el dicloroisocianurato sódico (C₃Cl₂N₃O₃Na) anhídrido o dihidratado. Estos productos de desinfección reaccionan en el agua formando ácido hipocloroso (HClO) e isocianúrico (C₃H₃N₃O₃):



2.1 Depuración del agua

Para evitar los riesgos sanitarios derivados de la presencia de los contaminantes biológicos y químicos, las piscinas de uso colectivo deberán mantener, durante el periodo de funcionamiento, un sistema de depuración que elimine las impurezas y partículas, destruya los microorganismos, evite el desarrollo de algas, limite el carácter irritante del agua y evite la corrosión y atascado de las conducciones y distintas partes de los equipos. Este sistema de depuración tiene dos etapas claramente diferenciadas: filtración y desinfección. Estas dos etapas continuas y simultáneas permiten el tratamiento de todo el volumen de agua del vaso, en un periodo de tiempo determinado (ciclo de depuración o recirculación).

A continuación, se describe brevemente las operaciones básicas del tratamiento del agua:

- Física.

La filtración consiste en el paso del agua a través de un material poroso que retiene las partículas en suspensión y materias coloidales. Las dimensiones de los poros del filtro determinan la calidad de la filtración.

- Química.

Tras esos procesos físicos puede considerarse que el agua está limpia, pero todavía no se puede garantizar la ausencia de microorganismos. Habitualmente en la fase química siguiente se oxida el agua con algún oxidante fuerte, como derivados del cloro, bromo, ozono o rayos ultravioleta... (Blatchley, 1995).

El cloro resulta un desinfectante bastante eficaz y económico para el tratamiento y desinfección de las aguas ya sea aportado en forma gas disolviéndolo en el agua o bien aportándolo como hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico o como derivados del cloroisocianurato (Dychdla, 1991).

Como se comentó anteriormente, en el apartado 1.2, un problema asociado a la desinfección mediante productos clorados es la acumulación en el agua de piscina de ciertos compuestos químicos:

Estabilizador (ICN), se acumula al cabo de las semanas de tratamiento y su exceso en el agua puede impedir que el cloro actúe adecuadamente además de sobrepasar el valor límite (100mg/l de ICN, generalmente). Por este motivo ya comentado anteriormente se debe diluir el agua de la piscina, cada cierto tiempo.

Subproductos de la desinfección (SPD's), un exceso de materia orgánica en el agua de la piscina y en el efluente de los filtros del sistema de depuración aumenta la demanda de desinfección pues la materia orgánica reacciona con este generando SPD's, que son potencialmente peligrosos para la salud. Por ello es recomendable que la filtración se realice antes de la desinfección disminuyendo el consumo de desinfectante.

Los trihalometanos (THM's), un grupo de SPD's generados en la cloración, han sido motivo de gran preocupación debido a sus posibles efectos cancerígenos. Los THM's son compuestos de un solo carbón que tienen de fórmula general CHX_3 , donde X puede ser cualquier átomo de halógeno (por ej., cloro, bromo, flúor, yodo o una combinación de varios de éstos). Los más comunes en aguas potables son: cloroformo ($CHCl_3$), bromoformo ($CHBr_3$), bromodiclorometano ($CHBrCl_2$) y dibromoclorometano ($CHBr_2Cl$). En la práctica, los THM's se producen por la reacción del cloro con elementos orgánicos, denominados precursores:



A diferencia de lo que sucede en un tratamiento de agua de red, la presencia de THM's, en el agua de piscina, aumenta a medida que el agua va recirculando por el sistema, a pesar de que exista una renovación de parte del agua -sobre un 2,5 % diario-. A fin de acotar esa carga progresiva de SPD's, la mayoría de reglamentaciones sobre piscinas prevén al menos un vaciado anual (Grasa, 2004).

Al emplear productos clorados para la desinfección del agua de de piscina se debe considerar el efecto de la acción solar sobre el cloro. Los rayos ultravioleta transforman el cloro en ión cloruro inactivo, lo que dificulta mantener una concentración correcta del cloro en piscinas al aire libre y en épocas de fuerte insolación. El uso de estabilizadores del cloro como el ICN, elimina esta dificultad.

