

Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de piscinas de dos complejos recreacionales del Estado Zulia

Physicochemical and microbiological quality of swimming pool water of two recreational complexes in Zulia State

Sedolfo Jose Carrasquero Ferrer*¹, Cristal Elisa Muñoz Colina¹, Patricia Carolina Tuvíñez Morales¹, Romer David Vargas Torres¹, Carlos Javier Vargas Castellano¹ & Julio Cesar Marín Leal¹

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de piscinas de dos complejos recreacionales ubicados al oeste de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, de acuerdo con lo establecido en las normas sanitarias venezolanas (Gacetas Oficiales 4044 y 36395). Se realizó un muestreo en veinte (20) piscinas destinadas a actividades recreativas ubicadas en dos complejos. Los parámetros que se midieron para analizar la calidad sanitaria del agua de piscinas fueron: color verdadero, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos disueltos totales, turbidez, alcalinidad total, cloro libre residual, dureza total, pH, coliformes totales, coliformes fecales y organismos heterótrofos. Los parámetros fisicoquímicos sólidos disueltos, turbidez y color verdadero presentaron concentraciones promedios menores a los establecidos por las normas sanitarias vigentes; sin embargo, los valores promedios de cloro residual y pH se encontraron fuera de los rangos recomendados. Los parámetros microbiológicos mostraron que un 30% de las piscinas analizadas presentaron un valor promedio de organismos heterótrofos de 1107 UFC/mL, mayor al límite establecido por la normativa venezolana. Con respecto a los coliformes, un 75 y 60% de las piscinas presentaron al menos un tubo positivo durante la prueba de coliformes totales y fecales, respectivamente.

Palabras clave: calidad del agua, cloro residual, microbiología del agua, piscinas, saneamiento.

INTRODUCCIÓN

Con el aumento demográfico de la población, existe también una creciente demanda de personas que buscan ambientes naturales para la recreación y esparcimiento, pero muchos de estos ambientes se encuentran lejanos al entorno urbano donde viven,

SUMMARY

The present study had as objective to analyze the quality physical-chemical and microbiological of the water of swimming pools of two recreational complexes located in west of the city of Maracaibo, Zulia state, in accordance with the established in the sanitary Venezuelan procedure, the official gazettes 4044, and 36395. Sampling was conducted in twenty (20) aimed at recreational pools located on two recreational complex. The parameters were measured to analyze the quality of water in swimming pools were true color, electrical conductivity, total solids, total dissolved solids, turbidity, total alkalinity, residual free chlorine, total hardness, pH, total coliforms, fecal coliforms and heterotrophic organisms. The physicochemical parameters: dissolved solids, turbidity and electrical conductivity presented average concentrations less than those established by the sanitary standards; however, the mean values of residual chlorine and pH were found outside the recommended ranges. The microbiological tests showed that 30% of the pools tested had an average value of heterotrophic organisms of 107 CFU / mL, higher than the limit set by Venezuelan law. 75 and 60% of the pools presented at least one positive test tube for total and fecal coliforms, respectively

Key words: residual chlorine, sanitation, swimming pools, water quality, water microbiology.

lo que ha motivado al hombre a desarrollar entornos artificiales de tipo acuático, como los complejos recreacionales, deportivos y turísticos con piscinas y parques acuáticos.

Las piscinas son establecimientos tanto públicos como privados que se han popularizados en

¹ Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA), Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia (LUZ), Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Edo. Zulia, Venezuela.

*Autor de correspondencia: scarrasquero@fing.luz.edu.ve

los últimos años, debido a que en ellas las personas logran experimentar grandes momentos de distracción, entretenimiento, tranquilidad, disminución de estrés, relajación muscular y mejoramiento de la condición física y psicológica. Todos estos beneficios hacen que las piscinas sean establecimientos que atraen a muchas personas en todo el año, convirtiéndose en sus lugares predilectos para el pleno disfrute de su día a día.

La demanda incesante y creciente por parte de la población de estos establecimientos hace necesario que los entes gubernamentales mantengan un control sobre la proyección de estos centros recreacionales, estableciendo condiciones mínimas para su construcción y funcionamiento, así como también una vigilancia permanente de la calidad sanitaria de las aguas de las piscinas, buscando proporcionar seguridad, bienestar y confort a los usuarios, trabajadores y habitantes colindantes.

