

Identificación de bacterias patógenas asociadas a indicadores coliformes en la parte media y baja de la cuenca del río La Villa

Alexis De La Cruz L.¹

¹ M.Sc. Maestría en Microbiología Ambiental, Profesor, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá; alexisdela@gmail.com.

Resumen: Con el objetivo de evaluar la presencia de bacterias patógenas como *Vibrio spp.*, y *Salmonella spp.*, asociadas a indicadores coliformes de contaminación en la parte media y baja del río La Villa, se realizaron tres muestreos de agua en las épocas seca y lluviosa. Se aplicó la técnica de membrana filtrante y se aislaron patógenos asociados por la técnica de cultivo de enriquecimiento y selección por medios específicos, asociados a parámetros físicos de campo como: la turbiedad y el pH. Los resultados encontrados arrojaron una mayor ocurrencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en la época seca con 1% ($p < 0.0001$). Se halló una mayor ocurrencia de coliformes totales en el nivel bajo de la cuenca del río con una media de 1162.7 UFC. De acuerdo a la asociación de los indicadores con las bacterias patógenas, se descubrió una mayor ocurrencia de estas últimas en la época seca con un valor de 56.1% y una probabilidad de 0.432. Respecto al nivel del río, se aislaron con mayor frecuencia patógenos en la parte media, con un 65.9%, en ese mismo sentido no se detectaron diferencias entre épocas y nivel con base en el pH; en tanto que, para la turbiedad hubo diferencias altamente significativas, por lo que no hay una fuerte asociación entre los indicadores y los patógenos, a diferencia de los parámetros físicos principalmente, la turbiedad.

Palabras claves: Coliformes, *E. coli*, unidades formadoras de colonias bacterianas, patógenos.

Abstract: With the purpose of evaluating the presence of pathogen bacteria, such as *Vibrio spp.* y *Salmonella spp.*, associated to contamination coliform indicators in the mid-low section of La Villa River, three water samples were taken during both the dry and the rainy season. The filtering membrane technique was applied and the pathogens associated were isolated by the crop improvement technique and the selection was made through specific means associated to physical field parameters, such as turbidity and pH. The findings showed a greater occurrence of total coliforms and *E. coli* in the dry season, with 1% (< 0.0001). A greater occurrence of total coliforms was found in the low level of La Villa River basin with a mean of 1162.7 UFC. In accordance with the association of the indicators to the pathogen bacteria, a greater occurrence of them was discovered during the dry season, with a value of 56.1% and a probability of 0.432. In relation to the river level, greater frequency pathogens were isolated in the mid-section, with 65.9%. In the same way, there was no difference between seasons and

levels on the basis of the pH, while there were highly significant differences respect to turbidity, which means that there is no strong association between the indicators and the pathogens, unlike the physical parameters, especially, turbidity.

Key words: Coliform, *E. coli*, forming units of bacterial colonies, pathogens.

1. Introducción

Los ríos son de vital importancia en el abastecimiento de agua potable, así también fuentes primordiales en la industria del agro y para la recreación, por lo que se debe procurar que estos estén, lo más posible, libre de contaminantes (Walter, 2003, citado en Carrillo y Caicedo, 2008).

De allí que las bacterias coliformes sean utilizadas como los principales indicadores biológicos para la adecuación de agua de consumo humano. En este mismo sentido, estos indicadores son elementos críticos que determinan riesgos de enfermedades por agentes microbianos patógenos relacionados con el consumo de la misma (APHA, 2000; Perdomo *et al.*, 2001, citado en Carrillo y Caicedo, 2008).

Así es como enfermedades de origen hídrico clásicas –la fiebre de tifoidea y el cólera– son transmitidas por la vía fecal-oral, y por lo que se hace necesario el control de las fuentes superficiales de agua (Mayer *et al.*, 2009).

Es por ello que los análisis microbiológicos de agua buscan, en la mayoría de los casos, detectar bacterias coliformes totales y fecales, mediante la técnica de filtración por membrana y asegurar que el agua suministrada al consumo humano sea de excelente calidad y que su sistema de potabilización logre eliminar la mayor can-

tidad de microorganismos contaminantes (Walter, 2003, citado en Carrillo y Caicedo, 2008).

Microorganismos asociados a enfermedades de transmisión fecal-oral pueden estar presentes en aguas naturales de ríos sin tratamiento, como son *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y algunos coliformes (Ocasio y López, 2004, citado en Carrillo y Caicedo, 2008).

Así que las *Salmonellas spp.* causan un grupo variado de enfermedades infecciosas, denominadas salmonelosis o enfermedades gastrointestinales, que como enfermedad endémica continúa siendo un problema en la práctica veterinaria y humana, por ocasionar grandes pérdidas, convirtiéndose así en un serio problema de salud pública y socioeconómico (Wray *et al.*, 1985, citado en Flores, 2003).