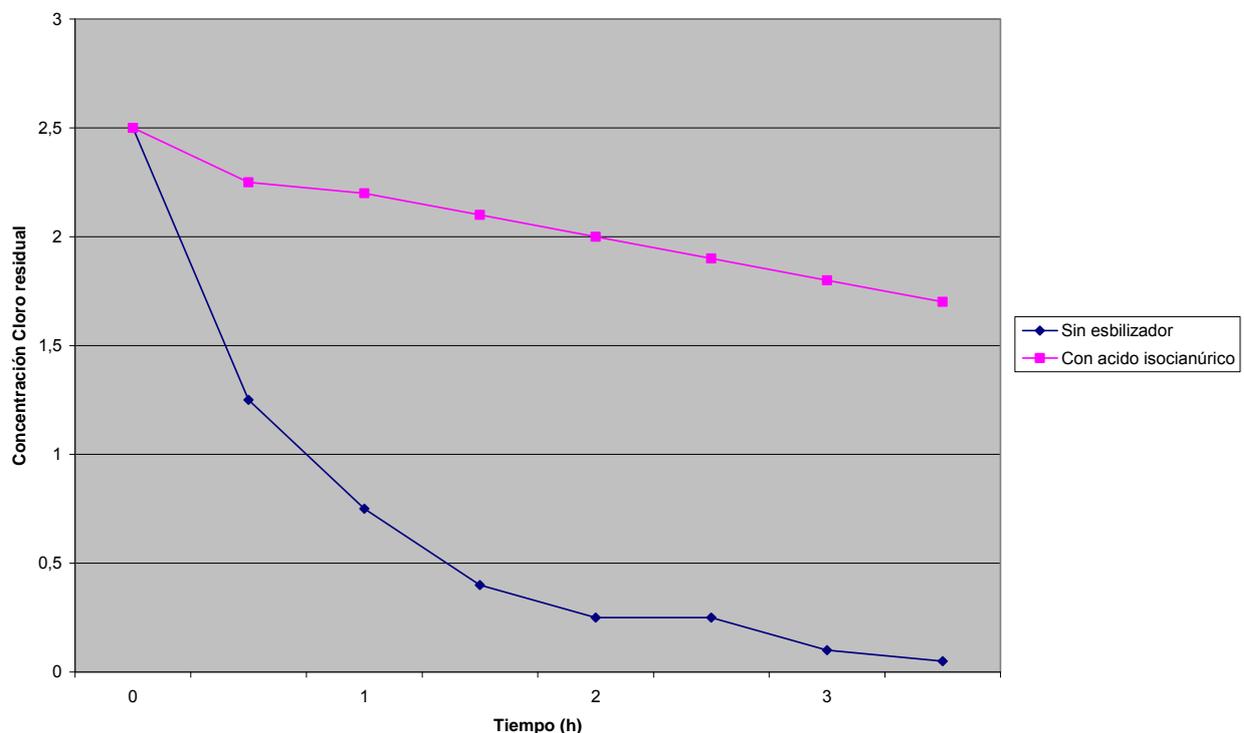
La luz ultravioleta degrada el cloro por una reacción fotoquímica:



Si no se utiliza el ICN como estabilizante, en un día soleado, el 90% del cloro activo se podría destruir por la acción del sol, en dos horas, problema bastante grande teniendo en cuenta la cantidad de radiación a la que está expuesta una piscina en verano.

La figura 1 muestra la presencia de cloro residual en el agua de piscinas cuando se utiliza un derivado clorado inorgánico sin estabilizador frente a cuando se utiliza ICN como estabilizador en el proceso de desinfección.

Figura 1: Comparación de los niveles de Cloro residual libre en función de la presencia o no de estabilizantes.



A diferencia de lo que sucede en un tratamiento del agua de la red, la presencia de ICN en el agua de la piscina, aumenta a medida que el agua va recirculando por el sistema, a pesar de que exista una renovación de parte del agua.

3. Materiales y método

Se han estudiado las aguas de las piscinas de dos complejos deportivos. El primer caso corresponde a Sociedad Polideportiva La Plana, que pertenece al ayuntamiento de Valtierra (Navarra). Se trata de dos piscinas de uso público, una de 100 m³ de uso recreativo y otra de chapoteo, utilizadas diariamente en verano por unas 200 personas.