Las aguas destinadas a este tipo de actividad se les denomina aguas recreacionales. Dichas aguas para el abastecimiento de piscinas deben reunir básicamente las mismas características de potabilidad exigidas para las de consumo humano (Gaceta Oficial 4044, 1988). Es por esto que se hace indiscutible que los aspectos más importantes que se deben controlar son los que involucran a la calidad fisicoquímica y microbiológica de las mismas, por ser las que pueden dar lugar a grandes trastornos o molestias en los usuarios.

La contaminación del agua de las piscinas puede darse por dos factores principales, aportada por los bañistas o por un deficiente mantenimiento tanto del agua como de las estructuras del estanque. Muchas veces se asume de forma errónea que los mayores problemas de contaminación en las piscinas tienen lugar únicamente en las piscinas públicas, pero los microorganismos y sustancias indeseadas se encuentran en todo tipo de estanques sencillamente por la presencia de los bañistas.

La población que utiliza estas instalaciones actúa como vehículo de los agentes contaminantes por introducir en el agua microorganismos a través de su piel, mucosas y sistema genitourinario; aunque esta flora no sea patógena, puede infectar a personas que tengan las defensas disminuidas. Esta situación acelera el proceso de degradación del índice de

calidad del agua de las piscinas representando un riesgo sanitario para sus usuarios. Estos agentes externos y el mantenimiento periódico de las piscinas son los aspectos más importantes a controlar dentro de la vigilancia, control y supervisión en estas instalaciones (Colmenares *et al.*, 2008).

Una de las principales fuentes de contagio en las piscinas lo constituye la ingestión accidental de agua, que es la principal vía de transmisión de microorganismos patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales. Las cantidades ingeridas son variables, tal como lo expresan Reiss *et al.* (2006), quienes estipulan un consumo por hora de aproximadamente 21 mL en adultos y de 49 mL en niños, sin desestimar otros medios contaminantes como la absorción dérmica o la inhalación, este último con riesgos de absorción de aerosoles residuales de los productos químicos utilizados en la desinfección y generados por los movimientos del agua y sus consecuencias directas en la salud (Díaz *et al.*, 2011).

El objetivo de esta investigación fue analizar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de piscinas de dos complejos recreacionales del estado Zulia con base a lo establecido en la normativa venezolana vigente contemplada en la Gaceta Oficial 4044 y 36395.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la calidad sanitaria del agua de las piscinas de los dos complejos recreacionales, primero se realizó un inventario, seleccionando las piscinas que reunieron ciertas condiciones tales como: a) No deben existir restricciones de acceso al personal ni al equipo de muestreo, b) El muestreo debe realizarse después del proceso de limpieza y mantenimiento de las piscinas c) La toma de muestras deberá realizarse durante el día, preferiblemente en horas de la mañana y d) poseer sistemas de recirculación para renovar el agua, según lo recomendado por Colmenares *et al.* (2008), Martínez y Albarado (2013) y la OMS (2006). De las piscinas inventariadas, se decidió realizar un muestreo en diez (10) piscinas en cada complejo para un total de veinte (20) piscinas destinadas a actividades recreacionales. A cada una de las piscinas en estudio se les asignó una nomenclatura para su identificación respectiva, así como también al complejo. Al primer complejo (C1) pertenecen las piscinas desde la A y hasta la J, y al segundo complejo

(C2) corresponden las piscinas de la K hasta la T. Ambos complejos se encuentran ubicados al oeste de la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia.

Los parámetros que se midieron para analizar la calidad sanitaria del agua de piscinas fueron: color verdadero, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos disueltos totales, turbidez, alcalinidad total, cloro libre residual, dureza total, pH, coliformes totales, coliformes fecales y organismos heterótrofos, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el método estandar de análisis de aguas y líquidos residuales (APHA *et al.*, 2005).

Se realizaron tres muestreos en diferentes etapas del período vacacional (julio-septiembre) con la finalidad de obtener muestras de diferentes momentos de uso, y así acercarse a la realidad y poder determinar con certeza la calidad del agua de las piscinas que ofrecen servicios en los complejos recreacionales. Las piscinas se fraccionaron en partes aproximadamente iguales según sus dimensiones y se tomaron muestras de aguas por el método de inmersión, en la microcapa superficial y una profundidad de 50 cm en cada una de ellas, de acuerdo a las técnicas de muestreo recomendadas por la norma COVENIN 2614 (1994); Colmenares *et al.* (2008) y Martínez y Albarado (2013).