La salmonelosis es la segunda causa principal de enfermedades transmitidas por los alimentos en los Estados Unidos, con un 1.4 millones de casos. Se han presentado otros serotipos como *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi* asociados a una serie de sintomatología (Voetsch *et al.*, 2004, citado en Mitrovich *et al.*, 2010; Mayer *et al.*, 2009).

En tanto que en Costa Rica se presentaron 115 brotes de diarrea de origen hídrico, los cuales fueron estudiados por el Laboratorio Nacional de Aguas, durante

los meses de marzo de 1999 y junio del 2005 (Valiente y Mora, 2005).

También en Nicaragua, durante los meses de junio a noviembre de 1995 y de abril a mayo de 1996, se llevó a cabo una evaluación sanitaria en cuatro transeptos del lago Cocibolca incluyendo la zona costera de la ciudad de Granada. Detectándose la presencia de bacterias enteropatógenas del género *Salmonella spp.* de los grupos serológicos B, C1, C2 y E; y además se aislaron bacterias de *Vibrio cholerae* del serogrupo O1 (serotipos Ogawa e Inaba). Gracias a los diversos métodos moleculares se tienen información variada sobre los serotipos de estas bacterias. (Chacón, 1996; Baudart, 2000, citado en Flores, 2003).

Por otro lado *Vibrio cholerae* se adapta bien a ambientes con niveles moderados de salinidad (Gómez-Gil, 2004, citado en Mitrovich, 2010); se ha encontrado en animales y colonizando sustratos orgánicos e inorgánicos (Jiang *et al.*, 2001, citado en Mitrovich, 2010).

El cólera sigue siendo frecuente en muchas partes de América Central, América del Sur, Asia y África. *Vibrio cholerae* serogrupo O1 incluye dos biotipos: el clásico y el tor; cada uno de los cuales incluye organismos de los serotipos Inaba y Ogawa. La enterotoxina es similar para cada uno de estos organismos, al igual que los cuadros clínicos (Mayer *et al.*, 2009).

De acuerdo a la epidemiología del cólera, esta ha aparecido en continentes como África y América, en donde en el período entre 1991 y 2004 se presentaron 1.2 millones de casos con 12,000 muertes (Colwell *et al.*, 1996, citado en Mitrovich,

2010). En Argentina, las epidemias reaparecieron en 1992, después de 100 años. En la provincia de Tucumán se registraron casos esporádicos por *Vibrio cholerae* O1, la mayor parte eran niños menores de 5 años. En Perú, en 1991, se tipificó *Vibrio cholerae* serotipo O1 y se extendió a América Central y América del Sur con un total de 1,041,422 casos (Binsztein, 2000 y 2004, citado en Mitrovich, 2010).

Del mismo modo, en Colombia durante los años 1991 a 1993, se tomaron 11 muestras de agua para detectar *Vibrio cholerae*, de las cuales se seleccionaron de manera preliminar 690 colonias cuyas características correspondían a *Vibrio cholerae*. La selección definitiva separó 49 aislamientos que luego se redujeron a 19, y en la identificación definitiva se obtuvieron 4 aislamientos de *Vibrio cholerae* O1, provenientes de Tumaco (Valenzuela *et al.*, 1997).

A partir de 1995, se implementó el sistema de vigilancia de *Vibrio cholerae* en distintos cuerpos de agua en Cuba. Durante 1995, 1996 y primer semestre de 1997, se aislaron cepas de las familias *Vibrionaceae* y *Aeromonadaceae* procedentes de diferentes lugares de este país y se caracterizaron diferentes especies de *Vibrio spp.*, siendo las de mayor frecuencia *Vibrio cholerae* O1, *V. alginolyticus*, *V. mimicus* y *V. fluvialis*. Además, se identificaron especies del género *Aeromonas spp.*, principalmente *A. caviae*, *A. hydrophila* y *A. veronii* (González, 1997).

Con base en un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se sabe que antes de que el terremoto del 12 de enero de 2010 devastara la capital de

Puerto Príncipe, no se detectaba un caso de cólera en Haití hacía más de un siglo. Mientras tanto, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) aseguró que el cólera se propagó a una velocidad explosiva y que la enfermedad podría permanecer en Haití durante años (OMS, 2010, citado en Roberts, 2011; OPS, 2010).

Por otro lado, la Asamblea General de la Organización de Las Naciones Unidas (ONU) dijo que la epidemia del cólera en Haití, la más grave en los últimos años en el mundo, se complicó porque la población aún no se recuperaba del terremoto de enero pasado que dejó unas 230 mil personas muertas (ONU, 2010).

