



SECCIÓN ARTÍCULOS ORIGINALES
REVISTA UNIVERSIDAD Y SALUD
Año 2014 Vol. 16(1) Págs. 60 - 68

La antibiótico-resistencia de bacterias de importancia clínica aisladas del río Almendares, Cuba, abordada como problema de salud ecosistémica

The antibiotic-resistance of clinically significant bacteria isolated from Almendares River in Cuba, addressed as an ecosystem health problem

Yunier Arpajón-Peña¹, Rebeca Doval-García², José Gabriel Hernández-Carretero³, Martha Pérez-Cosme⁴, Yornaika Llano-González⁵

- 1 Licenciado en Microbiología, Máster en Microbiología. Profesor Auxiliar Facultad de Estomatología "Raúl González Sánchez". La Habana, Cuba. e-mail: mpcosme@infomed.sld.cu
- 2 Licenciada en Biología, Máster en Enfermedades Infecciosas. Profesora Asistente Facultad de Ciencias Médicas "Dr. Salvador Allende". La Habana, Cuba. e-mail: rebecadoral@infomed.sld.cu
- 3 Licenciado en Laboratorio Clínico. Profesor Asistente Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular. La Habana, Cuba. e-mail: joseh@infomed.sld.cu
- 4 Médico especialista de primer grado en Laboratorio clínico. Profesora Instructora Facultad de Ciencias Médicas "Dr. Salvador Allende". La Habana, Cuba. e-mail: mpcosme@infomed.sld.cu
- 5 Licenciada en Tecnología de la Salud perfil Laboratorio Clínico Profesora Instructora Facultad de Ciencias Médicas "Dr. Salvador Allende". La Habana, Cuba. e-mail: yornaika@infomed.sld.cu

Fecha de recepción: Octubre 15 - 2013

Fecha de aceptación: Mayo 13 - 2014

Arpajón Y, Doval R, Hernández JG, Pérez M, Llano Y. La antibiótico-resistencia de bacterias de importancia clínica aisladas del río Almendares, Cuba, abordada como problema de salud ecosistémica. *Rev Univ. salud.* 2014;16(1): 60 - 68

Resumen

La Universidad actual tiene, además de su papel docente, una posición privilegiada en cuanto a la protección del medio ambiente mediante la difusión de los resultados de sus investigaciones. Uno de los problemas medioambientales, y por ende de salud, que más preocupa a los investigadores en la actualidad es la resistencia a los antibióticos de bacterias que habitan los ecosistemas acuáticos. El objetivo del presente trabajo es demostrar la presencia de bacterias de importancia clínica en el río Almendares, La Habana, Cuba, como problema de salud ecosistémica y así tener una visión más completa en el análisis de situaciones problemáticas sobre el estado ecológico real del mismo que se discuten en la docencia de pregrado y postgrado. Se determinó la susceptibilidad antimicrobiana *in vitro* de 72 aislados del río Almendares por el método de Bauer- Kirby. Las lecturas fueron realizadas teniendo en los catálogos del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Se obtuvieron aislados resistentes a las cefalosporinas de tercera y cuarta generación, un aislado de *Escherichia coli* fue resistente a nueve antibióticos distintos, mientras que fueron también multirresistentes aislados de *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus pneumoniae*. La presencia de bacterias de diferentes grupos de importancia clínica, resistentes y multirresistentes a antibióticos, en este río constituye un importante problema de salud ecosistémica, lo cual constituye un riesgo potencial que afecta los servicios ecosistémicos de los cuales depende gran parte de la población de la capital cubana.

Palabras clave: Salud ambiental, ecosistemas acuáticos, susceptibilidad antimicrobiana. (Fuente: DeCS, Bireme).