Se calcularon las medias aritméticas y las desviaciones estándar empleando el programa Excel® para Windows® 2007. Se utilizó el programa Statistix 9.0 para realizar un análisis de varianza de una sola vía, con la finalidad de determinar las diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las piscinas analizadas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios correspondientes a la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las diez piscinas analizadas para cada complejo se presentan en la Tabla I, así como también los límites establecidos por la normativa venezolana que regula la proyección y mantenimiento de las piscinas (Gaceta Oficial 4044, 1988). Para el complejo C1, el ANOVA mostró que existieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los valores de turbidez, pH, sólidos totales, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, alcalinidad total, cloro residual, coliformes totales, coliformes fecales y organismos heterótrofos

entre las diferentes piscinas analizadas. No se encontraron diferencias estadísticas para los valores de color y dureza total.

Para el complejo C2, el ANOVA mostró que no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los parámetros color, turbidez y conductividad eléctrica.

Calidad fisicoquímica de las aguas de las piscinas

Color verdadero

El 45% de las piscinas analizadas (B, D, G, H, I, J, K, M, O) cumplieron con lo establecido en la Gaceta Oficial 36395 (1998) que establece valores deseados de color real de 5 UC Pt-Co (Fig. 1A). La percepción del ojo humano es capaz de detectar el color en aguas a partir de 15 UC Pt-Co y como se puede observar el máximo valor obtenido en la medición fue 10 UC, resultados que pueden ser considerados aceptables por los usuarios de las instalaciones. Valores mayores a 5 UC Pt-Co indican una limpieza deficiente en las instalaciones, defectos en los equipos de mantenimiento o ubicaciones con alta presencia de contaminantes de origen orgánico.

Turbidez

Los valores de turbidez promedio para el agua de las piscinas oscilaron entre 1,25 y 4,20 UNT (Fig. 1B). Todas las piscinas cumplieron con el valor máximo de turbidez, de acuerdo a lo establecido por la Gaceta Oficial 36395 (1998). Sin embargo, todos los valores obtenidos para las 20 piscinas analizadas exceden el valor de 0,5 UNT, recomendado por estándares internacionales como el establecido en la provincia de Alberta, Canadá (Alberta Health, 2014). Los valores obtenidos de turbidez en las aguas de las piscinas estudiadas en esta investigación son mayores a los reportados por Rasti *et al.* (2012), quienes obtuvieron resultados de 0,47 UNT; pero inferiores a los resultados obtenidos por Díaz *et al.* (2011), quienes reportaron valores entre 20 y 30 UNT.

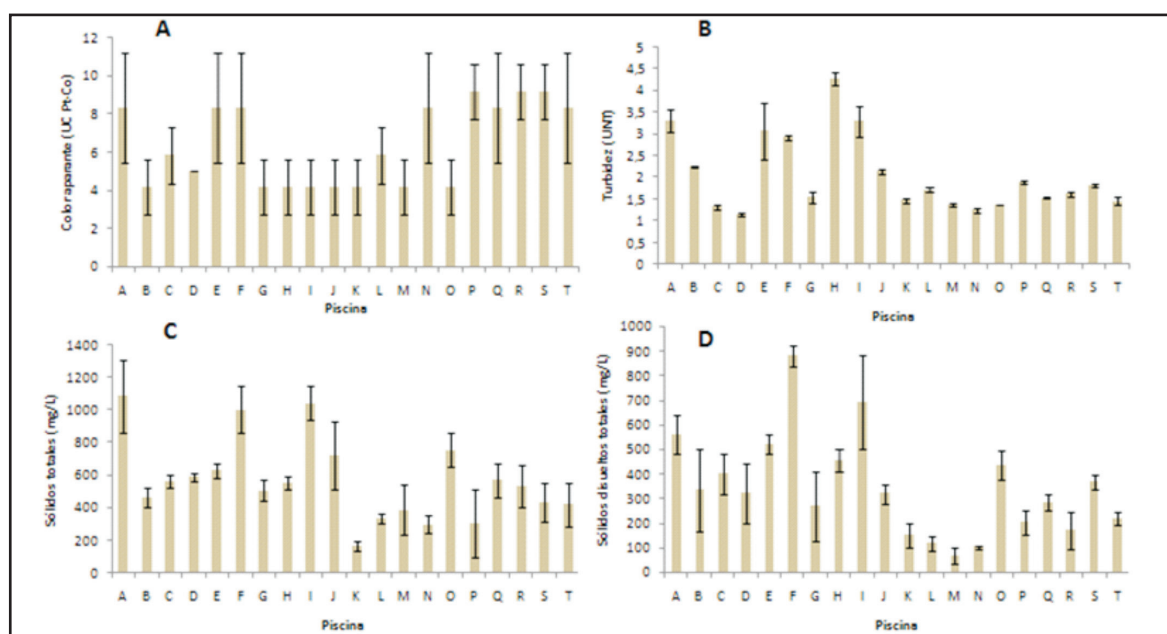
Sólidos totales

Los valores de sólidos totales en las piscinas analizadas oscilaron entre 1280 y 150 mg/L (Fig. 1C). El 70% de las piscinas analizadas (B, C, D, G, H, K, L, M, N, P, Q, R, S, T) presentaron valores de sólidos

Tabla I. Características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas de las piscinas.