Los resultados del monitoreo en el río La Villa, a través de los años, muestran, que la calidad del agua se ubica en la categoría de aguas regulares o poco contaminadas, con tendencia a mala calidad. En los últimos años, se aumentaron los sitios de muestreo en la cuenca del río La Villa y se incluyeron los ríos Esquiguita, Gato, Estivaná y Pesé, cuyos resultados confirman que la calidad de agua en toda la cuenca está afectada. La mayoría de los ríos en la cuenca del río La Villa presentaron elevadas cantidades de coliformes fecales, coliformes totales, DBO_2 y sólidos totales suspendidos, lo que indica que la contaminación se debe principalmente a influencia orgánica (ANAM, 2009).

El Departamento de Protección y Ambiente de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) expresó que, con el paso de los años, la contaminación del río La Villa se incrementa, sobre todo en la parte baja de la cuenca, donde está la mayor can-

tidad de la población, debido a la descarga de 2.2 millones de galones de aguas negras diarias sin ningún tratamiento. Un estudio realizado por la empresa Arden & Price Consulting, en el año 2002, revela que las aguas negras de los distritos de Macaracas, Pesé, La Villa y Chitré no están siendo tratadas y son enviadas directamente al río. Otro factor contaminante de sus aguas son los vertederos adyacentes a la cuenca: el de Las Minas, La Villa, Macaracas y Chitré.

El objetivo planteado para esta investigación fue evaluar la presencia de bacterias patógenas (*Vibrio spp.* y *Salmonella spp.*) asociadas a indicadores coliformes de contaminación del agua, en la parte media y baja del río La Villa, en las épocas seca y lluviosa.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de investigación y diseño

En este estudio se utilizó un diseño completamente al azar, de tipo descriptivo expofacto, realizándose en dos épocas del año: seca y lluviosa; y en los puntos medio y bajo del río.

Para este estudio se eligieron diferentes puntos de muestreo a lo largo de la cuenca del río La Villa, específicamente la parte media y baja. Tomando como puntos de referencia en la parte media, las comunidades de Los Olivos y Chupá, y en la parte baja la represa La Nestlé en La Villa de Los Santos. Estos sitios fueron muestreados en dos épocas o campañas, abril a mayo (época seca) y julio a agosto (época lluviosa) del 2011.

En cada punto de muestreo se tomó un total de 6 muestras de agua semanalmente con sus respectivas replicas: 3 para los indicadores microbiológicos y 3 para los patógenos. Esto dio un total de 36 muestras de agua por semana, totalizando 108 muestras por campaña y 216 entre las 2 épocas. En cada punto de muestreo se evaluaron parámetros físicos, como pH y turbiedad.

2.2. Hipótesis de investigación

Ha: Existe una relación en cuanto a nivel, época de muestreo, parámetros físicos e indicadores microbiológicos asociados al aislamiento de bacterias patógenas, como los son *Vibrio spp.* y *Salmonella spp.*

Ho: No existe una relación en cuanto a nivel, época de muestreo, parámetros físicos e indicadores microbiológicos asociados al aislamiento de bacterias patógenas como los son *Vibrio spp.* y *Salmonella spp.*

2.3. Metodología de campo

Se procedió a realizar la toma de las muestras tal como lo describe y estipula la Organización Mundial de la Salud (OMS); esto involucra transporte del equipo de muestreo, toma de apuntes, envases estériles para las muestras y la medición de parámetros físicos como pH y turbiedad.

Las muestras se tomaron sumergiendo el frasco cerrado, con la boca hacia abajo, hasta una profundidad de 15 a 30 cm, para evitar los desechos flotantes. Luego se endereza el frasco y se abre, colocando la

boca en contra de la corriente. Hay que tener en cuenta que no se deben tomar las muestras muy cerca de la orilla, ni mucho menos, muy cerca del sedimento del fondo. Esto se utilizó para las muestras de los indicadores coliformes y organismos patógenos. Después, se colocaron las muestras en una nevera que contenía hielo para conservarlas hasta su análisis en el laboratorio.

Para la evaluación de los parámetros físicos de campo (pH y turbiedad) se utilizaron los procedimientos explicados en el seminario taller “Uso de equipo de laboratorio multiparámetros para medir la calidad del agua y el proceso para la toma y manipulación de muestras en las diferentes fuentes de agua”, dictado por el MINSA en el año 2011 para evaluar los parámetros físicos. Para medir el pH se empleó un kit de pH y para la turbiedad un colorímetro portátil DR/850 marca HACH, el cual sirve también para valorar otros parámetros físicos y químicos; ambos equipos fueron proporcionados por el Laboratorio de Calidad de Agua del MINSA.