Abstract

The current University has, besides its educational paper, a privileged position as for the protection of the environment by means of the diffusion of the results of its investigations. One of the environmental problems, and therefore health, of greatest concern to researchers today is the antibiotic resistance of bacteria that inhabit aquatic ecosystems. The objective of this paper is to demonstrate the presence of bacteria of clinical importance from the Almendares River in Havana, Cuba, as an ecosystem health problem and thus have a more complete vision on the analysis of problem situations about the actual ecological status of this ecosystem, which are being discussed in pre and postgraduate teaching. The antimicrobial susceptibility was determined from 72 strains isolated *in vitro* on Almendares River through Bauer-Kirby method. The readings were carried out having in the catalogs of the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Isolated resistant to cephalosporins of third and fourth generation were obtained, one isolated of *Escherichia coli* was resistant to nine different antibiotics, while isolated of *Salmonella enterica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus pneumoniae* were also multiresistant. It was concluded that the presence of some resistant and multiresistant to antibiotics bacteria of clinical importance, in this river, constitute an important problem of ecosystem health, which at the same time, establishes a potential risk that affects the ecosystem services from which many people from Cuban capital depend.

Key words: Environmental health, freshwater ecosystems, antimicrobial susceptibility. (Source: DeCS, Bireme).

Introducción

Todos los servicios de los que gozan las comunidades humanas dependen totalmente de las transformaciones de materiales y energía que solo pueden ser obtenidos de los ecosistemas, y su mantenimiento son la base de la subsistencia, así como del desarrollo económico y social del que depende el bienestar.¹ Por tanto, es sumamente importante que no se limiten los beneficios que brindan los ecosistemas, conocidos como Servicios Ecosistémicos (SE), pues hacen que la vida humana sea físicamente posible y digna de ser vivida, entonces cuando la provisión de SE cambia por la acción del hombre, el bienestar humano puede verse afectado desde una escala local a una global.^{2,3}

Desde hace varios años se viene planteando una amenaza hacia estos SE, pues son cada vez más las enfermedades y riesgos para la salud relacionados con el medio ambiente y los estilos de vida. Es por ello que desde las instituciones universitarias, como ente impulsado y financiado por la sociedad, se debe propiciar

la realización de actividades e iniciativas que contribuyan a la promoción de la cultura de la paz, el desarrollo sostenible y el respeto al medio ambiente, como elementos esenciales para el progreso.⁴

La Universidad actual tiene, además de su papel docente, una posición privilegiada en cuanto a la protección del medio ambiente como determinante de salud de las comunidades. Desde esta perspectiva la discusión y publicación de los resultados obtenidos en las distintas investigaciones llevadas a cabo en las universidades, contribuyen tanto al bienestar social, medioambiental como a la actividad docente, propios de cada institución.⁵

Algunos investigadores plantean que la exposición prolongada a ciertos constituyentes ambientales, primordialmente de origen antrópico, puede influir en el bienestar de la sociedad, haciendo que éstos se constituyan en importantes agentes en el auge y aparición de enfermedades y malestares. Estos pueden llegar a ejercer un impacto severo en la salud de

las personas, conllevando, por lo general, una afectación en el desarrollo de sus capacidades potenciales, que se traduce en un deterioro de la calidad de vida de los mismos.⁶

Uno de los problemas medioambientales, y por ende de salud, que más preocupa a los investigadores en la actualidad es la resistencia bacteriana a los antibióticos. Este problema ha tenido más interés en las bacterias de origen clínico, sin embargo se ha observado también en aquellas que habitan los ecosistemas acuáticos debido, entre otros factores a que son uno de los más impactados con los desechos líquidos de la industria farmacéutica.⁷ Además continuamente también se vierten en ellos aguas residuales que contienen antibióticos provenientes de instituciones de salud y de la comunidad.⁸

En La Habana, capital de todos los cubanos, se encuentra el río Almendares, del cual se extrae gran parte del agua que se distribuye a la población proveniente de la cuenca Almendares-Vento y hacia donde se vierten una gran cantidad de desechos principalmente de origen doméstico. Además sus aguas son utilizadas en otras actividades como son: la agricultura, la alimentación animal, pesca, recreo, así como otras de carácter religioso.⁹

Este ecosistema recibe una gran cantidad de desechos de diversos orígenes: domésticos, hospitales, microvertederos e industrias que se encuentran sentadas en las márgenes del mismo y la mayoría de los estudios sobre el estado de salud de este ecosistema se han basado en evidencias de indicadores químicos y microbiológicos.^{10,11}

