

Riesgo biológico asociado al empleo de las aguas contaminadas del río Almendares en la zona del Gran Parque Metropolitano de La Habana (Cuba)

BIOLOGICAL RISK ASSOCIATED WITH THE USE OF THE POLLUTED WATER OF ALMENDARES RIVER IN THE METROPOLITAN PARK AREA IN HAVANA (CUBA)

Beatriz ROMEU ÁLVAREZ, Daysi LUGO MOYA y Nidia M. ROJAS HERNÁNDEZ

Departamento de Microbiología y Virología, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Calle 25 No. 455 e/ J e I, Vedado, Plaza de La Revolución, La Habana, Cuba. Telf: (53-7) 832-9241, Fax: (53-7) 832-1321. Correo: bromeu@fbio.uh.cu

RESUMEN

El uso indiscriminado del recurso agua, unido al crecimiento de la población a nivel mundial, han ocasionado la disminución de la calidad de las fuentes de abasto de agua potable y los ecosistemas acuáticos naturales. El riesgo biológico se define como la probabilidad de la ocurrencia y magnitud de las consecuencias de un evento adverso relacionado con agentes biológicos que puedan afectar a humanos, la comunidad y al medio ambiente. En el presente trabajo se evaluó el riesgo biológico inherente al empleo de las aguas del río Almendares en la zona del Gran Parque Metropolitano de La Habana, Cuba.

Para dar cumplimiento a este objetivo se realizó el aislamiento y caracterización de microorganismos presentes en las aguas de este río. Se determinaron además el coeficiente de concordancia Kappa, para lo cual se elaboró una lista de chequeo y se realizó el cálculo del número de riesgo (HNR) según lo descrito por Casal *et al.*, (2001). Se aislaron un total de 30 cepas de las muestras de agua del río evaluadas, pertenecientes a 7 géneros bacterianos diferentes: *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* y *Escherichia*, llegando hasta especie en el caso de los cinco últimos géneros.

Según el coeficiente de Kappa, hay un cumplimiento insuficiente de los requerimientos establecidos para el uso de las aguas de este río (37.1%) en la zona estudiada. El número de riesgo calculado corresponde con un rango de riesgo bajo, a pesar de las deficiencias encontradas en la lista de chequeo confeccionada. El incumplimiento de los requerimientos establecidos indica el riesgo biológico implicado en el uso de las aguas de este río en la realización de diferentes actividades para la población de la zona.

Palabras clave: riesgo biológico, número de riesgo, coeficiente de concordancia de Kappa, coliformes fecales, contaminación, río Almendares.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades humanas; sin embargo, su uso indiscriminado unido al crecimiento de la población a nivel mundial, han ocasionado la disminución de la calidad de las

fuentes de abasto de agua potable y los ecosistemas acuáticos naturales (González *et al.*, 2003).

El Almendares es el río principal de la Cuenca Hidrográfica Almendares-Vento y constituye la espina dorsal del Gran Parque Metropolitano de La Habana (GPMH), complejo socio-ecológico-cultural dedicado a la recreación de la población. La contaminación del río es el problema ambiental más serio

de la cuenca, debido a las descargas indiscriminadas de aguas residuales del sector urbano e industrial, siendo su situación higiénico-sanitaria muy desfavorable (Bridón, 2004, Romeu *et al.*, 2008).

El riesgo biológico se define como la probabilidad de la ocurrencia y magnitud de las consecuencias de un evento adverso relacionado con agentes biológicos que puedan afectar a humanos, la comunidad y al medio ambiente (Holton, 2004). La exposición a agentes infecciosos presentes en las aguas de este río puede ocurrir a través de la ingestión directa de agua, peces y de vegetales cuyos cultivos hayan sido irrigados, lavados o preparados con estas aguas contaminadas. A su vez, el contacto al bañarse o al realizar otras actividades recreativas, durante las cuales el agua salpica a las personas, a sus ropas o a sus alimentos es también un acto peligroso para la salud (Rojas *et al.*, 2005).

Por la importancia y el interés en la conservación del medio ambiente, así como por el riesgo para la salud que implica el uso de las aguas contaminadas de este río en diferentes actividades por la población que habita en las inmediaciones o visita este parque, el objetivo de este trabajo fue evaluar el riesgo biológico asociado a la contaminación microbiana del río Almendares en la zona del GPMH.

MATERIAL Y MÉTODOS

Análisis microbiológico

Diluciones de las muestras de agua hasta $1/10^4$ se inocularon en los medios agar Chromocult para coliformes (Merck, 2011), agar MacConkey (Merck, 2012), agar Chromocult para enterococos (MERCK, 2010) y agar sangre (Biocen, 2010) para realizar el aislamiento diferencial de grupos bacterianos presentes en las muestras de agua. Después de 24 horas de incubación a 37 °C, según el medio utilizado y acorde a las recomendaciones de APHA (2000) se seleccionaron al menos tres colonias características y se procedió a la identificación de las cepas aisladas según recomendaciones de Koneman *et al.* (1999) y Jawetz *et al.* (1992).