2.4. Análisis de parámetros microbiológicos

Para los análisis microbiológicos se usó la técnica de membrana filtrante (Clesceri *et al.*, 1995) que consistió en pasar un volumen de 100 mililitros de muestras de agua, la cual fue previamente diluida, en botellas que contenían 99 ml de agua destilada estéril como diluyente, una cantidad de 1 ml, para hacer un factor de dilución de 100. La muestra diluida fue filtrada usando una membrana de acetato de celulosa de

0.45 µm, que atrapa bacterias; posteriormente, la membrana se colocó en sendos platos petris de 65 mm de diámetro de tamaño, sobre un medio de cultivo previamente servido que contenía agar Endo-les, que determina coliformes totales, y también *E. coli*, los platos fueron incubados a 37 °C, por un período de 24 horas. Pasado este tiempo, se procedió a usar un contador para evaluar coliformes que crecían con un color rojo verde brillante y *E. coli*, era positiva a la prueba de indol. Se procedió a cuantificar el total de colonias bacterianas y fueron expresados en unidades formadoras de colonias (UFC) sobre cien mililitros de muestras procesadas, tal como se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{UFC/ml} = \frac{\text{número de colonias} \times \text{el factor de dilución}}{\text{ml de la muestra sembrada}}$$

De igual forma, para el aislamiento de los patógenos, se filtraron 300 ml de una muestra de agua haciéndola pasar por un filtro de acetato de celulosa, para atrapar las bacterias en la membrana, los cuales fueron cultivados en sendos tubos cónicos de centrifugación de 50 ml, con caldo pre-enriquecido como el caldo petonado, para recuperar más células, estos tubos fueron incubado a 37 °C, transcurrido este tiempo, se tomó un mililitro del cultivo crecido y se cultivó en caldos selectivos, incubándose a 42 °C, luego se tomaron, pequeñas alícuotas de los tubos positivos, y fueron estriados, en agares selectivos como agar *Salmonella-Shigela* (SS) (para aislamiento de *Salmonella spp.*), y agar telurito citrato sales biliares-sucrosa (TCBS) (para aislar *Vibrio cholerae*), los cuales se incubaron a

37 °C, por un tiempo de 24 horas. Las colonias sospechosas crecidas en los medios TCBS y agar SS, fueron seleccionadas para aplicar las baterías de identificación, usando pruebas rápidas API 20, para enterobacterias. Los resultados fueron procesados y tabulados.

2.5. Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y test de comparación de medias de Duncan.

3. Resultados y discusión

De acuerdo al objetivo planteado, los resultados encontrados indican que existen diferencias significativas de coliformes totales en función de las épocas (cuadros 1 y 2) donde se señala, claramente, que en la época seca fue donde se determinaron los mayores niveles de unidades formadoras de colonia (UFC) de coliformes totales, igualmente se puede observar en la figura 1.

De manera similar, se pueden hallar diferencias significativas entre los UFC de coliformes totales en relación a los niveles de muestreo en esta investigación, notándose principalmente en el nivel bajo los valores más alto de coliformes totales (cuadros 1 y 2; figura 2).

En cuanto a los muestreos, se observa una diferencia significativa entre los niveles de coliformes totales en los tres muestreos, donde los promedios de los dos últimos muestreos son mayores que en el primero (cuadros 1 y 2; figura 3).

Cuadro 1. Análisis de variancia del efecto de la época, nivel y muestreo con base en la cantidad de UFC.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada	Valor de probabilidad
Época	1	19.8522	19.8500	17.83	<0.0001**
Nivel	1	78.8376	78.8300	70.83	<0.0001**
Coliformes totales	1	106.9324	106.9324	96.07	<0.0001**
Muestreo	2	110.5999	55.2990	49.76	0.0090**
Error	210	233.7537	1.1131		
Total	215	448.9751			

** Existen diferencias altamente significativas (igual o menor a 0.05).
Fuente: Elaborado por el autor.

Cuadro 2. Comparaciones de medias según la prueba de rango múltiple de Duncan para época, nivel, coliformes y muestreo.

Época	Media ⁽¹⁾
Seca	790.7 a
Lluviosa	762.0 b
Nivel	Media
Bajo	1,162.0 a
Medio	390.7 b
Coliformes	Media
Coliformes totales	1,190.7 a
<i>E. coli</i>	362.0 b
Muestreo	Media
1	445.8 b
2	920.8 a
3	962.5 a

⁽¹⁾ Medias de cada factor seguidas de la misma letra no difieren entre sí (p > 0.05), según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.
Fuente: Elaborado por el autor.