Parámetro	Unidad de expresión	C1 (Media ± DE)	C2 (Media ± DE)	Límites permisibles
Físicos				
Color real	UC Pt-Co	5,6 ± 1,9	7,1 ± 2,2	<5
Sóld. totales	mg/L	714,3 ± 235,4	420,2 ± 165,5	<600*
Sóld. disueltos	mg/L	474,7 ± 194,0	212,0 ± 118,6	1500
Turbidez	UNT	2,5 ± 1,0	1,5 ± 0,2	<5
Químicos				
Cond. Eléctrica		288,9 ± 107,4	281,2 ± 143,2	<500**
pH	-	7,59 ± 1,06	6,88 ± 1,52	7,2-8,2
Alcalinidad total	mg/L	122,0 ± 58,9	281,2 ± 143,2	80 - 150**
Cloro residual	mg/L	1,01 ± 1,70	1,32 ± 1,47	0,4-1,0
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	143,5 ± 24,8	264,1 ± 288,0	250
Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100 mL	4,2 ± 3,0	1,9 ± 1,8	<1,1
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1,8 ± 1,6	1,1 ± 0	<1,1
Heterótrofos	UFC/mL	700,4 ± 605,8	37,8 ± 21,8	200

DE: Desviación Estándar. La columna de Límites Permisibles están referidos a la Gaceta Oficial Venezolana 4.044 (1988), al menos que se indique lo contrario. (*) Gaceta Oficial Venezolana 36.395. (**) Suarez y Blancas (2001).

Fig. 1. Parámetros físicos medidos en las aguas de las piscinas de los dos complejos recreacionales.

totales por debajo de 600 mg/L, mientras que en las piscinas A, E, F, I, y J se obtuvieron valores superiores. Los mayores valores se presentaron en las piscinas A (1080 mg/L), F (1000 mg/L) e I (1040 mg/L) pertenecientes al complejo recreacional C1. Valores mayores de 1000 mg/L indican una alta presencia de sólidos totales, la cual puede ser causada por una ubicación inadecuada de la piscina. Se observó que estas piscinas se encontraban rodeadas de árboles, ocasionando la incorporación al agua de gran cantidad de hojas, flores, insectos, polvos, excrementos de aves, entre otros. La normativa venezolana 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 (Gaceta Oficial 4044, 1988).

Sólidos disueltos totales

Los resultados obtenidos para los sólidos disueltos totales indican que el 100% de las piscinas cumplieron con lo establecido por la Gaceta oficial 4044 (1988) que permite un valor máximo de 1500 mg/L (Fig. 1D). Las concentraciones de sólidos disueltos oscilaron entre 50 y 920 mg/L en las piscinas analizadas. Los sólidos disueltos no generan un impacto sobre el aspecto de las aguas, ellos ocasionan

problemas en los filtros del sistema de tratamiento, ya que reducen la eficiencia de los mismos.

