

Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela

María Cristina Colmenares*, Angelina Correia de Soto & Cristina De Sousa

El objetivo principal de la investigación fue determinar la presencia de microorganismos patógenos (*Pseudomonas aeruginosa* y coliformes totales y fecales) así como los niveles de cloro residual y pH de ciertas piscinas ubicadas en tres municipios del estado Carabobo, a fin de proponer medidas de control según los hallazgos encontrados. Inicialmente se realizó un diagnóstico de las condiciones de las piscinas tomando en cuenta los siguientes aspectos: sistema de desinfección, sistema de filtración, normas de uso, sistema de renovación de agua y carga de bañistas (Gaceta Oficial de Venezuela N° 4.044 Extraordinaria, 1988). Posteriormente se determinaron las características fisicoquímicas utilizando la norma COVENIN 2614:1994 y los Métodos Normalizados de Tratamiento de Agua y Agua Residual, y la evaluación bacteriológica por el método de Membrana Filtrante. De los resultados obtenidos se tiene que las piscinas clasificadas como aptas para el uso por parte de los bañistas corresponden a una del Municipio Valencia y una del Municipio Naguanagua. Así mismo, se clasificaron como no aptas siete piscinas del Municipio Valencia, tres del Municipio San Diego y una del Municipio de Naguanagua. Igualmente se evaluó como influyen los bañistas en el mantenimiento de las condiciones sanitarias de las piscinas, encontrándose que el uso de lociones u otras cremas en la piel como el factor más recurrente de contaminación. Finalmente, se propone un sistema de monitoreo periódico.

Palabras clave: Piscinas, saneamiento de piscinas, coliformes, *Pseudomonas aeruginosa*, microbiología.

INTRODUCCIÓN

Las piscinas constituyen establecimientos públicos y privados, que deben ser monitoreados y evaluados por entes gubernamentales para preservar la salud pública, ya que todos los elementos que se conjugan suponen un riesgo potencial para el bienestar de la comunidad, aumentado cada día más por el uso masivo de estas instalaciones. En el estado Carabobo existe un gran número de piscinas, que son destinadas a diversos usos: recreativo, deportivo, terapéutico, entre otros. La población que utiliza estas instalaciones actúa como vehículo de agentes contaminantes, por introducir en el agua gérmenes a través de su piel, mucosas y sistema genito-urinario. Esta situación acelera el proceso de degradación del índice de calidad del agua (ICA) de

las piscinas, representando un riesgo sanitario para sus usuarios.

Indudablemente estos agentes externos y el mantenimiento periódico de las piscinas son los aspectos más importantes a controlar dentro de la vigilancia epidemiológica en estas instalaciones, los cuales se evalúan a través de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de muestras de aguas comparándolas con la normativa legal vigente (Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinaria, 1988) que regula las condiciones de construcción, reparación, reforma, operación y mantenimiento de edificaciones (Capítulo XXXVIII, de las piscinas). Dicha normativa tiene como objetivo disminuir el riesgo de contaminación microbiana para evitar la alteración de la salud de los usuarios. Parte de las medidas preventivas aplicadas a las piscinas incluyen el uso de cloro (0,4 – 1) mg/L, como agente desinfectante del agua, cuya cantidad a aplicar depende de la temperatura del agua (3°C inferior al aire circundante)(Gasteiz, 2003), la extensión de la piscina (el tamaño de la piscina debe ser como mínimo

Universidad de Carabobo. Escuela de Química. Departamento de Química Tecnológica. Av. Universidad, Municipio Naguanagua, Estado Carabobo - Venezuela. Código Postal 2008

*Autor de correspondencia: mcolmena@uc.edu.ve

2 m² por bañista), la presencia de rayos solares y la introducción de otras sustancias químicas (alguicidas) en el agua (Espinoza & Landecho, 2003).