Sin embargo son muy escasas las investigaciones en las que se han tenido en cuenta la caracterización de bacterias resistentes a antibióticos, pues principalmente se ha realizado para *Escherichia coli* y no para otras especies bacterianas de importancia clínica que pueden

provocar enfermedades en humanos y animales devenidas del uso del agua de este río.¹² Esta investigación se llevó a cabo debido a que el recurso agua es de gran utilidad en muchas de las actividades que realizan los seres humanos y la posibilidad de utilizar estos resultados en las distintas actividades docentes de pregrado y postgrado, en la ampliación del conocimiento sobre el tema, pues en los programas de estudio de todas las especialidades médicas de nuestro país se abordan temas sobre los antibióticos; pero basados en evidencias clínicas y no ecosistémicas.

Teniendo en cuenta que en muchos casos el hombre está expuesto a contraer enfermedades bacterianas de origen hídrico y las publicaciones al respecto no son numerosas, se propuso como objetivo demostrar la presencia de bacterias de importancia clínica en el río Almendares, La Habana, Cuba, como problema de salud ecosistémica y así tener una visión más completa en el análisis de situaciones problemáticas sobre el estado ecológico real del mismo que se discuten en la docencia de pregrado y postgrado.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un estudio experimental de laboratorio donde se determinó la susceptibilidad antimicrobiana *in vitro* de 72 aislados escogidos aleatoriamente de la colección de cepas de bacterias del Laboratorio de Ecosistemas Acuáticos del Departamento de Microbiología y Virología, en la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana, los que se encontraban conservados en caldo nutriente-glicerol 3% a 4°C. Estos aislados fueron obtenidos a partir de cuatro muestreos realizados en nueve puntos del río Almendares entre octubre-2012 y octubre-2013 (Tabla 1). Para la selección de los puntos de muestreo se tuvo en cuenta que estuvieran cercanos a industrias o que recibieran desechos domésticos.

Tabla 1. Localización de las estaciones de muestreo en el río Almendares

| Símbolo | Estaciones | Coordenadas | |
|---------|------------------------|--------------|--------------|
| | | Latitud | Longitud |
| A | Puente de Hierro | 23°07'36.55" | 82°24'40.22" |
| B | Puente Almendares | 23°07'07.25" | 82°24'32.57" |
| C | Puente de Piedra | 23°06'29.83" | 82°24'25.04" |
| D | Mordazo | 23°05'58.64" | 82°24'12.58" |
| E | Puentes Grandes | 23°06'09.62" | 82°24'26.02" |
| F | Santoyo | 23°05'56.66" | 82°24'30.74" |
| G | Elevados 100 y Boyeros | 23°04'18.96" | 82°24'04.78" |
| H | Paila | 23°03'23.94" | 82°24'09.75" |
| I | Río Cristal | 23°01'59.99" | 82°24'03.77" |

Las coordenadas de las estaciones de muestreo fueron obtenidas por Geo-Posicionamiento Espacial (GPS).

Todos los aislados habían sido previamente identificados a través de microsistemas API 20E, API 20NE, API Staph y API 20Strep (BioMérieux) teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante, la interpretación se realizó empleando el software *apiweb* (2006) y la codificación de estos se utilizó la letra A seguida del número consecutivo. Para la reactivación de cada uno si hicieron cultivos en medio Caldo Nutriente (Sigma Aldrich®) e incubados a 37°C por 18 horas.

Pasado este tiempo se realizó en todos los casos una tinción de Gram a cada aislado para comprobar la pureza de los cultivos y se hizo una dilución en solución salina al 0,9% de cada muestra hasta ajustar la densidad de inóculo a la escala 0,5 de McFarland, fueron tomados 25 µL de inóculo y se sembraron por triplicado en medio sólido Mueller-Hinton para la posterior determinación de la susceptibilidad a antibióticos por el método de Bauer- Kirby (Difusión en medio sólido en placas de Petri con discos de antibióticos). Todas las placas con los cultivos se incubaron a 37°C por 24 horas y se determinó el diámetro medio de los halos de inhibición de las tres réplicas correspondientes a cada muestra.¹³