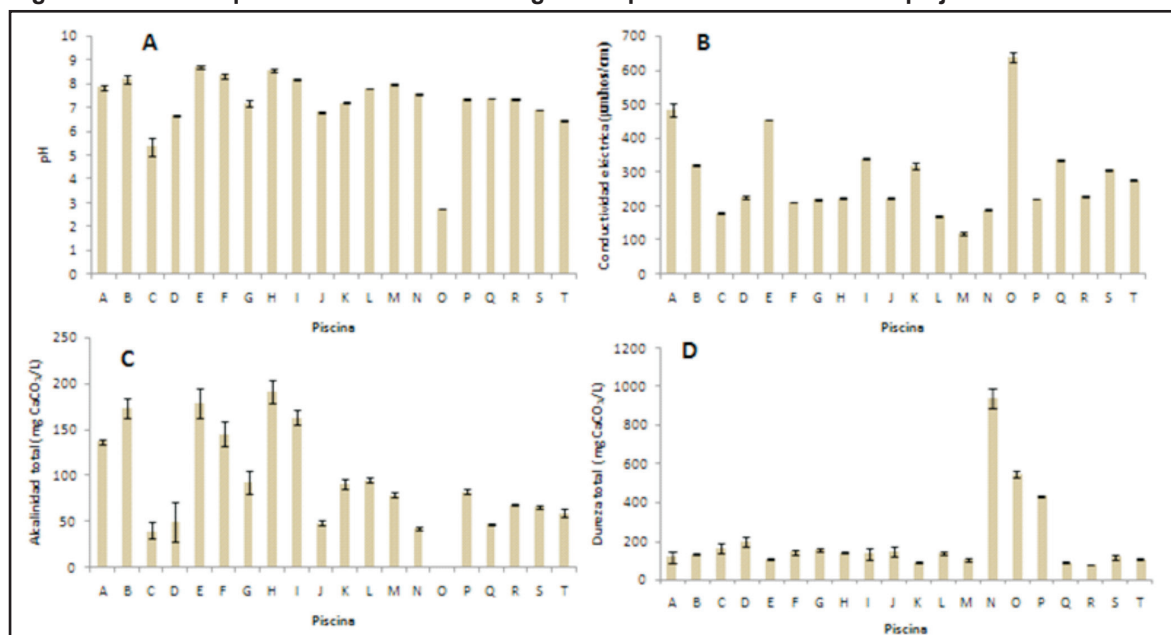
Los resultados para los sólidos disueltos obtenidos en la presente investigación fueron inferiores a los valores obtenidos por Díaz *et al.* (2011) quienes hallaron valores de SDT en un rango de 700 y 1700 mg/L en la salida de parques acuáticos en el estado de Morelos, México, cuyo valor permisible según la norma mexicana es de 1000 mg/L, valores asociados fundamentalmente a la alta carga de bañistas y a la deficiencia en el proceso de filtración.

Potencial de hidrógeno (pH)

La Fig. 2A muestra los resultados obtenidos para las mediciones de pH de las piscinas analizadas. El 45% de las piscinas (A, B, G, I, K, L, M, N, P, Q, R) presentaron un pH dentro de los límites establecidos por la normativa sanitaria; sin embargo, el 30% de las piscinas (C, D, J, O, S y T) tuvieron un valor de pH inferior al recomendado. Un pH demasiado ácido produce la corrosión en los metales de los accesorios de la piscina, irritación en los ojos, oídos, nariz y garganta de los bañistas.

El 15% de las piscinas E, F y H presentaron un pH por encima del límite superior al recomendado

Fig. 2. Parámetros químicos medidos en las aguas de piscinas de los dos complejos recreacionales.



por la normativa venezolana. Un pH demasiado alcalino provocará turbidez en el agua, formación de escamas e incrustaciones, irritación de los ojos, oídos, nariz y garganta y dificultad de saneamiento al retardar la acción del cloro encargado de eliminar los microorganismos del agua.

Mora y Cedeño (2006) establecieron que un bajo pH aumenta la tasa de corrosión y un alto pH la disminuye; no obstante, el valor exacto dependerá del material, comenzando a ser de importancia el proceso de corrosión por debajo de 6,5 unidades de pH.

Comparando los resultados que se obtuvieron de pH con otros estudios realizados en Venezuela, se tiene que Colmenares *et al.* (2008) en un estudio de las piscinas en la ciudad de Valencia, estado Carabobo, encontraron que el 60% de las piscinas cumplían con la Gaceta Oficial 4044 (1998), mientras que en Cumaná, estado Sucre, Martínez y Alvarado (2013) obtuvieron que niveles insatisfactorios de pH en algunas piscinas no garantizaban una desinfección efectiva, lo cual se vio reflejado en los indicadores bacterianos obtenidos. El 40% de las piscinas en la ciudad de Cumaná cumplieron con la normativa para el parámetro pH.

Conductividad eléctrica

En la Fig. 2B se muestran los resultados de conductividad eléctrica obtenidos en las 20 piscinas analizadas de los dos complejos. Se observó que el 95% de las piscinas cumplieron con lo recomendado en la normativa de Andalucía (España), que indica que el valor de conductividad en las aguas no debe exceder los 500 $\mu\text{mhos/cm}$. Sólo la piscina O perteneciente al complejo C2 excede este valor, esto puede ser indicativo de la existencia de deterioro en el sistema de plomería o alteración de la calidad del agua. La mayoría de las aguas potables poseen una conductividad específica que varía entre los 50 y 500 $\mu\text{mhos/cm}$.