El segundo caso estudiado ha sido la Ciudad Deportiva Amaya situada en Pamplona, también se trata de piscinas de uso público, una cubierta de 312 m³ de uso recreativo y otra transformable de 1150 m³ cuya actividad principal es la natación deportiva. Estas piscinas son utilizadas diariamente por unas 600 personas en verano y 240 en invierno.

Muchas de las mediciones se han llevado a cabo en la piscina recreativa por sufrir una carga mayor (menor volumen de agua por usuario, mayor ocupación durante la temporada estival...) por lo que supone unas condiciones más desfavorables en cuanto a la presencia de subproductos. En cualquier caso, los diferentes análisis y estudios tuvieron que ser realizados respetando la reglamentación vigente para piscinas de uso público (Decreto Foral 20/2006).

Para tomar las muestras y hacer las determinaciones analíticas se han seguido las indicaciones del Standard Methods for Examination of Water (APHA, AWWA & WPCF, 1992).

Todos los vasos se muestrearon dos veces al mes, en el caso de la Sociedad Polideportiva La Plana las mediciones se realizaron exclusivamente en los meses de verano (junio, julio y agosto), mientras que Ciudad Deportiva Amaya las muestras se tomaron durante todo el año, la hora de muestreo osciló entre las 16.00 y las 17.00 horas, coincidiendo con la máxima afluencia de bañistas,

Las muestras de agua que analizamos nos permiten tener un amplio y completo conocimiento de los parámetros evaluados y así ofrecer un mejor servicio en la interpretación de los mismos.

4. Resultados

En el presente estudio se han encontrado diferencias entre una y otra piscina en función fundamentalmente de las características de la piscina (cubierta, al aire libre, uso recreativo, uso deportivo...).

Con respecto a las determinaciones fisicoquímicas, los niveles de pH, olor y turbidez se encuentran dentro de los intervalos citados como normales en la legislación vigente en la Comunidad Foral de Navarra.

Los niveles de, pH cobre y aluminio se mantienen en todo momento muy por debajo de la concentración máxima admisible, así mismo los niveles de turbidez, oxidabilidad y conductividad también permanecen por debajo de lo que exige la legislación.

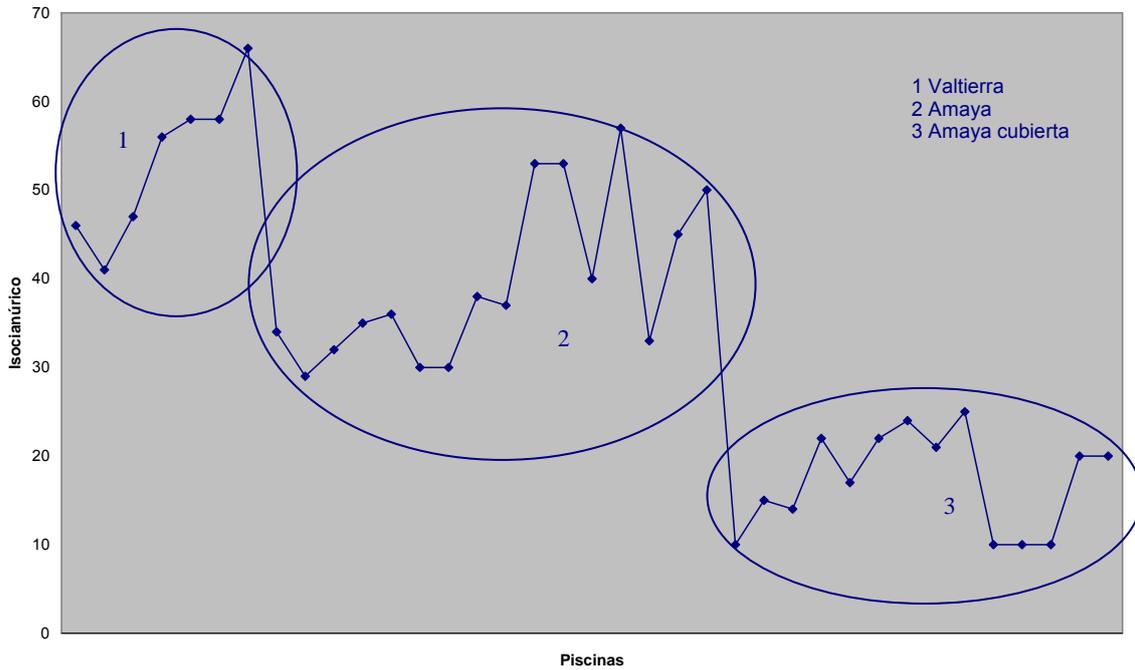
En cuanto al nitrógeno amoniacal, se aprecia que los sistemas de tratamiento de las piscinas objeto del estudio son capaces de mantener este parámetro por debajo de la concentración máxima admisible.

Los niveles de cloro libre son suficientes para mantener la desinfección requerida, lo que se demuestra en los resultados de los análisis microbiológicos realizados al agua de la piscina. La media de los niveles de cloro libre, determinados para las piscinas, coincide con el límite máximo legislado (2 mg/l), sin embargo se han encontrado muestras que superan dicho límite. Tan malo es que falte cloro (una cantidad muy baja es insuficiente para destruir una posible contaminación) como que haya demasiado (un exceso de cloro puede causar problemas de irritación en las mucosas de los bañistas y deteriorar las instalaciones).

A diferencia de lo que sucede en un tratamiento del agua de la red, la presencia de ICN en el agua de la piscina, aumenta a medida que el agua va recirculando por el sistema, a pesar de que exista una renovación de parte del agua. A fin de acortar esta carga progresiva de subproductos de la desinfección la mayoría de reglamentaciones sobre piscinas prevén al menos un vaciado anual.

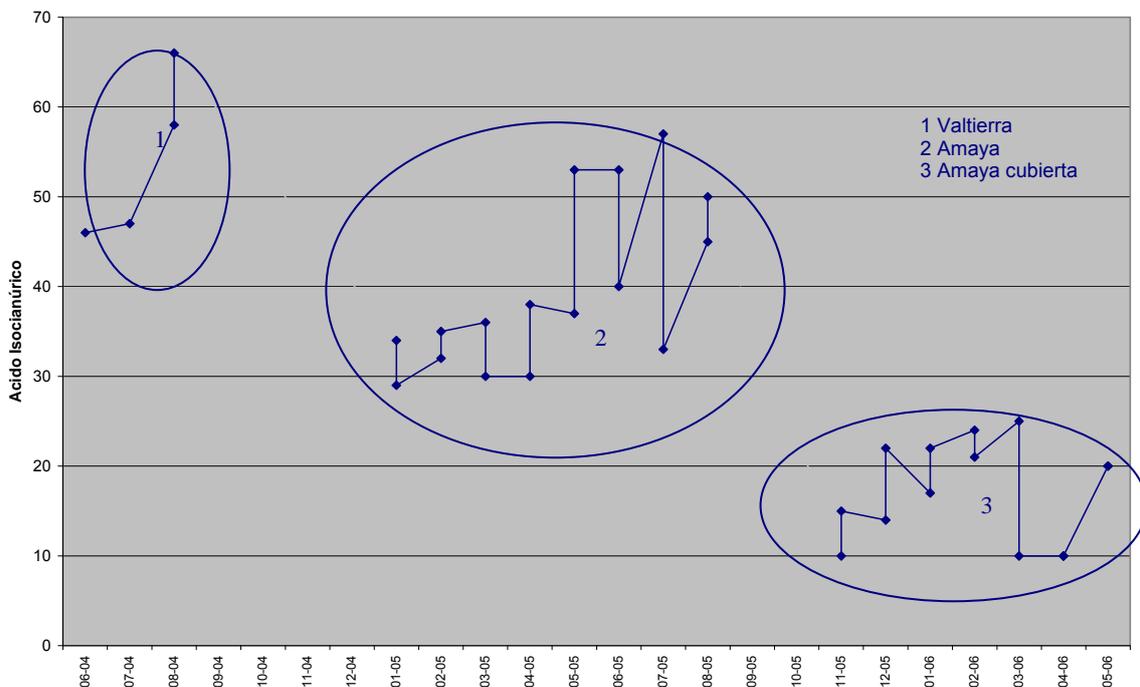
La figura 2 muestra la evolución del contenido en ICN (estabilizador) en las piscinas objeto del estudio.