Análisis de riesgo

Se realizó la valoración de las características más relevantes de los aislados de las muestras de agua del río Almendares para lo cual se elaboraron biofichas de los agentes infecciosos (Anexo 1) empleándose como referencia fundamental la Resolución 42/1999 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba (CITMA, 1999).

Partiendo de los datos expuestos en las biofichas se realizaron diferentes agrupaciones y análisis de acuerdo a las siguientes categorías: grupos de riesgo, patogenicidad, vías de transmisión, dosis infectiva,

periodo de incubación y supervivencia fuera del huésped.

Determinación del coeficiente de Kappa

Se elaboró una lista de chequeo (Anexo 2) para determinar el coeficiente de concordancia Kappa (K) y constatar el grado de cumplimiento de las normas de seguridad que deben existir para que puedan realizarse diferentes actividades recreativas en las aguas del río en la zona del GPMH.

La evaluación de la lista se llevó a efecto por siete especialistas vinculados con el estudio de la contaminación de ecosistemas dulceacuícolas; tres del Centro de Interpretación del Bosque de La Habana, dos de la Facultad de Geografía y cuatro de la Facultad de Biología, ambas facultades de la Universidad de la Habana.

Se elaboró una tabla de frecuencias con los datos obtenidos de la lista de chequeo:

		Método B		
		Positivo	Negativo	
Método A	Positivo	a	c	f1
	Negativo	b	d	f2
		c1	c2	n

A partir de esta tabla se calculó el coeficiente Kappa por la siguiente ecuación (Fleiss, 1971):

$$K = (Po - Pe) / (1 - Pe)$$

donde

$$Pe = (f1 \times c1 + f2 \times c2) / n^2$$

$$Po = (a + d) / n$$

En la expresión anterior Po es la proporción de concordancia observada; Pe es la proporción de concordancia esperada; a es el número de respuestas en la lista de chequeo que fueron sí y que debían ser sí; b es el número de respuestas en la lista de chequeo que fueron no y que debían ser sí; c es el número de respuestas que fueron sí y debían ser no; d es el número de respuestas que fueron no y debían ser no; f1 y f2 son los totales de respuestas a las preguntas que fueron sí; c1 y c2 corresponden a los totales de respuestas a las preguntas que fueron no y n es el total de preguntas en la lista de chequeo.

Método simplificado para la determinación del riesgo

El cálculo del número de riesgo (HNR) se realizó según las recomendaciones de Casal *et al.* (2001). Para ello se elaboró una encuesta (Anexo 3), que se le aplicó a los siete especialistas mencionados anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación bacteriana

Se aislaron un total de 30 cepas de las muestras de agua del río, tres resultaron bacterias Gram positivas (10 %) y 27 Gram negativas (90 %) como se muestra en la figura 1. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Del Puerto *et al.* (2000), quienes plantearon que en aguas contaminadas con aguas residuales los microorganismos mayoritarios son miembros del grupo coliformes. Este grupo está integrado por bacterias aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas, de forma bacilar, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas luego de una incubación durante 48 h a 35 °C,

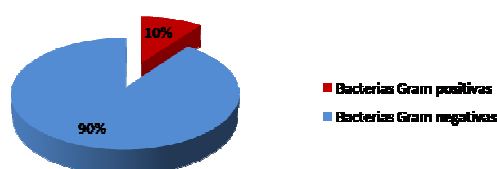


Figura 1. Porcentaje de bacterias según su respuesta a la tinción de Gram.

características que fueron observadas en las bacterias aisladas en este trabajo.

Se identificaron bacterias pertenecientes a los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Enterococcus* y *Staphylococcus*, llegando hasta especie en el caso de los cinco últimos géneros: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus durans* y *Staphylococcus lentus* según la identificación realizada por los criterios de Koneman *et al.* (1999) como puede apreciarse en la figura 2.

De las enterobacterias aisladas en el presente

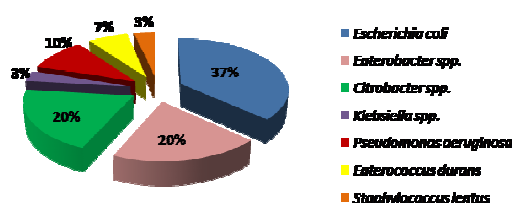


Figura 2. Distribución porcentual de géneros y especies bacterianas aisladas de las muestras de agua del río Almendares.

trabajo la más representativa fue *Escherichia coli*, lo cual coincide con trabajos realizados previamente por Prats *et al.*, (2004); Chiroles *et al.*, (2003), (2007) en este ecosistema.

El hábitat primario de esta especie lo constituye el tracto intestinal de todos los animales de sangre caliente y el ser humano, por tanto, los ecosistemas acuáticos son considerados un hábitat secundario para esta especie, donde tienen un tiempo de vida limitado. De acuerdo a estos criterios, *E. coli* crece y se divide en su hábitat primario, pero tiene un rango de crecimiento negativo en hábitats secundarios, en los cuales el tiempo de vida medio en el agua es de un día (Faust *et al.*, 1975), 1,5 días en sedimentos (Gerba *et al.*, 1976) y de 3 días en el suelo (Temple *et al.*, 1980). Estos estimados implican que *E. coli* no sobrevive mucho tiempo en ambientes naturales, pero su número se mantiene por el continuo aporte de desechos animales y humanos que reciben esas aguas (Leclerc *et al.*, 2001). Su presencia en los cuerpos de agua es un indicativo de la contaminación de esos ambientes por lo que se ha considerado como el indicador de contaminación fecal por excelencia (Edberg *et al.*, 2000).