Mediante el análisis de comparación múltiple de Duncan, se demostró que los niveles de UFC de coliformes totales para la estación seca es superior a la de la estación lluviosa, así mismo se observa que en

el nivel del río más bajo, su nivel de UFC es significativamente superior al nivel medio; cuando se observa los microorganismos coliformes, se puede indicar que los coliformes totales tienen un promedio superior estadísticamente a *E. coli*. Se encontró una diferencia significativa entre los muestreos, donde los promedios de los dos últimos, de 962.5 en el tercero y 920.8 en el segundo, son mayores que en el primero; sin embargo, entre el segundo y el tercero no existe diferencia significativa.

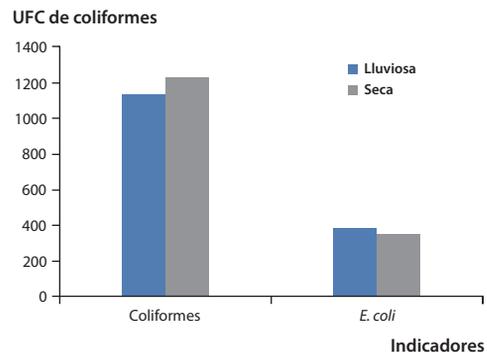


Figura 1. Relación de coliformes totales y *E. coli* en la época seca y lluviosa.
Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

En esta figura 1 se muestra que en la época seca se da el valor más alto de coliformes totales (1238.89 UFC) mientras que, para la época lluviosa se obtienen los promedios más altos de *E. coli* (381.48 UFC). Se observa que no es mucha la diferencia de UFC entre las estaciones, pero sí entre los microorganismos coliformes totales y *E. coli*; esto se comprobó en un estudio realizado en la cuenca del río La Villa en donde se llegó a la conclusión que los coliformes totales se concentran mayormente para la época seca con respecto a la época lluviosa (De La Cruz, 2008).

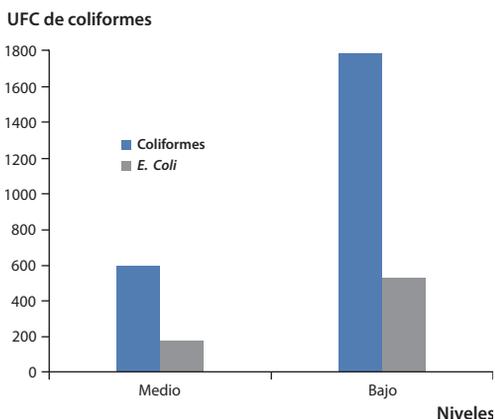


Figura 2. Relación de los coliformes totales y *E. coli* en los niveles medio y bajo del río.
Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

En la figura 2 se observa que el valor de los coliformes totales en el nivel bajo del río es superior al resto (1785.19 UFC); lo mismo ocurre con *E. coli*, solo que con promedio más bajo (538.89 UFC). Ello se encontró en un estudio sobre la cuenca del río La Villa donde se comprobó la diferencia significativa entre los niveles medios y

bajos del río con base en los UFC de coliformes totales, dando como resultado, en el balneario La Taguara, una media de coliformes totales inferior para la época seca con respecto a la época lluviosa. De la misma manera, en la represa La Nestlé, la media de coliformes totales para la época lluviosa fue superior en comparación a la época seca (ANAM, 2009).

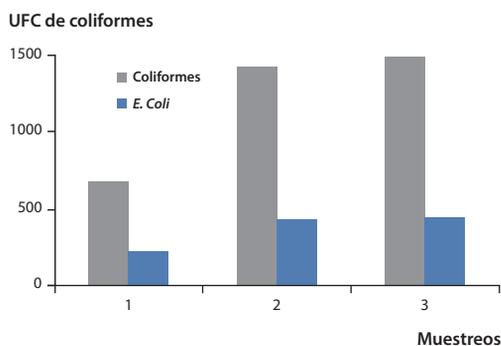


Figura 3. Niveles de los coliformes totales y *E. coli* en cada uno de los muestreos.
Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

Se encontró diferencia significativa entre los niveles de coliformes para cada uno de los muestreos, resultando el muestreo número 3 con los mayores niveles de UFC de coliformes totales (1483.33 UFC) y *E. coli* (441.67 UFC). De esta manera también se encontraron niveles más altos de coliformes totales con respecto a *E. coli* para todos los muestreos.

