

Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba)

Olivia SARDIÑAS PEÑA, Sergio CHIROLES RUBALCABA, Marta FERNÁNDEZ NOVO, Yusaima HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ y Adisbel PÉREZ CABRERA

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta nº 1158 e/ Llinas y Clavel. Código Postal: 10 300. Ciudad de la Habana, Cuba. Teléfono: 537781479, 537705531. Fax: 537662404. Correo electrónico: olivia@inhem.sld.cu

RESUMEN

Los parámetros químicos y microbiológicos en las aguas superficiales pueden estar presentes de forma natural o ser introducidos por el hombre alterando las concentraciones naturales debido a las actividades industriales, agrícolas o a los desechos urbanos y domésticos, afectando la biodiversidad acuática. El objetivo de este trabajo fue evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del agua de la presa El Cacao del municipio Cotorro en la Ciudad de La Habana (Cuba). En los análisis de las muestras se encontró que el pH del agua estuvo entre 7,0-7,9 y el oxígeno disuelto presentó concentraciones de 0-2,2 mg/L, con una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 500-27000 mg/L. Las elevadas concentraciones de DBO y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto sugieren que el agua de la presa esta contaminada posiblemente debido a los vertimientos de albañales que recibe de las áreas aledañas a la presa. Las concentraciones de coliformes totales y coliformes termotolerantes encontradas en el agua de la presa son semejantes a las de agua dulce con similares ecosistemas acuáticos con vertimientos de residuales.

Palabras clave: ensayos físico-químicos, calidad del agua, microbiología del agua.

INTRODUCCIÓN

Uno de los restrictores más importante del desarrollo económico del hombre es el agua. Su escasez y contaminación amenazan aspectos

fundamentales de la seguridad humana, como son: el equilibrio del medio acuático, la producción de alimentos y la salud pública (OPS, 2000).

En países de América Latina y el Caribe la contaminación de las aguas superficiales por sustancias químicas y biológicas es un problema grave que cada vez puede volverse mas crítico si las descargas de residuales se realizan sin un tratamiento previo, lo que puede ocasionar un daño ecológico irreversible.

Cuba se caracteriza por la riqueza de sus recursos naturales, sin embargo muchos de ellos no son aprovechables adecuadamente, o bien el uso indiscriminado de ellos ha traído como consecuencia la contaminación de los mismos, siendo el agua uno de los más importantes (MSPA, 2005; Stamboulam, 2005).

Entre los contaminantes más frecuentes de las aguas se encuentran: materias orgánicas, bacterias, desperdicios industriales y domésticos, entre otros, por lo que determinar la calidad sanitaria de estos cuerpos de agua proporciona herramientas indispensables para la toma de decisiones en relación al control de los vertimientos, tratamiento de las aguas y conservación del ecosistema.

La presa El Cacao ubicada en el municipio Cotorro (Ciudad de la Habana) constituye el hábitat natural de especies de mosquitos como *Culex quinquefasciatus*, *Culex nigripalpus* y *Anopheles albimanu*, los que comparten este hábitat con otros depredadores naturales tales como: *Poecilia reticulata*, y *Gambusia puncticulata*, e insectos acuáticos pertenecientes a los órdenes Odonata, Hemíptera y Coleóptera. Destacándose dentro de los depredadores los copépodos que se utilizan para el control biológico del mosquito *Aedes aegypti*.

Con la finalidad de estudiar algunas características del ecosistema de la presa se decidió evaluar parámetros físico-químicos y microbiológicos en este cuerpo de agua.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron un total de 27 muestras de aguas para análisis físico-químico, y 24 para análisis

ser empleadas en el control biológico del mosquito *Aedes aegypti*.

Las muestras se colectaron en frascos de polietileno de 1 L de capacidad para análisis físico-químicos y en frascos de polipropileno estériles de 250 mL para los análisis microbiológicos. El muestreo, transporte y conservación de las muestras se realizó según recomendaciones de la APHA (1998), realizándose los ensayos en los laboratorios de Química y Microbiología de aguas del INHEM.

Tabla 1. Parámetros físicos del agua de la presa El Cacao. Municipio Cotorro. Ciudad de La Habana. 2004-2005.