Alcalinidad total

La alcalinidad total es un parámetro con mayor importancia para fines operativos, a mayor alcalinidad más resistente es el agua a sufrir grandes cambios de pH, ajuste necesario en algunos casos para optimizar el proceso de desinfección por medio de cloro. La Fig. 2C presenta los valores de alcalinidad

obtenidos para las piscinas analizadas durante los muestreos realizados.

De las piscinas analizadas, sólo el 35% de las unidades de estudio (A, B, F, G, H, L y P) se encontraron dentro del rango recomendado por Suarez y Blancas (2010) para aguas de piscinas (80 – 150 mg/L). Las piscinas E, H e I presentaron valores superiores a este rango, lo que pudiera ocasionar problemas en el vaso e incrustaciones en los sistemas de plomería. Por otro lado, la piscina O no presentó alcalinidad en sus aguas, debido al carácter ácido de sus aguas, esta piscina presentó el nivel de pH más bajo de todas las piscinas analizadas, 2,74 unidades en promedio en los tres muestreos realizados.

Una alcalinidad baja produce irritación en los ojos, reducciones en el pH y agua verdosa. El 50% de las piscinas analizadas presentaron una alcalinidad menor al límite recomendado por Suárez y Blancas (2010).

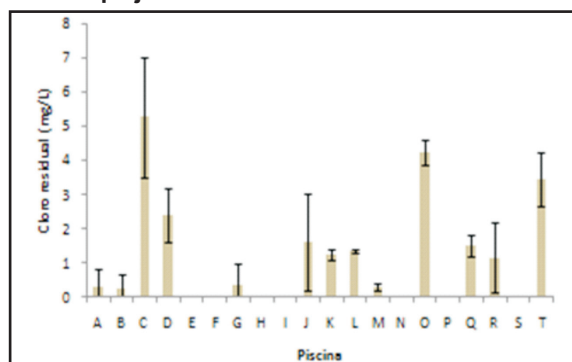
Dureza total

Los resultados de los muestreos para la dureza total se presentan en la Fig. 2D. El 85% de las piscinas cumplieron con éste parámetro. Las aguas muy duras pueden provocar incrustaciones no solo cuando se calientan, ya que la temperatura favorece la creación de depósitos, sino también en condiciones normales, sobre todo si se tiene en cuenta que en las piscinas no calentadas la evaporación natural del agua favorece la concentración de las sales de calcio y de magnesio.

Cloro residual libre

Como se muestra en la Fig. 3, un 35% de las piscinas analizadas (E, F, G, H, N, P, S) no se encontró la presencia de cloro residual libre, mientras que en las piscinas A y B, que representan un 15% de las unidades de estudio, se obtuvieron concentraciones de cloro residual menores al valor mínimo exigido por la normativa venezolana, estos valores fueron 0,30 y 0,24 mg/L, respectivamente. Esto favorece en gran medida el desarrollo de microorganismos; además, la materia orgánica como inorgánica que alcanza el agua de la piscina no será oxidada.

Cuando se añade cloro como desinfectante, normalmente este comienza reaccionando con las

Fig. 3. Cloro residual en las piscinas analizadas de los complejos recreacionales

sustancias orgánicas e inorgánicas presentes 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 y saliva; el cloro remanente quedará como residual libre disponible.

Cuando los niveles de cloro residual son elevados se forman un mayor número de subproductos de la desinfección. El 45% de las piscinas excedieron el límite máximo de cloro libre con valores promedios que oscilaron durante los muestreos entre 1,17 y 5,25 mg/L, generando condiciones para la formación de subproductos clorados y un impacto económico por el uso excesivo del desinfectante. Esto puede deberse a problemas en la dosificación del desinfectante. Una falla recurrente en los establecimientos de las piscinas es la ausencia de equipos mecánicos para la dosificación, por lo que se hace de forma manual en el vaso de la piscina.

Los resultados reportados por otros estudios fueron menores a los obtenidos en la presente investigación, ajustándose a lo exigido en sus normativas respectivas. Díaz *et al.* (2011) reportaron valores de 0,825 mg/L de cloro residual libre, cumpliendo con la normativa mexicana que establece valores de cloro residual entre 0,2 y 1,5 mg/L. Por otro lado, Delgado *et al.* (1992) en su trabajo realizado en Santa Cruz de Tenerife España, encontró valores de cloro residual entre 0,5 y 2,5 mg/L.