De acuerdo a este estudio, se plantea si las aguas del río La Villa cumplen con las normas de calidad bacteriológica para agua superficiales. Se puede comprobar que con base en los resultados encontrados, los valores promedios de UFC de coliformes totales

de la época seca para la parte media cumplen con lo establecido en las normas panameñas para aguas continentales y las normas de la OMS, Chile, Comunidad Económica Europea (CEE), Argentina y Canadá; mientras que, en la parte baja del río, los valores promedios de UFC de coliformes no cumplen con las normas anteriormente mencionadas; con excepción de las normas argentinas, que su valor máximo permisible es de 5000 UFC/100 ml.

Con respecto a la época lluviosa, los valores promedios de UFC de coliformes totales en la parte media del río cumple con lo que dictaminan las normas panameñas para aguas continentales y las normas de la OMS, Chile, Argentina y Canadá, mas no así con lo que establecen las normas de la Comunidad Económica Europea (CEE) que establece que el nivel máximo permitido es 500 UFC/100 ml. En la parte baja del río, los valores promedios de UFC de coliformes totales obtenidos son mayores a los límites permisibles establecidos por dichas normas; solo cumple con las normas argentinas.

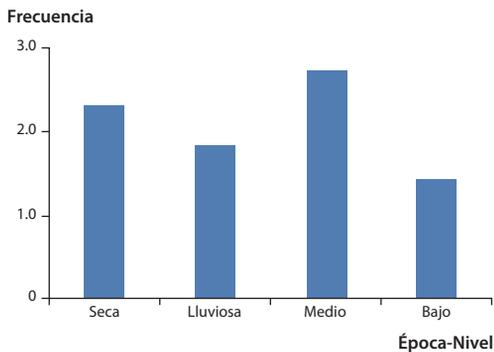


Figura 4. Frecuencia de bacterias patógenas aisladas para época y nivel.

Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

Se puede observar, en la figura 4, que en las dos frecuencias para la época seca y lluviosa el análisis de Chi-cuadrado (χ^2) no encontró suficiente evidencia para indicar que existen diferencias significativas; lo que quiere decir, que el número de bacterias patógenas aisladas fueron similares para ambas épocas. Sin embargo, los niveles de aislamientos fueron muy bajos.

Como se puede constatar en la discusión de los análisis de coliformes con base en nivel, los valores de UFC de coliformes totales en la parte baja del río fueron más altos que en la parte media; no así con la frecuencia de los aislamientos de patógenos, donde en la parte media hubo mayor aislamiento de bacterias patógenas que en la parte baja.

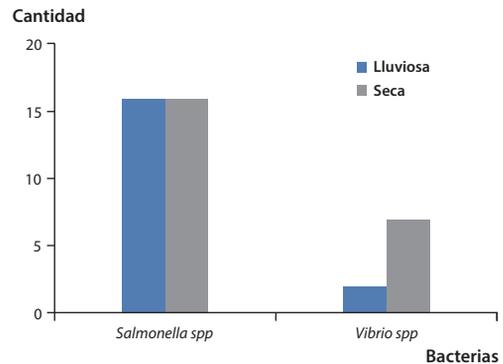


Figura 5. Distribución de la cantidad de bacterias patógenas *Salmonella spp.* y *Vibrio spp.* por épocas.

Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

Se aprecia, en la figura 5, que *Salmonella spp.* no discrimina entre épocas, ya que se obtuvo la misma cantidad de bacterias aisladas; en tanto que *Vibrio spp.* obtuvo un mayor aislamiento durante la época seca en comparación con la lluviosa.

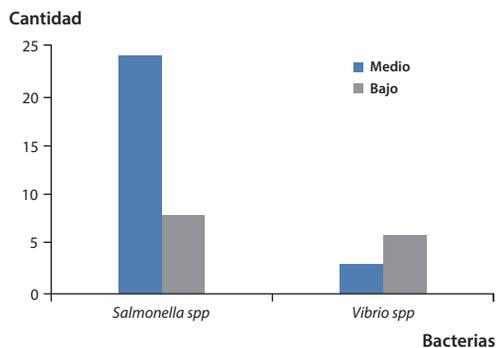


Figura 6. Distribución de la cantidad de bacterias patógenas *Salmonella spp.* y *Vibrio spp.* por nivel del río. Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

En la figura 6, se puede verificar que de todos los aislamientos de bacterias patógenas, el género *Salmonella spp.* fue el que mayormente se encontró para ambos niveles respecto al género *Vibrio spp.*

Cabe resaltar que *Salmonella spp.* es uno de los géneros bacterianos asociados a enfermedades de origen hídrico, ya que son aislados de agua fresca, aguas servidas, agua dulce y agua salada. Estas bacterias son capaces de sobrevivir en gran variedad de condiciones de estrés por largo períodos de tiempo, pueden resistir deshidratación, sobrevivir en el suelo y en el agua, así como en salmuera (Palacios *et al.*, 1999).