Época	Nº de muestras	pH	Turbiedad (U)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)
2004					
Julio	4	7,20	< 5	27-28	-
Septiembre	4	7,0-7,02	7,0-7,2	26-27	-
Noviembre	4	7,2	< 5	22-23	-
Diciembre	4	7,23-7,25	< 5-7,1	22,0	-
2005					
Enero	2	7,21-7,23	5,14 - 543	21-22	771-786
Febrero	2	7,22	< 5 - 5,63	20,0	704
Marzo	2	7,38	5,14 - 543	21-22	704
Abril	1	7,90	11,55	21,2	696
Mayo	4	7,23	6,48	27,1	709

Tabla 2. Parámetros químicos del agua de la presa El Cacao. Municipio Cotorro. Ciudad de La Habana. 2004-2005

Mes	Nº de muestras	N-nitrato (mg/L)	N-nitrito (mg/L)	N-amoniaco (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)
2004						
Julio	4	0,19-0,48	< 0,002-0,1	0,004-0,01	0-0,6	-
Septiembre	4	0,2	0,06-0,01	0,01-0,04	0-1,5	-
Octubre	4	0,2	< 0,002-0,01	< 0,002-0,007	0,5-1,0	3400-23000
Noviembre	4	< 0,068	< 0,002	< 0,002	0,09	-
Diciembre	4	0,2-0,13	< 0,002-0,15	< 0,002	0,1-1,0	2700-27000
2005						
Enero	2	0,2-0,13	< 0,002	< 0,002	2-1,8	3200-5600
Febrero	2	0,2	< 0,002	< 0,002-0,009	1,9-2,1	1000-1100
Marzo	1	0,2-0,12	< 0,002	< 0,002	0	500
Abril	1	1,23	< 0,002	< 0,002	0	-
Mayo	1	< 0,068	< 0,002	< 0,002	2,2	500

microbiológico, durante el período comprendido entre julio 2004 y mayo 2005, abarcando los períodos lluviosos y poco lluviosos.

Los puntos de muestreo se fijaron en dos estaciones de acuerdo al criterio opinático de un especialista del Centro Municipal de Higiene del Cotorro, teniendo en cuenta la localización con anterioridad de especies depredadoras que pudieran

Las determinaciones físicas realizadas fueron pH, turbidez, conductividad, y temperatura. Las determinaciones químicas fueron nitrógeno de nitrato, nitrógeno de nitrito, nitrógeno amoniacal (con un límite de detección para la determinación de N-nitrito y N-amoniaco de 0,002 mg/L y para el N-nitrato de 0,068 mg/L), oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO); y las microbiológicas fueron coliformes totales y

coliformes termotolerantes por la técnica de fermentación en tubos múltiples siguiendo en todos los casos las recomendaciones de APHA (1998).

Se empleó el test de Shapiro-Wilk's W para el análisis estadístico de los resultados físico-químicos para un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Los resultados no distribuyeron normalmente para las variables físico-químicas estudiadas.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros físicos del agua, se observa que durante el estudio el pH se mantuvo en un intervalo entre 7,0-7,9 unidades, estos resultados muestran la ausencia de sustancias que puedan afectar el pH del agua ya que los mismos se mantienen en el rango de la neutralidad. Las temperaturas del agua de la presa se encuentran en correspondencia con las épocas de verano e invierno.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros químicos, las concentraciones de n-nitrato se mantuvieron en un rango $< 0,068$ – $1,23$ mg/L durante el período de estudio. Las concentraciones de n-nitrito fueron inferiores a $0,002$ mg/L durante el año 2005. El nitrógeno amoniacal tuvo un comportamiento similar al de n-nitrito.

minar la calidad del agua en dependencia de su uso, así como para establecer si ha tenido contribución antropogénica.

La conductividad se mantuvo en un rango de 696 – 786 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la más elevada la que se reporta para el mes de enero del 2005; la misma se corresponde con la dureza de las aguas superficiales en Cuba que se caracterizan por ser aguas duras con un elevado contenido de calcio (Calvo *et al.*, 1992). La turbidez del agua puede estar influenciada por la presencia de partículas suspendidas en el agua, por los sedimentos, vertidos industriales y por el plancton existente en los cuerpos de agua. Se encontraron valores entre <5 – $11,55$ U, este valor extremo se encontró en el mes de abril del año 2005 y puede ser debido a una variación puntual. Para aguas superficiales se considera que de 0 – 10 U es una turbidez normal (CIECE, 2006).

La temperatura esta estrechamente interrelacionada con el oxígeno disuelto y la DBO y por consiguiente con la diversidad de especies acuáticas; las bacterias y microorganismos se desarrollan rápidamente en aguas calientes, a temperaturas frías la concentración de oxígeno disuelto es mal alta y la posibilidad de supervivencia de las especies acuáticas es mayor (CIECE, 2006).

En los ecosistemas acuáticos los compuestos del

Tabla 3: Medias geométricas de coliformes totales y coliformes termotolerantes del agua de la presa El Cacao. Municipio Cotorro. Ciudad de La Habana. 2004-2005

Fecha	Número de muestras	NMP* coliformes totales /100 mL	NMP coliformes termotolerantes /100 mL
2004			
Julio	3	31 155	31 155
Septiembre	3	50 606	31 154
Octubre	3	39 706	36 001
Noviembre	4	22 946	16 530
Diciembre	4	12 863	8 397
2005			
Enero	2	9 646	6 330
Febrero	2	9 056	6 115
Marzo	1	16 000	16 000
Abril	1	16 000	16 000
Mayo	1	2 200	2 200

Las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran entre 0 – $2,2$ mg/L a los cuales les corresponden concentraciones elevadas de DBO. En la tabla 3 se puede observar que los valores medios tanto para coliformes totales como para coliformes termotolerantes oscilaron entre el orden de 10^3 y 10^4 .

DISCUSIÓN

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos son utilizados como indicadores para deter-

nitrógeno están presentes en varias formas, ellos pueden ingresar al agua por descargas de desechos domésticos e industriales o en zonas agrícolas por la aplicación indiscriminada de fertilizantes. Los compuestos nitrogenados solubles en el agua afectan el equilibrio del ecosistema acuático disminuyendo en el agua las concentraciones de oxígeno disuelto y favoreciendo la pérdida de poblaciones acuáticas (Perdomo *et al.*, 2001). Las concentraciones de n-nitrito y n-amoniacal durante el año 2005 en la mayoría de los análisis fueron inferiores a $0,002$ mg/L, concentraciones por encima de $0,01$ mg/L

podría indicar contaminación fecal elevada, resultados que se confirman con los niveles de coliformes totales y coliformes fecales obtenidos en los meses de julio a diciembre del 2004. Las concentraciones de n-nitrato en las muestras analizadas fueron inferiores a 1,23 mg/L lo que sugiere que el aporte de las descargas de vertidos para este compuesto es mínima. Estudios realizados en aguas superficiales en Uruguay reportan concentraciones inferiores a 2 mg/L de n-nitrato, además indicó que niveles menores a 3 mg/L podrían ser considerados característicos de aguas naturales (Perdomo *et al.*, 2001; Melvin *et al.*, 1992). Estudios realizados en Cuba en 14 provincias sobre las concentraciones de n-nitratos y nitrógeno amoniacal en aguas superficiales mostró una concentración de n-nitratos entre 1-2,6 mg/L y bajas concentraciones de nitrógeno amoniacal (APHA, 1998; Cañas *et al.*, 1992).

El oxígeno disuelto se considera un indicador de contaminación por materia orgánica debido a descargas de residuales tanto domésticos como industriales en cuerpos de agua. Las concentraciones bajas de oxígeno disuelto pueden localizarse donde la materia orgánica está en descomposición, lo que significa que las bacterias utilizan el oxígeno para descomponer el desecho, también son bajas en aguas tibias de lento movimiento (Picone *et al.*, 2003). Las aguas con concentraciones de oxígeno disuelto por encima de 4,1 mg/L son consideradas de buena calidad, en nuestro estudio los niveles de oxígeno disuelto fueron inferiores a 2,2 mg/L a esta concentración se afectará la vida de organismos acuáticos que requieren del oxígeno disuelto para sobrevivir (CIECE, 2006).

Por otro lado una gran extensión de la superficie de la presa esta cubierta por la planta acuática *Eichhornia crassipes*, debemos indicar que cuando esta planta muere y sus desechos caen al fondo, estos son descompuestos por las bacterias que usan el oxígeno disuelto en las capas inferiores del agua disminuyendo de esta forma la cantidad de oxígeno disponible necesario para el equilibrio del ecosistema acuático.

La DBO es una medida de la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica en el agua, así que un cuerpo de agua que con niveles de DBO por encima de 100 mg/L esta muy contaminado y sugiere la presencia de materia orgánica (CIECE, 2006). En ambos años se obtuvieron concentraciones elevadas de DBO, a los niveles elevados de DBO le corresponden concentraciones de oxígeno disuelto bajas esto es debido a que el oxígeno que está disponible en el agua es consumido por las bacterias, estos resultados se confirman con los obtenidos del análisis microbiológico del propio año que indican contaminación de origen fecal.

La medias geométricas encontradas para coliformes totales y coliformes termotolerantes evidencian que el cuerpo de agua esta afectado en

su calidad, siendo el componente fecal casi mayoritario en muchos de los muestreos, lo que corrobora que este cuerpo de agua recibe vertimientos de albañales de las localidades aledañas sin o con pobre tratamiento, además de los residuales de la propia instalación recreativa que se ubica en la presa.

Las bacterias coliformes, se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, y además están ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos y vegetales (Gómez, 2005). A pesar de que sobreviven sólo por lapsos cortos de tiempo en las aguas, por lo que una prueba positiva puede tomarse, por lo general, como evidencia de contaminación reciente, en algunos ríos y puertos que en la actualidad están tan contaminados con aguas del desagüe urbano, se ha encontrado que las bacterias coliformes no solo sobreviven cortos periodos sino que mantienen una población significativa mediante multiplicación lenta a partir de sustancias orgánicas, este fenómeno también se ha reportado en varios estudios (Fujioka *et al.*, 1988; Rivera *et al.*, 1988) lo que demuestran que, pueden ser parte de la microflora ambiental en ambientes acuáticos de climas tropicales, siendo así su uso como indicadores de contaminación fecal de valor limitado en estas regiones del mundo (Hazen *et al.*, 1990).

CONCLUSIONES

En la evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de la presa se encontró que el pH, temperatura, turbiedad y conductividad, nitrógeno de nitrito, nitrato y nitrógeno amoniacal presentan concentraciones similares a otras aguas superficiales en el país. Las concentraciones de OD y DBO indican que el agua de la presa esta contaminada debido a los vertimientos de albañales que recibe de las áreas aledañas a la presa. Las concentraciones de coliformes totales y coliformes termotolerantes encontradas en el agua de la presa son semejantes a las de agua dulce con similares ecosistemas acuáticos con vertimientos de residuales.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA (American Public Health Association). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition, 1998
- Center for Innovation in Engineering and Science Education. Estudio Internacional Ambiental de la Calidad del Agua. Disponible en: <http://www.k12science.org/curriculum/dipproj/es/>
- Calvo DM, Sardiñas OP, Cañas PR. Evaluación de las concentraciones de oligoelementos y dureza total del agua de consumo y su posible relación con la mortalidad por infarto del miocardio. Agua y Salud. Serie de Salud ambiental No. 3. Ed. de

- Ciencias Médicas, La Habana, Cuba. 1992, p.115-127
- Cañas PR, Sardiñas OP, García MM. Concentración de nitratos en aguas destinadas al consumo. *Agua y Salud. Serie de Salud ambiental No. 3.* Ed. De Ciencias Médicas, La Habana, Cuba. 1992, p.89-95
- Gómez, AS. Reconocimientos estacionales de hidrológica y plancton en la laguna de Términos, Campeche. Méjico (1964/1965) Disponible en: <http://puma.sskkii.gu.se/cubataller>, 2005
- Hazen TC, Tocanzos GA. Tropical sources waters. En: Mcfeter GA, eds. *Drinking Water Microbioly. Progress and Recent Developments.* New York: Springer-Verlag 1990; 33-53
- Melvin SW, Baker JL, Hickman JS, Moncrief, JF, Wollenhaupt NC. 1992. Water quality. In: *Mindwest plan service (ed.). Conservation tillage systems and management.* Pp. 48-55. Iowa State UNiversity, Ames, Iowa, USA
- Ministerio de Salud Pública de Argentina. Dengue. Junio, 2005. Disponible en: <http://www.gba.gov.ar/informes/dengue>.
- OPS, OMS. El dengue en Centroamérica: Las epidemias del 2000. *Boletín Epidemiológico.* Diciembre 2000; 21(4)
- Stambouliam, D. Distribución de *Aedes aegypti*. Dengue. 2005;(2)2. Disponible en: <http://www.viajeros.cei.com.ar>
- Perdomo CH, Casanova ON, Ciganda VS. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coniformes fecales en el litoral sudeste del Uruguay. *Agrociencia.* 2001;V(1): 10-22
- Picone LI, Andreoli YE, Costa JL, Aparicio V, Crespo L, Nannini J, Tambascio W. Evaluación de nitratos y bacterias coniformes en pozos de la cuenca alt del Arroyo Pantanoso (BS. AS). *RIA.* 2003; 32(1):99-110