Las lecturas de los antibiogramas fueron realizadas teniendo en cuenta los catálogos del *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI siglas en inglés) y los antibióticos evaluados fueron (Entre paréntesis aparecen el símbolo y concentración del antibiótico en cada disco): Ampicilina (AMP, 10µg), Amoxicilina/Acido clavulánico (AMC, 20µg/10µg), Ticarcilina (TIC, 75µg), Cefepime (CPM, 30µg), Cefotaxima (CTX, 30µg), Cefazolina (CEF, 30µg), Ceftriaxona (CFT, 30µg), Eritromicina (ERI, 15µg), Aztreonam (ATM, 30µg), Imipenem (IMP, 10µg), Amikacina (AMK, 30µg), Kanamicina (KAN, 30µg), Gentamicina (GEM, 10µg), Estreptomina (SPT, 10µg), Azitromicina (AZI, 15µg), Acido nalidixico (NAL, 30µg), Ciprofloxacino (CIP, 5µg), Trimetoprim-sulfametoxazol (TSX, 1,25µg/23,75µg), Nitrofurantoína (NIT, 300µg), Estreptomina (STR, 300µg), Doxiciclina (DOX, 30µg), Vancomicina (VAN, 30µg), Cloranfenicol (CHL, 30µg).

Se escogieron estos antibióticos pues corresponden a los distintos grupos de clasificación de los que son utilizados en la práctica médica y así tener un mayor rango de posibles respuestas.

Los resultados para cada una de las muestras se expresaron como: susceptible (S), resistente (R) y de susceptibilidad intermedia (I).¹³ Fueron clasificados como multirresistentes aquellos aislados que manifestaron resistencia a tres o más de los antimicrobianos según el criterio de Chandran *et al.*¹⁴ Se estableció como criterio de exclusión aquellos aislados que no estuvieran puros en su estado de conservación. Para el análisis de los resultados se llevó a cabo un análisis de frecuencias absolutas de los distintos patrones de susceptibilidad a los antibióticos, mostradas en tablas.

En esta investigación se tuvieron en cuenta los principios de beneficencia y no maleficencia, pues al tratar de procurar el bienestar de las personas, se contemplaron los elementos que implicaron una acción clara de beneficio, como son: prevenir el mal o el daño, contrarrestar el daño y poder hacer o fomentar el bien. Además, se siguieron las normas de bioseguridad recomendadas para la realización de experimentos de laboratorio de manera adecuada, segura y sobre la base de una revisión y conocimiento de la literatura científica actualizada sobre el tema en cuestión.

Resultados

De los 72 aislados objeto de investigación, 32 habían sido clasificados como miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, 20 bacilos no fermentadores y 20 cocos grampositivos. Es importante señalar que entre los seleccionados se encuentran algunos declarados como patógenos para el ser humano, involucrados en muchos procesos patológicos gastrointestinales, de la piel, bacteriemia, etc.

Respecto a los 32 aislados miembros de la familia *Enterobacteriaceae* se puede observar en la tabla 2 que los fenotipos más representativos son los de resistencia a las penicilinas, cefalosporinas y al Ciprofloxacino, con valores superiores al 52%. Los tres aislados de *Escherichia coli* fueron resistentes a la combinación Amoxicilina/Ácido clavulánico, Cefalexina, Cefotaxima, Ácido nalidíxico y Ciprofloxacino, de estos un aislado fue resistente a nueve antibióticos distintos. Entre los aislados de *Salmonella sp.* hay tres que fueron clasificados como multirresistentes también. La resistencia a Cefepime, Imipenem y Cloranfenicol es la menos expresada en este grupo de bacterias.