No así el género *Vibrio spp.*, que presenta un ciclo de vida libre, formando parte de la microbiota de los ecosistemas acuáticos, mayormente de aguas saladas, en la que a menudo se encuentra asociada como comensal a diversos organismos acuáticos. Se ha descrito que puede adherirse a la quitina de los caparazones de algunos crustáceos y puede colonizar la superficie de algas, fitoplancton, copépodos y raíces de plantas acuáticas.

Además, que el pH alcalino (pH=9) es ideal para la presencia de *Vibrio spp.* (Cowell y Huq, 1994; Faruque *et al.*, 1998).

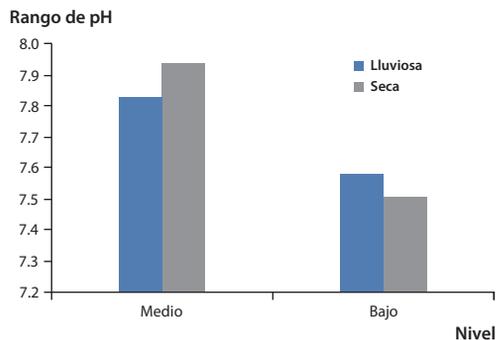


Figura 7. Distribución de pH relacionando el nivel del río con la época. Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

Al relacionar los promedios de pH en las épocas seca y lluviosa con los niveles medio y bajo del río, se puede observar que, en la época lluviosa el promedio de pH es más alto en el nivel bajo; aunque la diferencia no es muy notable en el nivel medio, ocurre lo contrario aquí, el valor más alto es en la época de seca (figura 7).

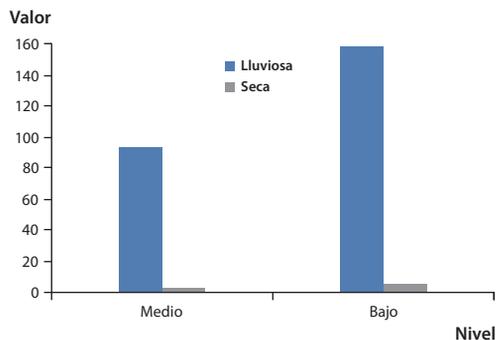


Figura 8. Distribución de turbiedad relacionando nivel del río con época de lluvia. Fuente: Elaborada por el autor, 2012.

A diferencia del pH, en los resultados de turbiedad se encontraron diferencias muy grandes en sus promedios comparando la época lluviosa con la seca, en donde en la época lluviosa se dan los niveles más altos para ambos niveles (figura 8).

Después de haber analizado todas las variables se puede demostrar, que de acuerdo a la hipótesis planteada, la relación época, nivel, parámetros físicos e indicadores microbiológicos específicamente los coliformes totales, sí guardan relación con los patógenos aislados, aunque de forma parcial.

En cuanto a nivel, se puede indicar que se obtuvo la mayor frecuencia de aislamientos patógenos en la parte media, no así para los coliformes totales que su mayor presencia fue en la parte baja. Con respecto a las épocas, la concentración de los indicadores coliformes totales fue mayor en la época seca, pero los organismos patógenos no variaron. Con relación a los parámetros físicos evaluados, el pH no varió entre los niveles ni épocas de estudio; mientras que, la turbiedad varió significativamente, pero no afectó la presencia de coliformes totales ni la frecuencia de aislamientos patógenos.

Cuando se refiere a *E. coli*, se puede observar que su mayor presencia ocurre durante la época lluviosa y en la parte baja; no así con los organismos patógenos que su mayor presencia fue en la parte media y durante la época seca.

Por los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula; la cual dice que no existe una relación en cuanto a nivel, época de muestreo, parámetros físicos e indicadores microbiológicos asociados al aislamiento

de bacterias patógenas como los son *Vibrio spp.* y *Salmonella spp.*

4. Conclusiones

Se puede concluir que no existe una relación en cuanto a nivel, época de muestreo, parámetros físicos e indicadores microbiológicos asociados al aislamiento de bacterias patógenas como los son *Vibrio spp.* y *Salmonella spp.*

Referencias bibliográficas

- American Water Works Association. (2006). *Waterborne Pathogens, AWWA Manual, 19TH Edition, Joint Editorial Board, Washington DC, M48: Vibrio cholera.* pp. 23-28.
- American Water Works Association. (2006). *Waterborne Pathogens, AWWA Manual, 19TH Edition, Joint Editorial Board, Washington DC M48: Salmone-lla.* pp. 107-110.
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2009). *Informe de monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá.* Panamá.
- Cárdenas, L. y W. Pérez. (2010). *Comparación de la remoción de E. coli mediante sistemas de filtración comercial y artesanal.* Tesis de Licenciatura en Biología con Orientación en Microbiología y Parasitología, Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá, Panamá.
- Carrillo, M. y L. Caicedo. (2008). *Validación del método de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar*