Si se tiene en cuenta que las piscinas del estado Carabobo están sometidas a una demanda creciente del uso por parte de la población, no solo para esparcimiento sino para el deporte y el uso terapéutico, se justifica plenamente la necesidad de establecer las condiciones sanitarias de las mismas, que permitirían a los entes gubernamentales controlar los riegos latentes que afectan el índice de calidad ambiental (ICA) en el estado. En este trabajo se planteó como objetivo general determinar las características fisicoquímicas (T, pH y cloro residual), así como la presencia de microorganismos patógenos (*Pseudomonas aeruginosa* y coliformes fecales y totales) provenientes de las muestras captadas en las piscinas, que podrían transmitir enfermedades que afecten la salud de los usuarios y, por otra parte, evitar sanciones administrativas que darían lugar desde multas a clausura de las instalaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente, se seleccionaron catorce (14) municipios del estado Carabobo, de los cuales se escogieron aquellos que presentaban la mayor cantidad de piscinas y afluencia de bañistas para los distintos usos, los resultados son los siguientes: municipio Valencia (68°59'12" O, 10°10'11" N), San Diego (67°57'04" O, 10°16'05" N) y Naguanagua (68°00'56" O, 10° 15'48" N) (SEPTTEP, 2006), los municipios referidos representan aproximadamente el 22% de la superficie del estado. Posteriormente se escogieron por cada municipio aquellas piscinas que reunieran ciertas condiciones establecidas por la Dirección General de Saneamiento Ambiental y Contraloría Sanitaria del Ministerio de Salud del estado, a saber: a) La administración de la piscina puede ser públicas o privadas, b) No deben existir restricciones de acceso al personal ni al equipo de muestreo, c) El muestreo debe realizarse, de ser posible, en el momento de mayor densidad de bañistas y d) La toma de muestras debe realizarse durante el día, preferiblemente en horas de la mañana.

A las autoridades gerenciales y administrativas de las instalaciones seleccionadas se les informó sobre la evaluación de la calidad del agua de las piscinas y se estableció que el estudio era estrictamente confidencial, por lo que a cada una de las piscinas en estudio, se les asignó una nomenclatura para su iden-

tificación respectiva. Es importante mencionar que el número de piscinas en estudio no es estadístico, debido a ciertas limitantes tales como la disponibilidad de reactivos para la realización de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua y a la falta de cooperación de la gerencia en algunas instalaciones que no permitieron el acceso a la captación de las muestras, por lo que las mismas fueron excluidas para su evaluación.

Una vez seleccionadas las piscinas en estudio, se siguieron las siguientes etapas:

1. Se realizó un diagnóstico en las piscinas y en las áreas de equipos y suministros, de acuerdo a los siguientes criterios, establecidos en la normativa que regula el mantenimiento de las piscinas (Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinaria, 1988):

- a) Sistema de Desinfección: la evaluación de estos sistemas se realizó en base a la aplicación de un agente desinfectante, el uso de alguicidas y reguladores de pH; sin contemplar las concentraciones adecuadas de estos químicos, las cuales serán evaluadas en los análisis fisicoquímicos.
- b) Sistema de Filtración: para la realización del diagnóstico de estos equipos se revisaron las siguientes variables: Control de la tasa de filtración, profundidad del lecho de arena, lavado de los filtros y existencia de los pre-filtros.
- c) Normas de Uso: se realizó en base a la existencia de avisos o carteles indicativos de las normas a seguir en las piscinas, con claridad y especificidad de las mismas.
- d) Sistema de Renovación de Agua: los criterios utilizados para la evaluación de estos sistemas fueron: frecuencia del llenado y vaciado, recirculación del agua de la piscina y renovación continua.
- e) Carga Bañista: Se realizó de acuerdo a lo establecido en la normativa que el tamaño mínimo de la piscina debe ser 2 m² por bañista.

Se consideró un parámetro de ponderación de las condiciones de las piscinas, estableciéndose la siguiente puntuación: 1 (excelente), 2 (bueno), 3 (regular) y 4 (deficiente). En tal sentido, las piscinas con una ponderación < 10 se clasifican como aptas y aquellas con una ponderación > 10 como no aptas, según su funcionamiento y cumplimiento de los criterios anteriores.

2. Para la determinación de pH y cloro residual, las piscinas se fraccionan en partes aproximadamente

iguales según sus dimensiones y se tomaron muestras de aguas en cada una de ellas, de acuerdo a las técnicas de muestreo recomendadas por la norma COVENIN 2614:1994 y por los Métodos Normalizados de Tratamiento de Agua y Agua residual, en su sección 9213 B (Comité Técnico de Normalización, 1994). Para el análisis de Cloro residual y del pH se usó el método colorimétrico: las muestras se colocan en probetas rectangulares de 40 mL de capacidad y se le agrega el indicador correspondiente (Cloro residual: DPD dietil-parafenileno-diamina y pH: Anaranjado de metilo y Fenolftaleína); el cloro libre reacciona con DPD para formar una solución rosa y se utiliza un comparador de color para determinar el nivel o concentración del mismo presente en el agua. En el análisis de pH se presenta el cambio de color de acuerdo a la escala de 1-14 y se compara la tonalidad de las muestras para determinar el valor del mismo.