Tabla 2. Frecuencias de aislados miembros de la familia *Enterobacteriaceae* con resistencia a los antibióticos evaluados

| | AMC | CPM | CEF | CTX | TSX | NAL | CIP | NIT | IMP | CHL | GEM | KAN |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Enterobacter cloacae</i> (n=5) | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 3 |
| <i>Enterobacter aerogenes</i> (n=5) | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| <i>Citrobacter freundii</i> (n=3) | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Escherichia coli</i> (n=3) | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> (n=4) | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| <i>Salmonella sp.</i> (n=8) | 4 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 1 | 2 | 4 | 1 |
| <i>Shigella sp.</i> (n=4) | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Total (n=32) | 19 | 8 | 20 | 19 | 13 | 13 | 17 | 12 | 8 | 8 | 14 | 12 |
| % de Resistencia | 59 | 25 | 63 | 59 | 41 | 41 | 53 | 38 | 25 | 25 | 44 | 34 |

AMC: Amoxicilina/Ácido clavulánico, CPM: Cefepime, CEF: Cefazolina, CTX: Cefotaxima, TSX: Trimetoprim-sulfametoxazol, NAL: Ácido nalidíxico, CIP: Ciprofloxacino, NIT: Nitrofurantoína, IMP: Imipenem, CHL: Cloranfenicol, GEM: Gentamicina, AMK: Amikacina

Las frecuencias de expresión de resistencia a los antibióticos evaluados para los 20 aislados clasificados como bacilos no fermentadores se muestran en la tabla 3, donde se observa la

existencia de bajos porcentajes de resistencia a los antibióticos evaluados, con valores inferiores a 50%, excepto frente a la Ampicilina que superó el 55% de aislados resistentes a este antibiótico.

Tabla 3. Frecuencias de aislados correspondientes al grupo de bacilos gramnegativos no enterobacterias (bacilos no fermentadores) con resistencia a los antibióticos evaluados

| | AMP | TIC | CEF | CTX | ATM | STR | CIP | NAL | IMP | GEM | AMK | DOX |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Aeromonas sp.</i> (n=7) | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Plesiomonas shigelloides</i> (n=5) | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (n=6) | 5 | 6 | 6 | 3 | 0 | 2 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| <i>Vibrio vulnificus</i> (n=4) | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total (n=20) | 12 | 6 | 9 | 3 | 0 | 2 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 6 |
| % de Resistencia | 60 | 30 | 45 | 15 | 0 | 10 | 30 | 35 | 25 | 30 | 35 | 30 |

AMP: Ampicilina, TIC: Ticarcilina, CEF: Cefazolina, CTX: Cefotaxima, ATM: Aztreonam, STR: Estreptomicina, CIP: Ciprofloxacino, NAL: Ácido nalidíxico, IMP: Imipinem, GEM: Gentamicina, DOX: Doxiciclina

Los porcentajes más bajos de resistencia correspondieron a la Estreptomicina y Cefotaxima, y ninguno fue resistente al Aztreonam (Tabla 3). El 100% de los aislados de *Pseudomonas aeruginosa* expresó un fenotipo resistente a Ticarcilina, Cefazolina, Ácido nalidíxico y Gentamicina.

Por su parte en *Vibrio vulnificus* fue donde se pudo comprobar la menor frecuencia de patrones de resistencia. Se obtuvo además que existen aislados de *Aeromonas sp.* y *Plesiomonas shigelloides* clasificados como multirresistentes.

Las frecuencias absolutas de resistencia de los cocos grampositivos se encuentran en la tabla 4, en la cual se puede observar que los mayores porcentajes de susceptibilidad corresponden a Trimetoprim - sulfametoxazol, Aztreonam, Gentamicina y Amikacina. Contrario a esto se observa para la Amoxicilina, donde la mayoría de los aislados son resistentes a esta penicilina. La mayor cantidad de antibióticos resistentes corresponden a *Staphylococcus aureus*, apareciendo aislados multirresistentes, al igual que de *Streptococcus pneumoniae* y *Enterococcus faecalis*.

Tabla 4. Frecuencias de aislados correspondientes al grupo de los cocos grampositivos con resistencia a los antibióticos evaluados

| | AMP | AMC | CEF | CFT | CPM | CTX | AZI | TSX | CHL | VAN | GEM | AMK |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| <i>Enterococcus faecalis</i> (n=4) | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i> (n=4) | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| <i>Streptococcus intermedius</i> (n=2) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (n=6) | 5 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Staphylococcus lentus</i> (n=4) | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total (n=20) | 10 | 6 | 11 | 3 | 4 | 9 | 7 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 |
| % de Resistencia | 50 | 30 | 55 | 15 | 20 | 45 | 35 | 5 | 0 | 25 | 5 | 0 |

AMP: Ampicilina, AMC: Amoxicilina/Ácido clavulánico, CEF: Cefazolina, CFT: Ceftriaxona, CPM: Cefepime, CTX: Cefotaxima, AZI: Azitromicina, TSX: Trimetoprim-sulfametoxazol, CHL: Cloranfenicol, VAN: Vancomicina, GEM: Gentamicina, AMK: Amikacina

Todas estas bacterias se encuentran en el agua de esta importante corriente fluvial que es utilizada en diversas actividades por los moradores de las márgenes del río (pesca, agricultura, recreación) y el agua de la cuenca subterránea es la que se distribuye a gran parte de la población de la capital; se encuentran grupos de bacterias con resistencia y multirresistencia a antibióticos en la cuenca Almendares-Vento lo que denota una afectación en los servicios ecosistémicos devenidos del uso del agua del río y sus afluentes.

Algunos autores plantean que el gran número de especies dentro de la familia *Enterobacteriaceae* conlleva a una gran variabilidad de patrones de resistencia natural y que esta diversidad se ve además incrementada por la posibilidad de adquirir genes de resistencia en el ambiente, tanto de microorganismos de la misma especie como de otras, que a su vez influyen en la selección de poblaciones bacterianas resistentes. Estos criterios son refirmados por Wellington *et. al.*, quienes plantean que los depósitos de genes de resistencia en el ambiente se deben a la mezcla entre los que imprimen resistencia natural y los que se encuentran presentes en animales y desechos humanos, y teniendo en cuenta los efectos selectivos de los contaminantes, lo cual puede ser co-selectivo para elementos móviles que transportan genes de resistencia múltiple.^{12,15}

La adquisición de multirresistencia de bacterias ambientales puede traer consigo la ineficacia de la mayoría de los antimicrobianos utilizados en la práctica clínica, al extremo que muchas de las enfermedades pueden volverse incurables tanto en países subdesarrollados como en países desarrollados.¹⁵

Es por ello que en la presente investigación muchos de los aislados pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* fueron resistentes a varios de los antibióticos.

En cuanto a la respuesta de estos aislados a los betalactámicos, se observan algunos con fenotipo sensible a la Amoxicilina/Ácido clavulánico, los cuales no son comunes en las especies salvajes correspondientes a los aislados identificados. Esto no quiere decir que estos antibióticos sean de elección si se necesitaran de ellos en brotes o casos aislados donde se encuentren implicadas estas bacterias.⁶

Estos resultados son similares a los obtenidos por Romeu,¹² quien estudió la susceptibilidad a antibióticos solamente de cepas de *Escherichia coli* aisladas en este ecosistema y con los reportados también por Hao-Chang *et. al.*,¹⁶ quienes plantean que la presencia de resistencia bacteriana en una cuenca hidrográfica se debe en gran medida a la actividad humana y al vertimiento de aguas residuales. Por tanto estas evidencias pueden ser incluidas en situaciones problemáticas reales de la docencia tanto de pregrado como del postgrado como evidencias de bacterias con estos fenotipos que no se han reportado para muestras de agua en Cuba.

Aunque de forma natural los miembros de *Shigella spp.* son sensibles a las cefalosporinas de primera generación (Cefazolina), en el presente estudio se obtuvo un aislado resistente a este grupo genérico de antibióticos, lo cual concuerda con resultados obtenidos por Pfeifer *et. al.*,¹⁷ quienes aseveran que esto se puede deber a la sobreexpresión por parte de estas bacterias de genes *ampC* que codifica para una betalactamasa. Por su parte, Walsh *et. al.*,¹⁸ aseguran que la presencia de bacterias productoras de betalactamasas en muestras ambientales en Nueva Delhi (India) tiene implicaciones importantes para las personas pues dependen del agua pública. Estas evidencias obtenidas constituyen ejemplos reales en la actualización de contenidos sobre el tema, pues no se habían obtenido patrones similares en Cuba.