Otros miembros del grupo coliforme pueden tener su origen fecal o no fecal y se recomiendan como un indicador de la posible presencia de patógenos bacterianos, por ello la importancia y la taxonomía del grupo coliformes en aguas permanecen siempre en estudio (Chiroles *et al.*, 2007).

Los géneros *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*, también aislados en el presente estudio y miembros del grupo coliformes, pueden encontrarse en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), y pueden no estar asociados necesariamente con la contaminación fecal y por tanto no representan un riesgo evidente para la salud (Marchand, 2002).

Pseudomonas aeruginosa, correspondió al 10 % del total de aislados, lo que equivale a tres cepas de las 30 identificadas. La presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua potable o ecosistemas acuáticos para uso recreativo es de alto riesgo para la salud, en especial para los niños, ancianos o personas cuyo sistema inmune se encuentre comprometido (Pirnay *et al.*, 2005). Vicente y colaboradores (1988) investigando *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, en aguas dulces, residuales domésticas y de hospital encontraron que en excretas de diferentes animales no existía *Pseudomonas aeruginosa*, pero si en las excretas humanas, lo que demuestra que este microorganismo se encuentra relacionado con efluentes de fuentes humanas. Estos estudios confirman el punto de vista de Goñi-Urriza *et al.*, (1998) quienes plantearon que concentraciones de *E. coli* mayores a 1000 ufc/100 mL con ausencia de *Pseudomonas aeruginosa* sugieren que la fuente de contaminación fecal es de tipo animal más que humana.

La especie *Enterococcus durans* fue una de las bacterias Gram positivas aisladas en el presente estudio. El hecho de encontrar este microorganismo en el río, coincide con lo publicado por Asbholt y colaboradores en (2004), quienes aseguran que su presencia se ha asociado a contaminación fecal de origen humano y animal. Esto coincide con investigaciones epidemiológicas de la calidad de agua y sus efectos a la salud en playas marinas llevadas a cabo por Cabelli *et al.* (1982), donde siempre se encontró una correlación entre los niveles de enterococos en el agua y la aparición de enfermedades gastrointestinales en nadadores que estuvieron en contacto con estas aguas. La supervivencia de algunas de las especies de enterococos empleadas en la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas es muy baja por lo que se les considera a estos microorganismos indicadores de contaminación fecal reciente.

Staphylococcus lentus es una especie coagulasa negativa, miembro de la microbiota normal de animales como conejos, cabras y ovejas y, aunque no está informado como patógeno humano, es de particular importancia en medicina veterinaria (Zschöck *et al.*, 2000). Esta especie fue también aislada en el presente estudio. La misma se ha informado como agente causal de mastitis bovina. No es fácil cuantificar la magnitud de las pérdidas y el impacto económico que producen las mastitis, lo cual se refleja en la disminución de la producción, en el aumento de los gastos veterinarios y en la muerte de animales con un alto valor genético. Existen algunas empresas ganaderas que se encuentran a orillas del río aguas arriba y que utilizan sus aguas en el cuidado de los animales, por tanto la presencia de esta especie en el río podría afectar la producción de estas empresas al exponerse estos animales a estos microorganismos (Soca *et al.*, 2005).

La heterogeneidad microbiana encontrada en el presente estudio está dada por el continuo arribo de afluentes domésticos e industriales, actividades agrícolas y de vida salvaje que tienen lugar en las áreas cercanas a este ecosistema. Por tanto, es sumamente importante prestar especial atención a las actividades recreativas que se realizan en el río por parte de la población y que pueden influir de manera negativa en la salud, constituyendo una vía para la adquisición de enfermedades de transmisión hídrica.

Análisis de riesgos

Análisis de las características más relevantes de los agentes infecciosos aislados en el río Almendares

La presencia de microorganismos patógenos o potencialmente patógenos en los cuerpos de agua entraña riesgos para la salud de las personas, para la comunidad y para el ambiente. Estos riesgos dependen de las características propias de los agentes microbianos, su concentración en estos ecosistemas y

la actividad que se realice con el agua en la cual ellos se encuentren presentes.

Se realizó el análisis de las características más relevantes de los agentes infecciosos aislados según los datos recogidos en las biofichas elaboradas.

De las 30 bacterias aisladas en el presente trabajo, 23 pertenecen al grupo de riesgo II y siete al grupo de riesgo I según se muestra en la figura 3.