Calidad microbiológica de las aguas de piscinas

Coliformes totales y fecales

El Índice NMP por cada 100 mL de coliformes totales para las piscinas analizadas se presenta en la Tabla II. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el 75% de las piscinas analizadas (A, B, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Q, R, S, T) mostraron al menos un tubo positivo en uno de los tres muestreos realizados, incumpliendo lo establecido en la Gaceta Oficial 4044 (1988). Sólo cinco piscinas (C, D, G, O y P) no presentaron tubos positivos durante la prueba de coliformes totales.

Rigas *et al.* (1998) indican que los parámetros críticos implicados en la baja calidad del agua en las piscinas en Grecia son los relacionados a los microorganismos patógenos, en este estudio se obtuvieron valores en un rango entre 0 y 8 NMP/100mL. De igual manera, un estudio realizado por Al-Khatib y Salah (2013), en las piscinas en la Ribera occidental de Palestina, arrojaron resultados de coliformes totales entre 1 y 10 NMP/100 mL, que según las normas palestinas y de la OMS eran inaceptables. Por otra parte, Delgado *et al.* (1992) encontraron que el 50% de sus muestras contenían contaminación por organismos de tipo coliforme, debido a una mala aplicación y dosificación del cloro como desinfectante.

Con respecto a los coliformes fecales se obtuvo que el 60% de las piscinas (A, B, E, F, I, J, M, N, Q, R, S, T) obtuvieron al menos un tubo positivo durante los tres muestreos realizados, lo cual indica que no cumplen con la Gaceta Oficial 36395 (1998), ya que esta indica que ningún tubo de fermentación de la prueba estándar sobre organismos coliformes fecales, mostrará a las 48 horas de incubación, turbidez y formación de gas.

La presencia de bacterias coliformes indica que el agua ha sido o está contaminada con materia orgánica de origen fecal, ya sea de humanos o animales, y que además representa un riesgo potencial de contaminación por bacterias, virus y otros microorganismos de carácter patógeno.

Comparando estos resultados con otras investigaciones, se puede mencionar la realizada por Rigas *et al.* (1998) quienes reportaron valores entre 0

y 6 NMP/100 mL, incumpliendo con lo establecido por las normas por las cuales se rigieron.

Organismos heterótrofos

La Fig. 4 muestra los resultados obtenidos para organismos heterótrofos en las piscinas analizadas. De acuerdo a los resultados obtenidos, se obtuvo que el 70% de las piscinas cumplieron con este parámetro; la piscina A, E, F, H, I y J, registraron valores promedios superiores a 200 UFC/mL. Todas las piscinas del complejo C2 cumplieron con este parámetro; mientras que 6 de las 10 piscinas analizadas del complejo C1 mostraron valores de organismos heterótrofos que oscilaron entre 373 y 1548 UFC/mL. Los resultados difieren de los obtenidos por Papadopoulou *et al.* (2008) el noroeste de Grecia, quienes obtuvieron que el 100% de las piscinas tanto públicas como privadas, cumplieron con lo establecido por la normativa griega que indica que ninguna muestra deberá de obtener valores superiores de 100 UFC/mL. Es importante resaltar que las piscinas analizadas por este autor contaban con supercloración.

CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos sólidos disueltos, turbidez y conductividad eléctrica presentaron valores promedios menores a los establecidos por las normativas venezolanas para aguas de piscinas en ambos complejos recreacionales analizados.

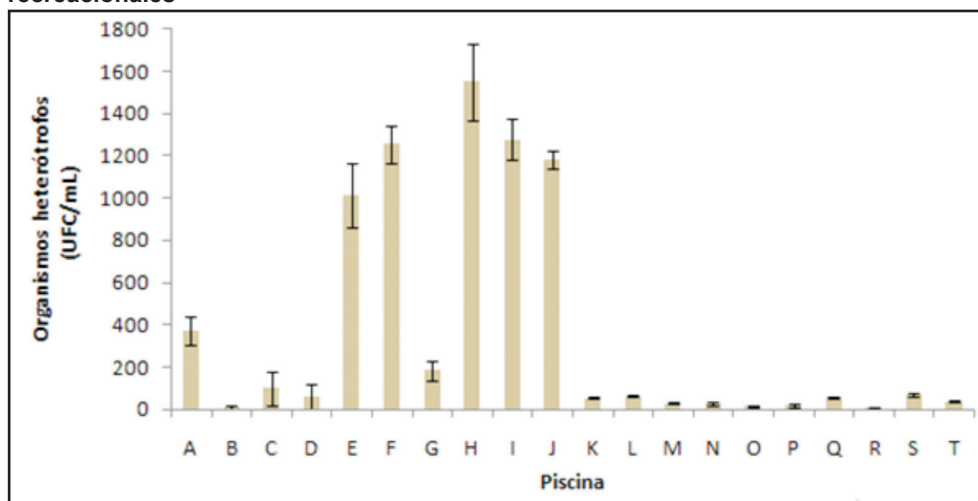
El 45% de las piscinas excedieron el límite máximo de cloro residual libre establecido en la normativa venezolana, con un promedio de 2,5 mg/L, generando condiciones para la formación de subproductos clorados y un impacto económico por el uso excesivo del desinfectante; mientras que el 50% de las piscinas analizadas presentaron ausencia o valores de cloro libre inferiores a lo exigido.