Un porcentaje reducido de antibiogramas de *Staphylococcus* es sensible, en la actualidad a la penicilina. El fenotipo más frecuente de este género encontrado en muestras clínicas incluye la resistencia a Penicilina y a Ampicilina por producción de penicilinasa, la cual es inhibida por el Ácido clavulánico, por lo que estas cepas son sensibles a la asociación de Amoxicilina/Ácido clavulánico.¹³ Además se ha descrito resistencia a Vancomicina en *Enterococcus faecalis* aislados de muestras clínicas, resultados que coinciden con los obtenidos en el presente estudio pero en muestras de agua.¹⁹⁻²²

Los autores de esta investigación coinciden con los criterios planteados por otros estudiosos de este tema, pues es muy importante conocer el impacto de los resultados de este estudio debido a que constituyen un elemento de gran utilidad para la toma de decisiones en términos de política científica, apoyo a recursos y desarrollo de infraestructuras, establecimiento de prioridades y evaluación de la esfera científica.^{23,24}

En el caso de las universidades, y ante las nuevas necesidades provocadas por el actual contexto económico, social y tecnológico, la aplicación de la gestión del conocimiento, y su socialización, debe encaminarse tanto en la reorganización interna de procesos, como en la mejora de la docencia y la investigación, con el objetivo de facilitar el desarrollo de una universidad competitiva y adaptada a las nuevas demandas de la sociedad.

Conclusiones

La presencia de bacterias de diferentes grupos de importancia clínica resistentes y multirresistentes a antibióticos en este río es un importante problema de salud ecosistémica, lo cual constituye un riesgo potencial que afecta los servicios ecosistémicos de los cuales depende gran parte de la población de la capital cubana, por lo que estos resultados pueden ser incluidos

situaciones problemáticas reales en las distintas formas de enseñanza del pregrado y postgrado de las ciencias médicas en Cuba donde se traten temas sobre la influencia de factores medioambientales sobre la salud humana.

Referencias

1. Gómez-Baggethun E, Groot R- Capital natural y funciones de los ecosistemas: Explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistema* [revista en la Internet]. 2007 [citado 2014 Mar 29] ;16(3): 4-14. Disponible en: [http://: www.revistaecosistemas.net](http://www.revistaecosistemas.net).
2. Costanza R. Social goals and the valuation of ecosystem services. *Nature*, 2000. (3): 4-10.
3. Montes C, Salas O. La evaluación de los ecosistemas del milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistema* [revista en la Internet]. 2007 [citado 2014 Mar 29];16(3): 1-3. Disponible en: <http://: www.revistaecosistemas.net>.
4. Gaete R. La responsabilidad social universitaria como desafío para la gestión estratégica de la educación superior: el caso de España". *Revista de educación*, 2011; 355: 109-133.
5. Costa V, Tanoue S y Sarapka M. Papel da universidade no desenvolvimento sustentável [CD-ROM] Memorias del 7mo Congreso Internacional de Educación Superior Universidad 2010. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba. ISBN 978-959-16-1137-7, 2010.
6. Cantú P. Medio ambiente y salud: un enfoque ecosistémico. *Ciencia UANL* [revista en la Internet]. 2012 Ene-Mar [citado 2014 Mar 29]; 15(57): 26-32. Disponible en: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40223164005>
7. Romeu B, Salazar P, Navarro A, Lugo D, Hernández U, Rojas N, Eslava C. Utilidad del sistema VITEK en la identificación y determinación de la susceptibilidad antimicrobiana de bacterias aisladas de ecosistemas dulceacuícolas. *Revista CENIC*, 2010, 4(39).
8. Pignato S, Coniglio MA, Faro G, Weill FX, Giammanco G. Plasmid-mediated multiple antibiotic resistance of *Escherichia coli* in crude

- and treated wastewater used in agriculture. *J Water Health*. 2009;7(3):251–258.
9. Peláez O. Revertir el deterioro ambiental. Cuenca Almendares-Vento. Periódico Granma, La Habana 9 de marzo de 2013, 49(58):8. Cuba.
 10. Carballo M, Heydrich M, Rojas N, Salgado I, Romeu B, Manzano A, Larrea J *et al*. Impact of microbial and chemical pollution in Cuban freshwater ecosystems: strategies for environmental recovery? *Biotecnología Aplicada*, 2011;28:276-279.
 11. Arpajón Y, Romeu B, Rodríguez A, Heydrich M, Rojas N, Lugo D. Impacto de los nutrientes inorgánicos sobre la comunidad bacteriana del río Almendares (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 2011;11: 731-738.
 12. Romeu B. Caracterización de cepas de *Escherichia coli* de importancia clínica humana aisladas de ecosistemas dulceacuícolas de La Habana. [Tesis de Doctorado]. 2012. Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Cuba.
 13. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing Twenty-first informational supplement; M100-S21. Clinical and Laboratory Standards Institute, 2011. Wayne, PA., Estados Unidos.
 14. Chandran A, Mohamed AA, Varguese S, Mony K. Prevalence of multiple drug resistant *Escherichia coli* serotypes in a tropical estuary, India. *Microbes Environ*. 2008;23(2):153-158.
 15. Wellington E, Boxal A, Cross P, Feil E, Gaze W, Hawkey P *et al*. The role of the natural environment in the emergence of antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *The Lancet Infectious Diseases*. [revista en la Internet]. 2013 Feb [citado 2014 Mar 29]; 13(2):155–165. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(12\)70317-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(12)70317-1).
 16. Hao-Chang S, Guang-Guo Y, Ran T, Rui-Quan Z, Jian-Liang Z, You-Sheng L. Class 1 and 2 integrons, *sul* resistance genes and antibiotic resistance in *Escherichia coli* isolated from Dongjiang River, South China. *Environmental Pollution* [revista en la Internet]. 2012 Oct [citado 2014 Mar 29]; 169: 42–49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.05.007>.
 17. Pfeifer Y, Cullik A, Witte W. Resistance to cephalosporins and carbapenems in Gram-negative bacterial pathogens. *International Journal of Medical Microbiology*. 2010; 300;(6):371-379.
 18. Walsh T, Weeks J, Livermore D, Toleman M. Dissemination of NDM-1 positive bacteria in the New Delhi environment and its implications for human health: an environmental point prevalence study. *The Lancet Infectious Diseases*. [revista en la Internet]. 2011 May [citado 2014 Mar 29]; 11(5):355–362. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473309911700597>
 19. Ponessa A, Gambandé T, All L, Fernández de Arroyabe G., Ferrari M., Dlugovitzky D. *et al*.- Enterococos vancomicina resistentes: colonización en pacientes hospitalizados, en Rosario, Argentina. *Acta Bioquím Clín Latinoam*. 2006;40(4):499-502.
 20. Fica A, Jemenao M, Bilbao P, Ruiz G, Sakurada A, Pérez E., *et al*. Emergencia de infecciones por *Enterococcus* sp. resistente a vancomicina en un hospital universitario en Chile. *Rev Chil Infect*. 2007; 24(6):462-471.
 21. Depardieu F, Podglajen I, Leclercq R, Collatz E, Courvalin P. Modes and Modulations Antibiotic Resistance Gene Expression. *Clinical Microbiology Reviews*. 2007;20(1):79–114.
 22. Terreros M, Grijalva M, Jiménez P. Implementación de un ensayo PCR multiplex para la detección de genes *vanA*, *vanB* y *vanC* relacionados con la resistencia a glucopéptidos en *Enterococcus faecium* y *Enterococcus faecalis*. *Revista CIENCIA*. 2010, 13(2):141-150.
 23. Fernández A, Shkiliova L. Uso de un set de indicadores para medir el impacto en los proyectos de investigación de Ingeniería Agrícola de la Universidad Agraria de La Habana. *Rev Cie Téc Agr* 2012, 21(1).
 24. Estrada V, Benítez F. La gestión del conocimiento en la nueva Universidad Cubana. *Revista Universidad y Sociedad*. 2011,2(2).