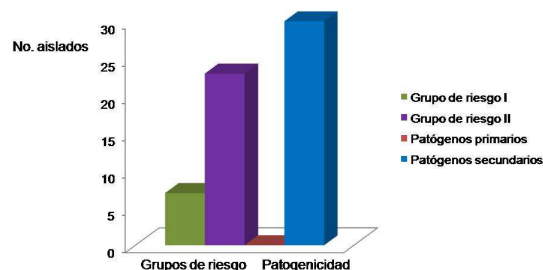


Figura 3. Clasificación por grupos de riesgo de los microorganismos aislados del río Almendares.

Los microorganismos del grupo de riesgo II entrañan un riesgo individual moderado y un riesgo comunitario limitado, estos microorganismos pueden provocar enfermedades humanas o veterinarias pero tienen pocas posibilidades de entrañar un riesgo grande. Por otra parte, el 23 % restante de las bacterias aisladas se ubican en el grupo de riesgo I, lo cual significa que estas bacterias tienen un escaso riesgo individual y comunitario, siendo poco probable que causen enfermedades en personas saludables (OMS, 2005).

En cuanto a la patogenicidad los aislados obtenidos en el presente trabajo se pueden clasificar como patógenos secundarios (figura 3). No obstante la severidad de las afecciones causadas por estas bacterias dependerá también de las características de cada cepa, es decir de la calidad y cantidad de los atributos patogénicos con los que cuente ese aislado y de su dosis infectiva.

De acuerdo a las vías de transmisión que pueden emplear las bacterias aisladas, el 96% de estos microorganismos pueden producir infecciones a través de la inhalación según puede observarse en la figura 4. Este resultado pone de manifiesto la necesidad de una vigilancia por parte del personal perteneciente al GPMH donde se realizan actividades recreativas como son paseos en botes. Estas actividades implican no solamente la formación de aerosoles sino de salpicaduras de agua, que si bien por contacto con la piel sana no hay posibilidades de transmisión, en caso de existir lesiones en la piel (frecuentes en niños y jóvenes) si puede ser una puerta de entrada para los microorganismos aislados en este estudio (figura 4).

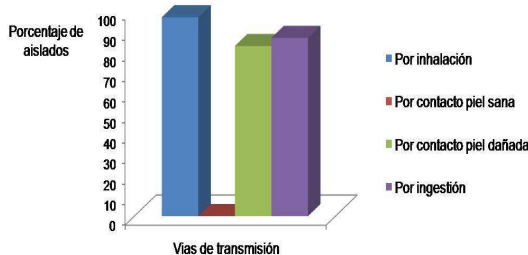


Figura 4. Porcentaje de bacterias aisladas de las aguas del río Almendares de acuerdo a su vía de transmisión.

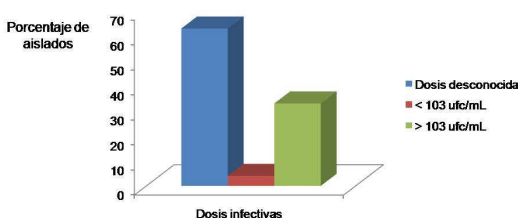


Figura 5. Porcentaje de las bacterias aisladas en las muestras de agua del río Almendares según sus dosis infectivas.

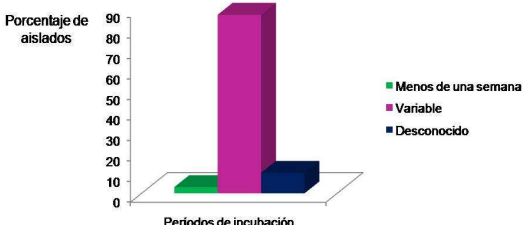


Figura 6. Porcentaje de las bacterias aisladas en las muestras de agua del río Almendares según el período de incubación.

Igualmente la ingestión de alimentos y bebidas en los botes y bicicletas acuáticas en las que se realizan las actividades recreativas con las manos mojadas con agua del río es una vía de transmisión para el 87 % de los microorganismos aislados. Estas razones hacen pensar en la necesidad de evitar esta posibilidad al no permitir el acceso al área de navegación ingiriendo alimentos.

Para este estudio no se realizó la cuantificación de los cultivos aislados e identificados por lo tanto es difícil decir si la concentración microbiana específica

de estos microorganismos se encuentra por encima o es inferior a las dosis infectivas requeridas en las categorías. No obstante, en un 63 % de las cepas aisladas se plantea que la dosis infectiva es desconocida, posiblemente por la carencia de estudios clínicos que la declaren (figura 5). La presencia de coliformes totales que incluye a bacterias de los géneros *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter* en concentraciones medias superiores a 10^6 ufc/100mL en el agua, y el valor medio de coliformes fecales (calculado sobre la base de *Escherichia coli*) de 10^7 ufc/100mL, son aspectos importantes desde el punto de vista higiénico-sanitario, ya que la dosis infectiva de *E. coli* es de 10^3 ufc/100mL, y la presencia de concentraciones superiores a estas cifras en las aguas supone la posibilidad de un riesgo real por la presencia de estas bacterias.

Como se observa en la figura 6, el 87% de las cepas se ubican en la categoría que representa a aquellos microorganismos que tienen un período de incubación variable. Esto constituye un problema ya que probablemente esto no facilite la asociación exposición-enfermedad. Diariamente un número elevado de personas visitan el parque y se exponen a las aguas contaminadas del río, por lo que probablemente muchos episodios de enfermedades gastrointestinales o de otra índole que presentan posteriormente los visitantes no se asocian con el contacto con las aguas contaminadas del río.

El análisis de la sobrevivencia de estas bacterias en el ambiente acuático fue la última característica analizada a partir de los datos obtenidos en las biofichas. Numerosos factores abióticos influyen sobre los microorganismos presentes en los ecosistemas acuáticos y pueden provocar su desaparición o alteraciones de su estado fisiológico (Solo-Gabriele, 2000). Entre estos factores se incluyen: temperatura (Tervieza, 1991), luz (Pommeuy *et al.*, 1992), salinidad (Tassoula, 1997), predación por protozoos (Brettar y Hofle, 1992), disponibilidad de nutrientes (Korhonen y Martikainen, 1991) y presencia de contaminantes ambientales (Pathak y Bhattacharjee, 1994). Aunque todos ejercen su influencia sobre el estado fisiológico de las bacterias presentes en estos ecosistemas (como las aisladas e identificadas en este trabajo), Prats (2006) informó que en el caso del río Almendares, los factores con mayor influencia sobre la comunidad microbiana presente en este ecosistema, son la salinidad y la predación por protozoos, aunque el continuo aporte de materia fecal a las aguas del río y sus afluentes, provoca que se mantengan casi constantes las altas concentraciones de los microorganismos indicadores a lo largo de todo el río. La disponibilidad de nutrientes en las condiciones actuales del río, influye en menor grado en las bacterias presentes debido al alto grado de turbidez de las aguas por la contaminación existente, la cual impide el paso de la luz a través de la columna de agua. De esta forma, aunque factores bióticos y abióticos ejercen su influencia sobre la comunidad

bacteriana presente en el río, su supervivencia en este ecosistema secundario es bastante alta debido al constante arribo de microorganismos provenientes de hábitats primarios.

Resultados de la aplicación de la lista de chequeo y análisis de concordancia

La lista elaborada constó de 35 preguntas, y se refirió al área de los últimos 9 km del GPMH, de la cual el río Almendares es la atracción principal. Los resultados de la matriz para determinar el coeficiente de Kappa en el área evaluada se muestran en la tabla 2, de la cual se obtuvo que el coeficiente de concordancia fue de $K= 0,0293$, lo cual en el grado de acuerdo según los criterios de Landis y Koch, 1993 se trata de una *concordancia insignificante*, con un porcentaje de cumplimiento de lo que se hace en el GPMH con respecto a lo referido como criterios de aceptación de un 37,1%.

GPMH	Respuestas en la lista de chequeo	Criterios de referencia		Total
		SI	NO	
	SI	12	0	12
NO	22	1	23	
Total	34	1	35	

Tabla 2. Tabla de frecuencias para el cálculo del coeficiente de concordancia de Kappa en el área del GPMH de acuerdo a las respuestas de los expertos.

Existen una serie de aspectos en la lista de chequeo en los que hay discrepancias con respecto a los criterios de aceptación establecidos, los cuales están relacionados con las inexistencias de señalizaciones para evitar el uso de las aguas contaminadas del río por parte de la población, así como la forma en que se realizan las actividades recreativas que tienen lugar en el parque. Estos aspectos resultan importantes, ya que el uso de las aguas con fines recreativos representa un grado de riesgo para la salud de los bañistas. Las aguas del río Almendares se emplean incorrectamente por la población que vive en sus cercanías, la cual las utiliza para la pesca de peces de agua dulce, para el lavado de ropa y utensilios de cocina o para prácticas religiosas. También se practica la natación, el paseo en botes y bicicletas acuáticas en el área del puente de la calle

23. Por otra parte, estas aguas se emplean también para el regadío de cultivos agrícolas con fines alimenticios por parte de algunas cooperativas agropecuarias del área y parcelas agrícolas ubicadas en las márgenes del río, así como para el riego de plantas ornamentales en viveros localizados cercanos al río o a alguno de sus afluentes (Romeu *et al.* 2008). De acuerdo al grado de contaminación microbiológica que presenta esta agua (concentraciones de coliformes totales y fecales superiores a 5×10^3 ufc/100mL según estudios realizados por Prats *et al.*, 2004, Rojas *et al.*, 2005) su empleo representa un riesgo potencial para la salud y se encuentran en riesgo desde los bañistas hasta los trabajadores agrícolas y personas que consumen estas hortalizas.

Aunque existe un programa de educación comunitaria para la información y orientación sanitaria de los habitantes de los asentamientos poblacionales ubicados en las orillas y proximidades del río, la indisciplina social y el desconocimiento de la contaminación real del río por parte de la población expone a un número mayor de personas a las aguas de este río con consecuencias negativas para la salud de las personas expuestas y de la comunidad.

A través de los resultados obtenidos al aplicar la lista de chequeo, todos aquellos aspectos que no están acordes con los criterios de aceptación establecidos se convierten en un punto de partida para la toma de medidas que exijan el cumplimiento de lo reglamentado. Esto permitiría minimizar el riesgo inherente al uso de las aguas contaminadas de este río.

Resultados del método simplificado de estimación del número de riesgo

Al calcular la mediana general, medida de posición propuesta para evaluar los resultados por el método Delphi, se obtuvieron los elementos que se observan en la tabla 3. La mediana de la columna 2 representa la mediana general de los valores de los siete especialistas de forma independiente.

En los tres grupos de expertos encuestados de forma independiente, la HNR mediana cae en el rango de riesgo bajo, a pesar de las deficiencias encontradas en la lista de chequeo. Este valor responde a que el número de personas expuestas de forma directa es bajo. No obstante, no existen registros del número de visitas al parque, por lo que la verdadera cantidad de personas que visitan el parque, ya sean niños o adultos, no se conoce, lo cual influye en la evaluación del rango de riesgo por los especialistas. Si la frecuencia de exposición aumentase por un mayor uso de las aguas del río en las diferentes actividades, o por un número elevado de personas que participan en ellas, probablemente algunos indicadores de riesgo se manifestaran con valores mayores. Además, pese a las deficiencias actuales como la existencia de altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal y la presencia de otros microorganismos

patógenos, se tiene la fortaleza de contar con la disposición gubernamental y de diversas entidades para tratar de disminuir el riesgo que representan las aguas de este río para las actividades recreativas y de otra índole en que se emplean.

Categorías y HNR	Mediana general	Mediana de los especialistas GPMH	Mediana de los especialistas externos
HNR	7.5	7	8.5

Tabla 3. Resultados de las medianas obtenidas en el procesamiento de los valores de cada categoría según la valoración de los expertos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es evidente que el río Almendares está sometido a un proceso antrópico acelerado, lo cual ha tenido un impacto directo en las condiciones ecológicas de este ecosistema, alterando la calidad de sus aguas. Los numerosos vertimientos de aguas residuales de esta zona influyen en el contenido microbiano, como ha podido apreciarse en el presente estudio. Estos resultados justifican la importancia que se ha dado en nuestro país al manejo integrado del agua y los problemas ambientales relacionados con los recursos hídricos y su uso sostenible, así como la protección para la contaminación (Suárez *et al.*, 2003). Además se hace evidente la necesidad de tomar medidas urgentes que contribuyan al saneamiento paulatino de este ecosistema fluvial, uno de los principales atractivos del GPMH y de la ciudad.

CONCLUSIONES

- Se aislaron un total de 30 cepas de las muestras de agua del río, pertenecientes a 7 géneros bacterianos diferentes: *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* y *Escherichia*, llegando hasta especie en el caso de los cinco últimos géneros, las cuales representan un riesgo individual moderado y un riesgo comunitario limitado.
- Debido a las deficiencias detectadas en la lista de chequeo confeccionada, se obtuvo un cumplimiento insuficiente (37, 1%) de los requerimientos establecidos para el uso de las aguas del río en diferentes actividades aunque el número de riesgo se clasificó como bajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology* 2004; 198: 229-238
- APHA, AWWA, AEF (2000) Standard Methods for the examination of water and wastewater, 20th edn, Washington, DC.
- Brettar I and Hofle MG. Influence of ecosystematic factors on survival of *Escherichia coli* after large-scale into lake water microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 1992; 58: 2201-2210.
- Bridón D. ¿Contaminación en casa? Medioambiente y salud. Boletín del Gran Parque Metropolitano de la Habana, Cinturón Verde de la Capital. *Siempre Verde* 2004; 2:12-14.
- Cabelli VA, Dufour L, Levin M. Swimming associated gastroenteritis and water quality. *American Journal of Epidemiology* 1982; 115:606-616
- Casal J, Montiel H, Eulalia P, Vilchez J. Análisis de riesgo en instalaciones industriales. Ediciones UPC. Universidad Politécnica de Cataluña, 2001:124-150.
- Del Puerto C, Barceló C, Cañas R, Cerero J, Rojas M, González E, Prieto V, Torres T. Manual de vigilancia sanitaria del agua de consumo. Serie Maestría de Salud Ambiental 2002. No. 1, Edn INHEM, Bogotá, Colombia.
- Chiroles S, González MI, Torres T, Valdés M, Domínguez I. Evaluación de indicadores microbiológicos de contaminación fecal en aguas de uso recreativo. *Revista Cuba@: Medio Ambiente y Desarrollo* 2003; 3(4).
- Chiroles S, González MI, Torres T, Valdés M, Domínguez I. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental* 2007; 7: 222-227.
- CITMA. Resolución No.42/99. Lista Oficial de Agentes Biológicos que afectan al hombre, los animales y las plantas, Cuba 1999.
- Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ, Allen MJ. *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Appl Microbiol.* 2000; 29:106-16.
- Faust MA, Aotaky AE and M T Hargadon. Effect of physical parameters on the in situ survival of *Escherichia coli* MC-6 in an estuarine environment. *Appl. Microbiol* 1975; 30: 800-806.
- Fleiss JL. Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychol Bull* 1971; 76 (5): 378-382
- Gerba CP and JS McLeod. Effect of sediments on the survival of *Escherichia coli* in marine waters. *Appl. Environ. Microbiol* 1976; 32: 114-120.
- González MI, Torres T, Chiroles S. Calidad microbiológica de aguas costeras en climas tropicales. *Revista Cuba@: Medio Ambiente y Desarrollo* 2003; 3(4).
- Goñi-Urriza M, Capdepuy M, Raymond N, Quentin C, Caumette P. Impact of an urban effluent on bacterial community structure in the Arga River

- (Spain), with special reference to culturable Gram-negative rods. *Can J Microbiol* 1998; 4 (5): 826-832.
- Holton G. Defining risk. *Financial Analysts Journal* 2004; 60 (6): 19-25.
- Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA, Brooks GF, Butel JS, Ornston LN. *Microbiología Médica*. 1992, 14 edición. Editorial El Manual Moderno, S.A, México D.F.
- Koneman EW, Allen SD, Janda WM, Schreckenberger PC. and Win WC. *Diagnóstico Microbiológico. Texto y atlas en color* 1999. 5^{ta} Edición Panamericana.
- Korhonen LK and Martikainen PJ. Survival of *Escherichia coli* and *Campylobacter jejuni* in untreated and filtered lake water. *Journal of Applied Microbiology* 1991; 71:379-382.
- Leclerc H, Mossel DA, Edberg S C and Struijk CB. Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annu Rev. Microbiol* 2001; 55:201-204.
- Marchand EO. *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Tesis para optar al título profesional de biólogo con mención en Microbiología y Parasitología 2002. Universidad de Perú, Decana de América.
- Organización Mundial de la Salud. *Manual de Bioseguridad en el laboratorio*. 3^{ra} edición. Ediciones de la OMS 2005; 30-39.
- Pathak SP and Bhattacharjee JW. Effect of pollutants on survival of *Escherichia coli* in microcosms of river water. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1994; 53: 198-203
- Pirnay JP, Matthijs S, Colak H, Chablain P, Bilocq F, Van Eldere J, De Vos D, Zizi M, Triest L and Cornelis P. Global *Pseudomonas aeruginosa* biodiversity as reflected in a Belgian river. *Environmental Microbiology* 2005; 7(7):969.
- Pommepuy M, Guillaud J.F., Dupray, E., Derrien, A., Le Guyader, F., Cormier, M. Enteric bacteria survival factors. *Water Sci. Technol.* 1992; 25: 93-103.
- Prats J., B. Romeu, D. Lugo, A. Rodríguez, N. Rojas, M. Heydrich. *Contaminación microbiana del río Almendares: principal ecosistema fluvial del Parque Metropolitano de La Habana*. Memorias CONVENCIÓN TRÓPICO; 2004, G13-216. ISBN 959-7167-02-6.
- Prats J. *Determinación de la contaminación microbiana del río Almendares y sus principales afluentes*. Tesis para optar por el título de master en Microbiología. Mención Ecología Microbiana 2006. Facultad de Biología. Universidad de La Habana.
- Prats, J. *Determinación de la contaminación microbiana del río Almendares y sus principales afluentes*. Tesis para optar por el título de Master en Microbiología. Mención Ecología Microbiana. Facultad de Biología. Universidad de La Habana; 2006.
- Rojas, N., G. Torres, B. Romeu y J. Prats. *Evaluación de la calidad microbiana del río Almendares para uso recreativo*. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 2005; 6.
- Romeu B, Rojas N, Marzán R y Lugo D. *Necesidad de una conciencia ambientalista en torno al uso de las aguas contaminadas del río Almendares*. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 2008; 8: 209:222.
- Soca M, Suárez Y, Soca M, Pestano M, Puro CA. *Evaluación epizootiológica de la mastitis bovina en dos unidades ganaderas de la Empresa Pecuaria "El Cangre"*. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET 2005; 4 (8). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.
- Solo-Gabriele HM, Wolfert MA, Desmaris TR and Palmer CJ. Sources of *Escherichia coli* in a coastal subtropical environment. *Appl. Environ Microbiol* 2000; 66: 230-237.
- Suárez MT, Del Puerto A, Cangas R. *Evaluación sanitaria de productos y tecnologías ambientales. Experiencias y proyecciones*. Rev. Cub. Hig. Epidem. 2003; 42 (2).
- Temple KL, Camper AK and GA McFeters. Survival of two enterobacterias in feces buried in soil under field conditions. *Appl. Environ. Microbiol* 1980. 40: 794-797.
- Tervieza SI and MacFeters GA. Survival and injury of *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* and *Yersinia enterocolitica* in stream water. *Can J. Microbiol* 1991; 37: 785-790.
- Tassoula EA. Growth possibilities of *E. coli* in natural waters. *Int. J. Environ. Studies* 1997; 52: 794-797.
- Vicente A, Aviles M, Borrego J, P Romero. Die-off and survival of *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* in different wastewaters. *Mikrobiologie and Higiene* 1988; 186: 261-272.
- Zschöck M, Sommerhäuser J and H Castañeda V. Relatedness of *Staphylococcus aureus* isolates from bovine mammary gland suffering from mastitis in a single herd. *Journal of Dairy Research* 2000; 67 (3): 429-435.

ANEXO 1. Modelo de bioficha de Seguridad

	BIOFICHA DE INVENTARIO	Página: Edición: Fecha:
Facultad de Biología UH	Microorganismo:	

Identificación taxonómica:

Familia:

Género:

Sinónimo:

Grupo de riesgo:

Organismo tipo
Cultivo
Características morfo-tintoriales, bioquímicas, otras características
Patogenia
Aspectos Epidemiológicos
Vía de transmisión: Rango de hospederos: Epidemiología: Dosis de infección: Período de incubación: Período de transmisión: Reservorio: Vectores: Supervivencia fuera del huésped:

ANEXO 2. Lista de chequeo

Lista de chequeo	Res*
1. ¿Existen barandas de protección en todas las orillas del río en la zona del parque?	
2. ¿Se chequean periódicamente la calidad y seguridad de los botes de alquiler?	
3. ¿Se ponen salvavidas los niños cuando montan en los botes?	
4. ¿Se prohíbe montar en los botes comiendo o bebiendo alimentos?	
5. ¿Existe un puesto médico en el área?	
6. ¿Existen señalizaciones de “no bañarse”?	
7. ¿Existen señalizaciones de “no pescar”?	
8. ¿Existen señalizaciones de “no arrojar basura al río”?	
9. ¿Existe personal salvavidas en el área?	
10. ¿Se permite alquilar botes a niños que no vengan acompañados de una persona mayor?	
11. ¿Existen advertencias de no introducir las manos en el agua?	
12. ¿Existe personal vigilante para asegurar el cumplimiento de estas medidas?	
13. ¿Se prohíbe el alquiler y uso de los botes cuando hay lluvia?	
14. ¿Existe un registro de visitas al parque?	
15. ¿Existe un registro de en que época del año hay mayor afluencia de público al parque?	
16. ¿El personal está entrenado en caso de accidentes?	
17. ¿Existe un registro de accidentes e incidentes en el parque?	
18. ¿Están descritos los procedimientos de emergencias en caso de accidentes?	
19. ¿Existen señalizaciones de “no emplear el agua para riego”?	
20. ¿Existen señalizaciones de “no lavar ropa u otros utensilios personales”?	
21. ¿La población recibe información sobre el estado de contaminación del río y sus consecuencias para la salud y el medio ambiente?	
22. ¿Existe un programa de educación comunitaria para la información y orientación sanitaria de los habitantes de los asentamientos poblacionales ubicados en las orillas y proximidades del río?	
23. ¿Este programa cuenta con conferencias, charlas, talleres y círculos de interés?	
24. ¿Existe un control de los focos contaminantes industriales?	
25. ¿Existe un control de los focos contaminantes urbanos?	

26. ¿Se conoce la frecuencia de estos vertimientos?	
27. ¿Se conoce el volumen de estos residuales que se vierten al río?	
28. ¿Existe un registro/control de las áreas donde se emplean las aguas del río para el riego de cultivos agrícolas?	
29. ¿Se realizan muestreos periódicamente por los especialistas del parque para mantener datos actualizados acerca de la contaminación química y microbiana del río?	
30. ¿Existen informes del grado de contaminación microbiológica de las aguas del río en el área del GPMH?	
31. ¿Existen informes del grado de contaminación química de las aguas del río en el área del GPMH?	
32. ¿Existen informes sobre la presencia de los microorganismos patógenos presentes en las aguas del río?	
33. ¿Se toman medidas con las empresas que vierten sus residuales sin tratar al río?	
34. ¿Se toman medidas con los asentamientos poblacionales que vierten sus albañales al río?	
35. ¿Existe un control del tratamiento que se les realiza a los vertimientos industriales/urbanos que se vierten al río?	

Las respuestas deberán ser Si o No

ANEXO 3. Encuesta para la estimación del riesgo de las aguas del río Almendares

Centro: _____

La siguiente encuesta tiene como objetivo realizar la estimación del número de riesgo en los últimos 9 km del río Almendares pertenecientes al Gran Parque Metropolitano de La Habana a partir del método propuesto por Casal *et al.*, 2001.

En este método el número de riesgo se estima según un sistema de puntuaciones propuestas en la literatura, a partir de 4 categorías:

Categorías	Criterio	Valor
Probabilidad de ocurrencia de un evento indeseable (por Inhalación, Ingestión, o salpicadura)	Entre 0 (Imposible) y 15 (alta probabilidad)	
Frecuencia de exposición al peligro	De 0,1 (no frecuente) a 5 (constante)	
Número de personas sometidas al riesgo	Desde 1 (entre una y doce personas) a 12 (cincuenta o más)	
Máxima pérdida probable	De 0,1 (consecuencias poco relevantes con respecto a la salud del personal) a 15 (muerte)	

En la columna nombrada *valor*, deberá emitir el valor que a su criterio tiene cada categoría, teniendo en cuenta el margen ofrecido en el apartado *Criterio*.