3. La determinación y cuantificación de coliformes totales y fecales, así como de *Pseudomonas aeruginosa*, se realizó por medio de membrana filtrante recomendada por los Métodos Normalizados de Tratamiento de Agua y Agua Residual, en su sección 9222 para el análisis de Coliformes y sección 9213 E. La identificación de *Pseudomonas aeruginosa* se realizó de acuerdo a las especificaciones del Comité Técnico de Normalización (1994). Se reporta el número de colonias de los agentes bacteriológicos estudiados en 100 mL de muestra denotando la ausencia de los mismos como menor a uno (<1) y como mayor a ochenta (>80) en los casos que la proliferación haya sido tal que no se pudo contar.

4. Los resultados obtenidos se compararon con los valores exigidos por las normativas nacionales en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinaria (1988).

5. Para estudiar la influencia de los bañistas en las condiciones sanitarias de las piscinas, se utilizó la técnica de recolección de datos en la modalidad de encuesta y se diseñó un sistema de muestreo utilizando la siguiente ecuación (Hernández *et al.*, 1998):

$$n = \frac{N}{Se^2(N-1) + 1} \quad (1)$$

n: Tamaño de muestra

N: Tamaño de la población

Se: Error estándar (5%)

con un nivel de confianza de 95% y una proporción de error del 5%. Se estimó un tamaño de la población

total de usuario de las piscinas en estudio de 1.800 usuarios, de acuerdo a la información suministrada por la gerencia administrativa de cada una de las piscinas. La encuesta se diseñó a fin de evaluar aspectos tales como conocimiento por parte del usuario sobre las normas de las piscinas y sus actitudes durante su uso, la cual fue validada por especialistas en el área de salud pública y aplicada a un grupo reducido del personal de la Dirección de Saneamiento Ambiental para verificar su comprensión y claridad. El muestreo se realizó en el segundo semestre del año 2006, durante este periodo se realizaron las encuestas a los usuarios de las piscinas en estudio, utilizando el método de muestreo aleatorio mixto, que combina el muestreo aleatorio simple con el muestreo aleatorio por conglomerados o áreas.

6. Finalmente, se propuso un sistema de monitoreo para el control sanitario de las piscinas basado en una recopilación bibliográfica y en los resultados experimentales obtenidos.

RESULTADOS

Diagnóstico de las Condiciones Sanitarias de las Piscinas Seleccionadas

Las piscinas seleccionadas en este estudio fueron en su totalidad trece (13), siendo sólo dos (2) de administración pública y las restantes privadas. En la Tabla I se presenta la selección realizada por municipios, la nomenclatura asignada a cada una de ellas y el diagnóstico de sus condiciones según la evaluación realizada. Se encuentra que dos piscinas (B y C) son clasificadas como no aptas, siendo los aspectos donde resultaron menos favorecidas las relacionadas con el sistema de filtración, las normas de uso de las piscinas y la carga bañista (sólo para la piscina C).

Por otra parte, se encuentra que cuatro piscinas (D, E, J y K) están en el límite del nivel de ponderación, debido básicamente a problemas en el sistema de filtración del agua y la carga bañista. Es importante subrayar que las piscinas B y C están bajo la responsabilidad de la administración pública y las demás piscinas son instalaciones privadas, entre las cuales se encuentran las piscinas A, I, L y M que fueron clasificadas como aptas según el diagnóstico realizado inicialmente.

Determinación de Características Físicoquímicas y Bacteriológicas

En la Tabla II, se presentan las características físicoquímicas (T, pH y cloro residual) y bacterio-

Tabla I. Diagnóstico de las condiciones de las piscinas evaluadas en el estado Carabobo.

Municipio	Pisc	Tipo de Admin.	Sistema de desinfección	S. de filtración	Normas de uso	S. renovación del agua	Carga de bañistas	Total
Valencia	A	Privada	2	2	1	1	1	7
	B	Pública	1	4	4	2	1	12
	C	Pública	1	4	4	2	3	14
	D	Privada	2	3	3	1	1	10
	E	Privada	1	2	3	1	3	10
	F	Privada	2	2	2	2	1	9
	G	Privada	2	2	2	2	1	9
	H	Privada	2	2	2	2	1	9
San Diego	I	Privada	2	3	1	2	1	9
	J	Privada	2	3	1	1	3	10
	K	Privada	2	3	1	1	3	10
Naguanagua	L	Privada	2	2	2	1	1	8
	M	Privada	2	2	2	1	1	8

Nota Ponderación: 1= Excelente; 2= Bueno; 3= Regular; 4= Deficiente

lógicas (coliformes totales, coliformes fecales y *Ps. aeruginosa*) de las piscinas del estado Carabobo seleccionadas en el estudio. La normativa vigente establece que los niveles mínimos recomendados y máximos permisibles de cloro libre residual oscilan entre 0,4 y 1,0 mg/L y para pH entre 7,2 y 8,2.

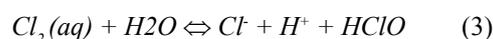
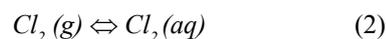
Influencia de los bañistas en las condiciones sanitarias de las piscinas

En la Tabla III se presentan los factores que influyen en las condiciones sanitarias de las piscinas debido a la carga bañista. Según el resultado de las encuestas, existen seis factores relacionadas con la intervención de los bañistas en la preservación de las condiciones sanitarias de las piscinas, siendo las más recurrentes: el uso de lociones de protección solar o bronceadores y la descarga de fluidos por la nariz y la boca.

DISCUSIÓN

Según los resultados reportados en la Tabla II, sólo seis de las piscinas en estudio (A, B, C, F, G y H), pertenecientes al Municipio Valencia, se encuentran dentro del rango de pH recomendado (7,2 -8,2), pero muy cercano al límite inferior establecido en la norma (Gaceta Oficial N° 4044, 1988). Por su parte, las otras piscinas (D, E, I, J, K, L y M) presentan valores de pH de 6,8 en promedio, lo cual indican que el agua es ligeramente ácida.

El pH tiene una marcada influencia en la cloración de las aguas. La disolución de cloro gaseoso para formar cloro molecular disuelto se puede representar como un sistema en equilibrio (reacción 2), el cloro gaseoso disuelto reacciona con el agua para formar ácido hipocloroso, iones cloruro y protones, como se indica en la reacción 3.



La extensión de la hidrólisis del cloro disminuye al bajar el pH y es por ello que la solubilidad del cloro gaseoso suele incrementarse con la adición de álcalis (American Water Works Association, 2002). Por su parte, el ácido hipocloroso es un ácido débil y se ioniza para formar ion hipoclorito (reacción 3). La suma de las tres especies químicas Cl_2 , HClO y ClO^- , se refieren comúnmente como cloro libre y su concentración se expresa en unidades mg/L como Cl_2 .



Las cantidades relativas de ácido hipocloroso e ion hipoclorito formado dependen del pH. A bajos pH, en el equilibrio HClO/ ClO^- predomina la forma HClO presentando ésta una mayor capacidad halogenante que el ClO^- . Por ejemplo, a pH 6 una solución de cloro es aproximadamente 95 % HClO, a pH 8 baja a 20 % y cuando el valor del pH es de 7,5 las concentraciones se

Tabla II. Condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de piscinas del estado Carabobo.

Municipio	Piscina	Temperatura del agua (T ± 0,5) °C	pH	Cloro residual mg/L	Nº de Colonias de Coliformes Totales en 100 mL	Nº de Colonias de Coliformes Fecales en 100 mL	Nº de Colonias de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en 100 mL
Valencia	A	28	7,4	0,4	3	<1	1
	B	27	7,5	0	>80	<1	>80
	C	27	7,5	0	10	1	1
	D	30	6,8	0,5	>80	<1	18
	E	30	7,0	0,5	15	<1	7
	F	30	7,5	0	31	<1	<1
	G	30	7,4	0	12	<1	<1
	H	30	7,2	0	5	2	<1
San Diego	I	29	6,8	>5	<1	<1	<1
	J	29	6,8	>5	<1	<1	<1
	K	29	6,8	>5	<1	<1	<1
Naguanagua	L	30	6,8	>5	<1	<1	<1
	M	30	6,8	1	2	<1	<1

Nota: Los números **en negrita** indican los valores de cloro residual y pH dentro del rango establecido según Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinaria, 1988.

Tabla III. Factores que influyen en las condiciones de las piscinas por la carga de bañistas.

Factores Influyentes	Frecuencia		% Acumulado	
	Si	No	Si	No
Usan las piscinas con lociones en la piel	126	199	38	62
Descargan fluidos por la nariz y boca	58	267	18	82
Consumen alimentos dentro de las piscinas	43	282	13	87
Usan las piscinas con lesiones en la piel	40	285	12	88
Orinan dentro de las piscinas	40	285	12	88
No se duchan antes de entrar a las piscinas	23	302	7	93

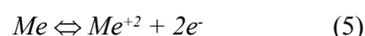
igualan (Sawyer *et al.*, 2001). El ácido hipocloroso es un agente más reactivo y más fuerte que el hipoclorito, ya que puede penetrar capas limosas, paredes celulares y capas protectoras de microorganismos eliminando de manera efectiva a los patógenos, de esta forma, mueren o su actividad reproductiva se ve inhibida (APHA, 2002).

Debido a ésto, la desinfección con cloro tiene lugar a pH óptimo entre 5, 5 a 7,5 (American Water Works Association, 2002), no obstante, en la práctica se recomienda valores entre 7,2 -7,6 (Gasteiz, 2003) y la normativa venezolana establece pH un rango entre 7,2-8,2. La razón de recomendar un límite máximo

de pH de 7,6 se debe a que por encima de este valor se reduce considerablemente la efectividad del cloro por los equilibrios anteriormente expuestos. Por otra parte, el límite mínimo se fija en 7, 2 a fin de evitar irritaciones en las mucosas de los usuarios de las piscinas y daños en el esmalte de los dientes (Cabrera & Kanashiro, 2004). Por otra parte, un pH mínimo de 7,2 permite prevenir la corrosión en las partes metálicas de los equipos y accesorios del sistema de adecuación del agua (Salazar, 1999).

La corrosión es el deterioro de una sustancia o de sus propiedades a causa del ambiente. En red de distribución del agua de las piscinas, la tubería es la

sustancia y el ambiente es el agua. La tubería compuesta de material metálico (Me: Fe, Cu, Zn, Pb o aleaciones de metales) y está reacción de oxidación está acoplada con la reducción de algún agente oxidante, como las especies de cloro disueltas (reacciones 5 y 6).



Como se aprecia en las reacciones 5, a medida que baja el pH (es decir aumenta la concentración de iones hidrógeno H^+) se favorece la reacción de reducción, lo cual requiere del flujo de electrones de la superficie metálica, ocasionando su oxidación. Según Mora & Cedeño, (2006) a bajo pH aumenta la tasa de corrosión y a alto pH disminuye, no obstante el valor exacto dependerá del material, comenzando a ser importante por debajo de pH 6,5. Es por ello, que se deben tomar medidas preventivas en las D, E, I, J, K, L y M (valores de pH de 6,8 en promedio), a fin de cuidar la salud de los usuarios y la preservación de los equipos (Mora *et al.*, 2005)

Por otra parte, la temperatura del agua se recomienda que debe encontrarse aproximadamente 3 °C por debajo de la temperatura del aire para garantizar que sea agradable al bañista (Gasteiz, 2003), lo cual se cumple en todas las piscinas ya que presentan temperaturas inferiores o iguales a la temperatura ambiente (Tabla II). Es importante destacar, que existen estudios que demuestran que a altas temperaturas se favorece la proliferación de microorganismos (OMS, 2004).

En cuanto a los valores de cloro residual, las piscinas B, C, F, G y H no presentan cloro residual (0 mg/L), lo cual incide directamente en la proliferación de diversos tipos de microorganismos, que se ve reflejado en la presencia de coliformes totales en estas piscinas (tabla II). Aún cuando, la normativa que regula este tipo de instalaciones (Gaceta Oficial N° 4.044 Extraordinaria, 1988), establece que no deban existir más de 200 bacterias por mL, se deben tomar los controles necesarios en estas piscinas, ya que la falta de cloro residual ocasionará en el tiempo el incremento de la cantidad de coliformes. También es importante mencionar que estas piscinas fueron evaluadas con sistemas de desinfección bueno o excelente debido a la existencia de un registro de dosificación del cloro gaseoso con su respectivo regulador de pH y control de algas, reflejando de esta manera que cuentan con

herramientas estandarizadas para la dosificación, no obstante, ninguna de las instalaciones visitadas poseen registros de la calibración de los equipos, con la respectiva supervisión por la institución oficial competente (SENCAMER, 2007). Sólo las piscinas I, J, K, L y M contaban con registros de medición de bacterias a pesar de que todas manifestaron poseerlos.

Especial consideración debe tenerse con la piscina B que presenta los valores más altos de coliformes totales y de *Ps. aeruginosa*, siendo esta última una bacteria patógena oportunista que comprende un grupo heterogéneo de bacterias que pueden causar enfermedades en individuos con sistemas inmunitarios debilitados, y está asociada comúnmente con dermatitis en baños calientes y piscinas (American Water Works Association, 2002) y otitis en bañistas (Martín *et al.*, 1992).

Durante la realización del diagnóstico a la piscina B, se observó que se encuentra rodeada de árboles, ocasionando la incorporación al agua de gran cantidad de sólidos tales como hojas, flores, insectos, polvos, excrementos de aves, entre otros. La normativa establece que la ubicación de la piscina debe ser tal que no esté expuesta a contaminación con polvo, humos, hojas secas y otras sustancias indeseables y cuando existen espacios de jardín se recomienda separar la piscina por medio de un elemento físico apropiado. Por tanto, se hace necesario realizar la poda de los árboles que están cercanos al área de la piscina a fin de evitar la incorporación de estos agentes externos que además de contaminar sirven de escudo a los microorganismos. Situación similar se encontró en la piscina C, donde se observó gran cantidad de sólidos tanto en la superficie como en el fondo, esto implica una falta de mantenimiento periódico.

Por otra parte, estas piscinas (B y C) poseen baños en mal estado, por lo que los bañistas posiblemente no salgan de la misma al sentir deseos de orinar y ocasionalmente lo hagan dentro de la misma. Por otra parte, la pintura de las paredes de las fosas está deteriorada y descascarada, produciéndose un medio de cultivo para los microorganismos dentro de ellas. Adicionalmente, en las instalaciones no se presentan en lugares visibles a los usuarios las normativas a seguir para el uso de las piscinas, por lo que los usuarios, por falta de información, no tomen los debidos cuidados al bañarse. En resumen, las piscinas B y C no cumplen con varios artículos contentivos en las normas que

regulan el mantenimiento de las piscina (Gaceta oficial N° 4.044 Extraordinaria, 1988), específicamente en cuanto a condiciones físicas, cloro residual libre y el análisis bacteriológico. Por los resultados obtenidos, se sugiere la clausura de estas piscinas, dado que las mismas representan un foco permanente de infección y de salud pública.

En relación al estudio para las piscinas D y E se encontró un nivel de cloro dentro del rango recomendado (0,4-1 mg/L) y la presencia de coliformes totales y *Ps. aeruginosas* un poco altos, pero por debajo de lo establecido por la norma (máximo de 200 colonias/100mL). Se sugiere elevar el valor del cloro residual libre en estas piscinas, porque el mismo se encuentra muy cercano al valor límite inferior establecido en la normativa y de esta forma evitar el crecimiento bacteriano. Es importante mencionar que durante la inspección de la piscina D se observaron las paredes sucias, con sólidos en el fondo, algunas cerámicas deterioradas y el aspecto del agua era turbia, esto pudiera sugerir posibles deficiencias en el sistema de filtración, aun cuando se lleva a cabo un control de la rata de filtración según lo establecido en la norma (solo la controlan en las piscinas D, L y M), o la falta de un mantenimiento periódico de la piscina. Se sugiere la revisión del sistema de filtración y la colocación visible de normas de uso en estas piscinas.

En el caso de las piscinas I, J, K y L presentan elevados niveles de cloro residual (> 5 mg/L), valor que garantiza la desinfección del agua de las mismas, pero representa un consumo superior a la dosis necesaria de los químicos desinfectantes, además de generar pérdidas económicas, podría causar irritaciones en la piel y en la mucosa ocular (OMS, 2004). Este resultado indica que las piscinas referidas sean consideradas como no aptas.

Cuando se añade cloro como desinfectante, normalmente comienza reaccionando con las sustancias orgánicas e inorgánicas presente en el agua y de esta forma, el cloro no puede utilizarse a posteriori porque se transforma en otros productos. Por ello, se debe añadir cloro suficiente para que reaccione con todas las sustancias reductoras que pudieran estar presentes en el agua de las piscinas (por ejemplo, la materia orgánica y el nitrógeno contenidos en los desechos del cuerpo humano como: orina, sudor, piel, saliva, entre otros) y el cloro remanente quedará como residual libre disponible. En el caso del ácido hipocloroso, éste puede reaccionar

con amoníaco (NH_3) para formar monocloraminas, dicloroaminas y tricloroaminas; y la suma de estas tres especies de cloroaminas es referida como cloro combinado y se expresa como Cl_2 en mg/L.

Las monocloroaminas y dicloroaminas tienen poder desinfectantes, mientras que las tricloroaminas son productos indeseados, al originar olores repugnantes, susceptibles a posterior oxidación a N_2 o nitrato, reduciendo su poder desinfectante (Sawyer *et al.*, 2001). La cantidad de subproductos amoniales formados dependerá de la cantidad relativa de cada uno y, en alguna medida del pH. Cuando los niveles de cloro residual son elevados, se forman un mayor número de subproductos de la desinfección. Según un estudio realizado, las monocloroaminas y dicloroaminas tienen una potencia biocida para coliformes en comparación con el cloro libre residual ($\text{HClO}/\text{ClO}^- : \text{NH}_2\text{Cl}/\text{NHCl}_2$) de aproximadamente 1:0,0125 (American Water Works Association, 2002), demostrando que el cloro residual libre tiene una mayor capacidad desinfectante, pero se disipa rápidamente en el sistema de distribución. Sin embargo, las cloroaminas, siendo oxidantes débiles, son más estables y persistentes que el cloro libre; por esta razón suele utilizarse un tratamiento final de amoníaco para convertir el cloro libre residual a cloro residual combinado, que tiene mayor duración (Knobelsdorf & Mujeriego, 1997).

Por otra parte, si el agua presenta materia orgánica (ejemplo: restos de alimentos y protectores solares), el cloro libre reacciona con los constituyentes orgánicos para producir subproductos clorados orgánicos, como trihalometanos (THM) que son de preocupación por sus potenciales efectos sobre la salud (USEPA, 1999). Los THM y específicamente el cloroformo es un compuesto muy volátil, a los cuales están expuestos los bañistas por inhalación. Se ha reportado que los THM pueden causar cáncer de hígado y riñón (ATSDR, 1997) y por ello se encuentra regulado en el agua para consumo humano (Gaceta Oficial N° 36.395, 1998).

Es importante señalar que las piscinas J y K con exceso de cloro residual, presentan también una carga de bañistas superior a la establecida en la norma. Debido a las razones anteriormente expuestas (económicas y de salud) se debe reducir los niveles de cloro de estas piscinas (I, J, K y L), y llevar un control de la carga de bañistas en aquellas piscinas que no cumplen la normativa en este aspecto (piscinas C, E, J y K)

En cuanto a las piscinas A y M que contienen escasos microorganismos, pueden clasificarse como aptas debido a que presentan un número de colonias < 10 . Es importante resaltar que en ninguna de las piscinas evaluadas se encontraron coliformes fecales y sólo las piscinas B, D y E presentaron colonias de *Ps. aeruginosa*.

En Tabla III, se puede observar que 38% de los usuarios entran al agua de las piscinas con lociones para el cuerpo especialmente protectores solares, y un 18% descargan fluidos, siendo este último factor encontrado principalmente por aquellos usuarios de las piscinas I, J, K y L, donde se encontraron niveles altos de cloro libre residual (>5 mg/L).

Cabe destacar el hecho de que los usuarios entren a las piscinas con lociones u otras cremas en sus cuerpos, lo cual genera un decaimiento en el índice de calidad del agua (ICA), ya que no solo afecta su apariencia, además, se forman capas de grasa en la superficie que al adherirse a las paredes del pozo permiten la fijación de las partículas de polvo, sucio y otras impurezas dando lugar a una especie de capa de color marrón a nivel del agua, afectando la eficiencia del sistema de desinfección, por otra parte la composición química (cetona, compuestos aromáticos, alcoholes, alquenos, entre otros) presentes reaccionan con el desinfectante dando lugar a compuestos orgánicos clorados, con disminución de los efectos biocida.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda realizar un mayor control y supervisión por parte de las autoridades administrativas de las piscinas, a fin de que los usuarios cumplan con las normas de uso. La ingesta de alimentos dentro de la piscina debe ser estrictamente, prohibida. No debe permitirse usuarios con heridas en la piel, micción dentro de las aguas de las piscinas y no ducharse antes de entrar en las mismas (Tabla III), de acuerdo a lo establecido en las normativas vigentes como faltas por que ocasionan problemas en el sistema de desinfección, por la generación de subproductos y el deterioro del índice de calidad del agua. En base a las características fisicoquímicas y bacteriológicas encontradas en las piscinas, se propone un sistema de monitoreo periódico de las condiciones sanitarias de las mismas. Los principales parámetros a monitorear para mantener las condiciones sanitarias en una piscina son los siguientes: cloro residual libre, pH, temperatura e indicadores bacteriológicos bajo los rangos establecidos en la normativa vigente.

Igualmente se recomienda realizar una bitácora de mantenimiento, que consiste en una rutina de actividades de limpieza, desinfección y cambio de repuestos de algunos equipos tales como bombas y válvulas, de manera periódica, una vez a la semana, mensual o anualmente, según la característica de la actividad y la intensidad del uso de la piscina (Gasteiz, 2003).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se pudo verificar que el problema radica principalmente en la falta de un mantenimiento periódico de las piscinas y el cumplimiento de la normativa. No obstante, se puede recomendar un sistema de desinfección con ozono porque tiene las ventajas de producir menores cantidades de subproductos de desinfección, además posee una capacidad de oxidación mayor que la del cloro, elimina de forma muy rápida microorganismos, incluso virus debido a la inactivación de los enzimas necesarios para su supervivencia; pero presenta una gran desventaja como son los costos de instalación y operación, limitando su aplicación (USEPA, 1999).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Dirección de Saneamiento Ambiental y Contraloría Sanitaria Ministerio de Salud, Región Central, del estado Carabobo, por la ayuda prestada en la realización de los análisis de laboratorio.

Evaluation of physicochemical and bacteriological characteristics of some swimming pools in Carabobo state, Venezuela

SUMMARY

The main objective of this investigation was to determine the presence of pathogenic micro-organisms (*Pseudomonas aeruginosa*, total and fecal coliforms) as well as the levels of residual chlorine and pH in some swimming pools of three municipalities of the Carabobo state in order to propose some control levels according to the initial findings. First of all, a diagnosis was made of the swimming pool's conditions using the following criteria: disinfection system, filtration system, using rules, water renovation system and amount of users. Then, the physicochemical characteristics were determined using the norm COVENIN 2614:1994 and the normalized methods for treatment of fresh and waste water. The bacteriological evaluation was

determined by the method of filtration membranes. The results showed that the swimming pools classified as suitable for the users were as follows: one in the municipality of Valencia, three in the municipality of San Diego and one in the municipality of Naguanagua. Additionally, it was found that seven swimming pools in the municipality of Valencia and one in the municipality of Naguanagua were classified as not suitable. The behavior of swimming pools users was also investigated and it was found that the use of lotions and skin creams was the most common factor of contamination. Finally, a sanitation control system was proposed.

Key words: swimming pools, swimming pool sanitation, coliforms, *Pseudomonas aeruginosa*, microbiology.

REFERENCIAS

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (1997). Division of Toxicology and Environmental Medicine. Toxicological Profile for Chloroform. CAS #: 67-66-3 Atlanta. Disponible en U.R.L: <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts6.html>
- APHA (American Public Health Association) (2002). Disponible en U.R.L: www.apha.org.
- AWWA (American Water Works Association) (2002). *Calidad y Tratamiento del Agua. Manual de Suministro de Agua Comunitaria*. McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, España.
- Cabrera A. & Kanashiro. C. (2004). Efecto del pH del agua de piscina en esmalte de dientes deciduos humanos. Estudio con microscopía electrónica de barrido. *Rev. Estomatol. Herediana*. **14**: 59-62.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) (1994) Norma Venezolana COVENIN 2.614. Fondonorma, Caracas, Venezuela.
- Espinoza E. & Landecho S. (2003). Calidad bacteriológica de aguas de piscinas públicas y privadas, en la ciudad de Panamá. Panamá.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Año CXV: Mes XI. No. 4.044 (Extraordinaria). Decreto MSAS No G-1.126 (1988). Normas Sanitarias para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Caracas, Venezuela.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Año CXXV: Mes V. No. 36.395 (1998). Decreto MSAS No SG-018-98. Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable. Caracas. Venezuela
- Gasteiz V. (2003). Guía práctica para el diseño del programa de autocontrol de piscinas, [en línea]. Gobierno Vasco. Disponible en: <http://www.osanet.euskadi.net>
- Hernández R., Fernández C. & Baptista P. (1998). *Metodología de la Investigación*. 2ª ed. McGraw-Hill, Ciudad de México, México, pp.215-217
- Knobelsdorf J. & Mujeriego R. (1997). Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable. *Bol. Malariol. Sal. Amb*. **Vol. 4, No. 2**: 17-26.
- Martín M., Hernández A., Felipe A., Hardisson de la Torre A. & Alvarez R. (1992). Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de piscinas de la isla de Tenerife. *Rev. San Hig Púb*. **66**: 281-289.
- Mora V. & Cedeño J. (2006). Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. *Universidad, Ciencia y Tecnología*. **10**: 41-45.
- Mora, V., Cedeño J. & García. A. (2005). Calidad y corrosión en aguas de las plantas de tratamiento Angostura y Gurí del Estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Malariol. Sal. Amb*. **45**: 127-137.
- OMS (2004). Guidelines for Drinking-water Quality. Génova. Disponible en U.R.L: http://www.who.int/water_sanitation_health
- Salazar, I. (1999). Evaluación de la Calidad del Agua de las Piscinas. Ministerio de Sanidad y Desarrollo Social. Dirección de la Escuela de Malariología y Saneamiento Ambiental "Dr. Arnoldo Gabaldón". Maracay. Aragua.
- Sawyer C., McCarty P. & Parkin G. (2001). Química para Ingeniería Ambiental. (4ta ed.) McGraw-Hill Interamericana, S. A. Bogotá, Colombia.

SEPTEP (Secretaría de Producción, Turismo y Economía Popular), (2006). *Herramienta Informativa para la Inversión en el Estado Carabobo*. Disponible en U.R.L: www.slideshare.net/tobby-dic/herramientas-informativa-para-la-inversin-en-carabobo-208520

SENCAMER (Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos) (2007). Ministerio para el Poder Popular de las Industrias Ligeras y Comercio. Disponible en U.R.L: www.sencamer.gob.ve

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1999). Folleto Informativo de tecnología de aguas residuales. Desinfección con cloro (EPA 832-F-99-062) y Desinfección con ozono (EPA 832-F99-063). Disponible en U.R.L: <http://www.epa.gov/espanol/agua.htm>

Recibido el 28/10/2007
Aceptado el 24/04/2008