Los parámetros microbiológicos medidos mostraron que un 30% de las piscinas analizadas presentaron un valor promedio de organismos heterótrofos de 107 UFC/mL, mayor al límite establecido por la normativa venezolana. Con respecto a los coliformes totales, un 75 y 60% de las piscinas presentaron al menos un tubo positivo durante la prueba de coliformes totales y fecales, respectivamente.

En base a las características fisicoquímicas y microbiológicas encontradas en las piscinas, se propone un sistema de monitoreo periódico de las condiciones sanitarias de las mismas, mediante la medición de los siguientes parámetros: cloro residual libre, pH, e indicadores bacteriológicos bajo los rangos establecidos en la normativa vigente

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se pudo verificar que el problema radica principalmente en la falta de supervisión y control sanitario por parte de las instancias

Fig. 4. Contaje de microorganismos heterótrofos en las piscinas de los complejos recreacionales



gubernamentales correspondientes, particularmente en cuanto a la calidad del agua y a la operatividad y funcionamiento de las piscinas.

REFERENCIAS

American Public Health Association (APHA-AWWA-WEF). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition. American Public Health Association. Washington, D.C. USA.

Alberta Health (2014). *Pool Standards. Health System Accountability and Performance*. Documento en línea: <http://www.health.alberta.ca/about/health-legislation.html#Standards>. (Consultado: 2015, Diciembre, 15).

Al-Khatib I. & Salah S. (2003). Bacteriological and chemical quality of swimming pools water in developing countries: a case study in the West Bank of Palestine. *Int J Environ Health Res.* **13**: 17-22.

Colmenares M., Correia A. & Sousa C. (2008). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **48**: 73-80

COVENIN (1994). *Norma Venezolana de la Comisión Venezolana de Normas Industriales 2.614*. Fondonorma, Caracas, Venezuela.

Delgado M., García H., Hormigo F., De la Torre H. & Marante A. (1992). Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de piscina de la isla de Tenerife. España. *Rev. San. Hig. Púb.* **66**: 281-289.

Díaz B., Vicente M. & Garridos S. (2011). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en parques acuáticos. *Hidrobiológica.* **21**: 50-61.

Gaceta Oficial 4044 (1988). *Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones*. Caracas, Venezuela.

Gaceta Oficial 36395 (1998). *Normas sanitarias de calidad de agua potable*. Caracas, Venezuela.

Martínez R. & Albarado L. (2013). Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **53**: 37-45.

Mora V. & Cedeño J. (2006). Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. *Universidad, Ciencia y Tecnología.* **37**: 41-45.

OMS (2006). *Guidelines for safe recreational water environments. Volumen 2, swimming pools and similar environments*. Documento disponible online en: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/bathing2/en/. (Consultado: 2015, Diciembre 02).

Papadopoulo C., Economou V., Sakkas H., Gousia P., Giannakopoulos P., Dontorou C., et al. (2008). Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* **211(3-4)**: 385-397

Rasti S., Asadi M., Iranshahi L., Hooshyar H., Gilasi H. & Zahiri A. (2012). Assessment of Microbial Contamination and Physicochemical Condition of Public Swimming Pools in Kashan, Iran. *Jundishapur J Microbiol.* **5**: 450-455.

Reiss R., Schoenig G. & Wright G. (2006). Development of factors for estimating swimmer's exposures to chemical in swimming pools. *Hum. Ecol. Risk Assess.* **12**: 139-156.

Rigas F., Mavridou A. & Zacharopoulos A. (1998). Water quality of swimming pools in Athens area. *Int J Environ Health Res.* **8**: 253-260

Suarez M. & Blancas C. (2010). *Recomendaciones higiénico-sanitarias en piscinas de uso colectivo*. Ediciones Consejería de Salud. Sevilla, España.

Recibido el 28/02/2016
Aceptado el 20/12/2016