Figura 2: Evolución total del ICN



En la figura 2 podemos observar los niveles de ICN en las muestras de agua de las tres piscinas cloradas convencionalmente tras la renovación total del agua. Partiendo de los valores del agua de la red se observa como se incrementan por la generación que se produce en el proceso de depuración propio de la piscina, llegándose a medir puntualmente hasta 25 mg/l en la piscina cubierta y 66 mg/l en una piscina al aire libre.

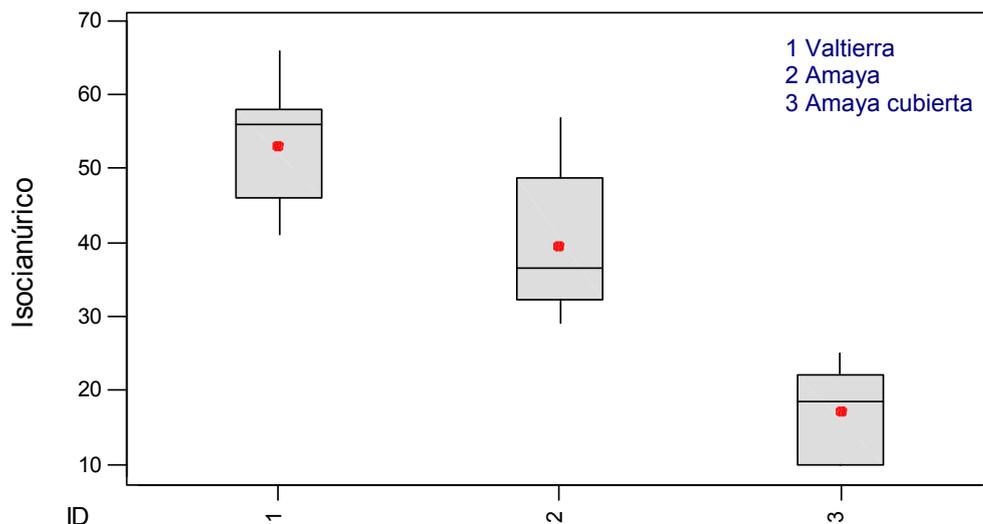
Figura 3: Evolución total del ICN frente al tiempo



En la figura 3 podemos observar que los niveles más altos de ICN se dan en las dos piscinas situadas al aire libre y aumentan notoriamente durante los meses estivales que corresponden tanto a los de mayor radiación solar como a la de mayor afluencia de bañistas.

Las piscinas en las que encontramos concentraciones más altas de ICN son las que se encuentran situadas al aire libre.

Figura 4: Cajas para las concentraciones ICN medidas en la las piscinas.



La figura 4 muestra las concentraciones de ICN medidas en las muestras de cada una de las piscinas, la media en cada grupo queda indicada por el círculo rojo (53.14, 39.5 y 17.14 mg/l). La diferencia de concentraciones de ICN en los tres grupos es importante, esto puede ser debido principalmente a la situación de la piscina, la primera caja corresponde a la piscina de Valtierra situada al aire libre, estas muestras son las que presentan valores más altos de ICN, seguidas del segundo grupo de muestras, que corresponde a la piscina transformable de la Sociedad Deportiva de Amaya que en los meses de verano permanece al aire libre y en invierno la cubren para uso deportivo-recreativo, esto puede indicar la posición intermedia de la concentración de INC al sufrir el cloro la degradación del sol en los meses estivales y necesitar mayor adición de estabilizante, volviendo a disminuir esta concentración en los meses más fríos, en los que la piscina permanece cubierta. Los valores más bajos de ICN reflejados en la muestra tercera corresponden a los tomados en la piscina cubierta la Sociedad Deportiva de Amaya.

En resumen el ICN se acumula al cabo de semanas de tratamiento y el exceso en el agua puede ser perjudicial para la salud, además de impedir que el ácido hipocloroso (HClO) actúe eficazmente sobre los microorganismos. El nivel de ICN en piscinas debe mantenerse entre 25 y 75 mg/l y las asociaciones de salud pública recomiendan que la concentración nunca exceda de 100 mg/l para mantener o llevar agua por debajo de este umbral se renueva una parte de de está cada cierto tiempo.

Según reflejaron los encargados del mantenimiento de las piscinas, en las dos piscinas situadas al aire libre se realiza una renovación diaria del 10% de volumen total del vaso, esto puede ser debido a la necesidad de diluir la concentración de ICN del vaso, no siendo suficiente el renove del 5% marcado por la legislación.

5. Conclusiones

Aunque el volumen de agua destinada a uso lúdico no deja de ser un porcentaje reducido del total de consumo de agua que la actividad humana conlleva, este volumen supone un impacto cualitativo desde el momento en que:

1. Los bañistas en general y, en mayor medida, los deportistas admiten por tres vías diferentes (dérmica, inhalación e ingestión) sus contaminantes químicos.
2. El proceso de depuración necesita el renove del 5% del agua del vaso para eliminar el ICN que se va acumulando en el agua de la piscina.

Todo ello motiva la búsqueda de alternativas viables, tanto tecnológica como económicamente al sistema de depuración, puesto que se plantean numerosos inconvenientes de salud, ambientales y de mantenimiento.

Se deberían buscar sistemas de depuración que intentaran evitar el malgasto del agua, así como se debería controlar ese 5% de volumen de agua obligatorio de renovación, ya que ese volumen puede variar dependiendo del filtro que se use, afluencia, el tratamiento... Es evidente que una piscina bien tratada necesitará una menor dilución del agua del vaso, si conseguimos mediante un tratamiento complementario eliminar el ICN y así evitar esta renovación del agua podríamos conseguir un ahorro diario de 9.000 millones de litros de los que hemos hablado con anterioridad, además de la eliminación de un vertido y un elevado ahorro energético y medioambiental. Sin embargo resulta sorprendente comprobar como la normativa no contempla de una forma clara estas alternativas de mejora apostando por tratamientos más tradicionales que implican unos gastos tanto medioambientales como económicos.

Las posibilidades de reutilización de las aguas de piscinas tratadas son numerosas y variadas, dependiendo del nivel de tratamiento a que se sometan, lo que determinará la calidad del efluente conseguido. Como ejemplos podemos citar el riego de cultivos industriales, riego de parques, campos de golf, creación de estanques y/o zonas húmedas ó el lavado de calles. Conseguir la calidad de efluente exigible para cada uso hará necesario someter las aguas de piscinas a tratamientos adecuados, para evitar estos tratamientos y su coste, proponemos un sistema para evitar la renovación diaria del 5% del agua del vaso de la piscina marcado por la legislación, consiguiendo mediante la adición de un reactivo la eliminación total de ICN.

De las posibles vías de eliminación del ICN, una de ellas consistiría en añadir directamente al agua del vaso un reactivo (melamina) capaz de eliminar el ICN presente en el agua de la piscina. Este método conllevaría un proceso adicional asociado ya que la adición de melamina da lugar a la formación de una sal, que precipita y produce una turbidez proporcional a la concentración de ICN presente en el agua de piscina, que posteriormente habría que eliminar del fondo del vaso de la piscina.

Otra posible vía de eliminación del ICN sería la instalación de un sistema en el proceso de depuración, capaz de eliminar del agua (ya filtrada) el ICN. De esta manera, se facilita la implantación del método en plantas de depuración ya existentes.

6 Referencias

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation) (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos, S.A.
- Blatchley III, E. R., (1995). *Disinfection and antimicrobial processes*. *Water Environment Research*, v. 67, n.4.

Dychdla, G. R.(1991). Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (4^a ed.) *Disinfection, sterilization and preservation* (págs. 131-151). Philadelphia: Lea & Febiger.

Grasa Martínez, C. (2004). *Estudio sobre métodos de tratamiento del agua en piscinas y subproductos de la desinfección*. Proyecto de Especialidad de Higiene Industrial. INSHT, Barcelona.

Pinto, B. Rohrig. (2003). Use of chloroisocyanurates for disinfection of water. *Journal of Chemical Education*, 80, 41-44.

<http://www.americanchemistry.com/>. American Chemistry Council (ACC).

Correspondencia (Para más información contacte con):

Marina Corral Bobadilla
Área de Proyectos de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica.
Universidad de La Rioja
Edificio Departamental - C/ Luis de Ulloa, 20
26004 Logroño, La Rioja
Phone: + 34 941 299 274 / 651 56 9214
Fax:+ 34 941 299 794
E-mail: marina.corral@unirioja.es
URL : <http://www.unirioja.es>