- chromocult*. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf>. Consultado el día 24 de abril de 2011.
- Castillo, J. y E. Quintero. (2010). *Evaluación de bacterias heterotróficas en tanques de almacenamiento de agua potable de la región de Azuero durante la época seca y lluviosa*. Tesis de Licenciatura en Biología con Orientación en Microbiología y Parasitología, Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá, Panamá.
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), Centro Nacional de Enfermedades Infecciosas (NCID) y Organización Panamericana de La Salud (OPS). (1994). *Métodos de laboratorio para el diagnóstico de Vibrio cholerae*. Joint Editorial, United States.
- Chacón, C. (1996). *Calidad sanitaria en cuatro transeptos del litoral oeste del lago Cocibolca*. Disponible en: http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/CIRA/Cira0005/04.pdf. Consultado el 21 de noviembre de 2011.
- Clesceris, L., A. Greenberg y R. Trussell. (1995). *APHA-AWWA-WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. México: Ediciones Díaz de Santos.
- Cosme, D. (2012). *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río La Villa*. Tesis de Licenciatura en Biología con Orientación en Microbiología y Parasitología, Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá, Panamá.
- De La Cruz, A. (2008). *Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica de la cuenca del río La Villa, península de Azuero*. Disponible en: <http://www.sibiup.up.ac.pa/bd/Captura/upload/14040008200801.pdf>. Consultado el día 5 de agosto de 2012.
- De La Cruz, A. (2004). *Manual de laboratorio de microbiología ambiental de aguas*. Imprenta Universitaria, Editorial Campus Universitario, Panamá.
- Diario El País. (2010). "El cólera se propaga en Haití «a velocidad explosiva», según la OPS". Disponible en: http://www.elpais.com/articulo/internacional/cólera/propaga/Haiti/velocidad/explosiva/OPS/elpepuint/20101027elpepuint_9/. Consultado el 2 de octubre de 2011.
- Eaton, D., L. Clesceri y A. Greenberg. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19^{na} edición. Washington, DC: American Public Health Association.
- Flores, L. (2003). *Caracterización fenotípica y genotípica de estirpes de salmonella choleraesuis aisladas en ambientes marinos*. Lima, Perú: Universidad Nacional de San Marcos. Disponible en: http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2003/flores_al/pdf/flores_al.pdf. Consultado el 17 de Marzo de 2011.
- González, M. (1997). *Resultados del sistema de vigilancia de Vibrio cholerae en aguas de Cuba*. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/calagua/peru/cubcca003.pdf>. Consultado el 21 de noviembre de 2011.
- Lennette, E., A. Balows, W. Haugler y J. Shadomy. (1985). *Manual of clinical microbiology*. Cuarta edición. Washington, DC: Editorial ASM.

- Mayer, R., I. Pepper y Ch. Gerba. (2009). *Environmental microbiology*. Segunda edición. Tucson, Arizona: Department of Soil, Water and Environmental Science, University of Arizona.
- Mitrovich, C., A. De Gamundi, C. Silva y N. Binsztein. (2010). "Microcrustáceos y *Vibrio cholerae* O1 viable no cultivable (VNC): Resultados en la cuenca del río Salí, Tucumán, Argentina". *Revista Scielo*. 38(1):71-80. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2010000100007&script=sci_arttext. Consultado el 20 de marzo de 2011.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de La Salud. (1987). *Guía para la calidad del agua potable. Volumen 2: Aspectos Microbiológicos*. Editorial Oficina Panamericana de la Salud, Washington. USA.
- Roberts, M. (2011). "El cólera en Haití, lo peor calculado". *BBC Ciencia*. Disponible en: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2011/03/110316_haiti_colera_peor_esperado_lancet_az.shtml. Consultado el 2 de octubre de 2011.
- Valenzuela, M., J. Mantilla y C. Agudelo. (1997). *Detección de Vibrio cholerae No. 01 en algunos ambientes acuáticos de Colombia*. Disponible en: http://www.sci.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-93921997000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=es. Consultado el 21 de noviembre de 2011.
- Valiente, C. y D. Mora. (2005). *Estudio bacteriológico del agua asociado a brotes de diarrea en Costa Rica, 1999-2005*. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/CR02053_Valiente.pdf. Consultado el 20 de noviembre de 2011.

Agradecimientos

Queremos hacer extensivas consideraciones de agradecimiento al Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAAN), así como a la unidad de investigación de la Escuela de Biología, Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá.