



## REVIEWARTICLE /ARTÍCULO DE REVISIÓN

### *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* AN ADDITIONAL INDICATOR OF DRINKING WATER QUALITY: A SOUTHAMERICAN BIBLIOGRAPHIC ANALYSIS

### *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* UN INDICADOR COMPLEMENTARIO DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO A NIVEL DE SUDAMÉRICA

Leisy García<sup>1</sup> & José Iannacone<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Ecofisiología Animal. Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV) - Facultad de Ciencias Biológicas.

<sup>2</sup> Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@gmail.com

The Biologist (Lima), 2014, vol. 12 (1), jan-jun, 133-152.

#### ABSTRACT

Knowing the microbiological quality of water is of great importance since there is a risk of consuming water contaminated with pathogenic bacteria, protozoa and other microorganisms from feces of humans and animals. Water for drinking is considered one that has no chemicals, physical and microbiological processes that alter its composition or they can have a negative impact on public health. Water quality from the microbiological perspective is evaluated by means of indicator bacteria. Thus, whereas the group of coliform bacteria is used as a general indicator of water quality monitoring, other microorganisms have been proposed for use as supplementary indicators, such as *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter, 1872) Migula, 1900. Not all standards of drinking water quality in South American countries consider this bacterium within its parameters to evaluate, so in this paper we will review the use of *P. aeruginosa* as a complementary indicator to Coliform for the microbiological assessment of drinking water. The results indicated that the detection method used by most researchers is NMP with more studies from Argentina and Venezuela. Countries that consider *P. aeruginosa* as a required parameter in water quality are Argentina and Uruguay.

**Keywords:** *Pseudomonas aeruginosa*, drinking water, indicator, South America, water quality.

#### RESUMEN

Conocer la calidad microbiológica del agua es de gran importancia, dado que hay el riesgo de consumirla contaminada con bacterias patógenas, protozoarios y otros microorganismos provenientes de las heces fecales de humanos y animales. El agua considerada potable es aquella que no posee elementos químicos, físicos o microbiológicos que alteren su composición ni que puedan causar un impacto negativo en la salud pública. La calidad del agua desde el punto de vista microbiológico, se evalúa por medio de bacterias indicadoras. Así, el grupo de bacterias coliformes se aplica como indicador general de monitoreo de calidad del agua; pero también se han propuesto otros microorganismos para ser usados como indicadores complementarios, tal es el caso *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter 1872) Migula 1900. No todas las normas de calidad de agua potable en los países de Sudamérica contemplan esta bacteria dentro de sus parámetros a evaluar; es así que en el presente trabajo se ha hecho una revisión bibliográfica del uso de *P. aeruginosa* como indicador complementario a los coliformes para la calidad microbiológica del agua potable. Los resultados indicaron que el método de detección más usado por investigadores es el de NMP y que los países con mayor estudios son Argentina y Venezuela. Los países que consideran a *P. aeruginosa* como parámetro obligatorio en la calidad de agua son Argentina y Uruguay.

**Palabras clave:** agua potable, calidad de agua, indicador, *Pseudomonas aeruginosa*, Sudamérica.

## INTRODUCCIÓN

La actividad humana, ha hecho que se aumente el ingreso de la materia orgánica al sistema hídrico acelerando el proceso de eutrofización. Uno de los resultados de este proceso es el crecimiento de microorganismos no usuales en aguas limpias, como las de origen fecal, deteriorando la calidad del agua y produciendo un posible riesgo para la salud humana (Prosperi 2002, Yassin *et al.* 2006, Reasoner 2012).

Para establecer criterios de calidad de agua se llevan a cabo estudios cuidadosos que permiten fijar valores-guía en la estimación de los parámetros más significativos para evaluar su calidad (Prosperi 2002, OMS 2004, Mora 2006, Torres *et al.* 2009). Los microorganismos indicadores de contaminación están siendo utilizados como elementos clave en la determinación y control de la calidad del agua debido a que funcionan como signos de advertencia de cambios o alteraciones en el agua. Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir ciertos requisitos como ser fáciles de aislar y crecer en el laboratorio, ser relativamente inoocuos para el hombre y animales. Se han determinado microorganismos indicadores de la calidad de agua como bacterias, virus, protozoos, helmintos y cianobacterias (Apella & Araujo 2005).

Los microorganismos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y su abundancia y diversidad pueden utilizarse como indicadores de idoneidad del agua (Popko *et al.* 2006). Se han establecido indicadores microbiológicos que indiquen la calidad del agua potable, entre estos están: los coliformes totales, coliformes termotolerantes (anteriormente denominados fecales) y *Escherichia coli* (Migula, 1895) Castellani & Chalmers, 1919. Entre otros microindicadores de la calidad de agua potable tenemos:

Protozoarios (Bracho *et al.* 2007, Díaz *et al.* 2007a, Solarte *et al.* 2006, Cermeño *et al.* 2008, Pérez *et al.* 2008). Los protozoos más conocidos en las heces humanas son: *Giardia lamblia* Kunstler, 1882, *Entamoeba histolytica* (Schaudinn, 1903) Emended Walker, 1911, *Cryptosporidium* sp. y *Balantidium coli* (Malmsten, 1857) (Rodney 2001, Alarcon *et al.* 2005, Díaz *et al.* 2003, Solarte *et al.* 2006, Aurazo 2009, Vásquez & Campos 2009, Molina *et al.* 2010, Rodríguez & Royo 2012).

Las Cianobacterias, llamadas tradicionalmente algas verdes-azuladas son muy comunes en los lagos y reservorios usados para agua potable. Estas bacterias son capaces de producir dos tipos de toxinas ampliamente conocidas: las hepatotoxinas (producidas por *Microcystis*, *Oscillatoria* y *Anabaena*) y las neurotoxinas (producidas por *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Cylindrospermum*). Las toxinas pueden producir gastroenteritis en la población y las hepatotoxinas pueden ocasionar muerte por *shock* (Villén *et al.* 2008).

Los Coliformes Totales son un grupo de microorganismos que comprenden varios géneros de la familia Enterobacteriaceae. Este grupo de microorganismos se encuentra ampliamente difundido en la naturaleza, agua y suelo, además, son habitantes normales del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente (Aurazo 2009). El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gram negativos aerobios o anaerobios facultativos, oxidasa negativa, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h a 35°C ± 1°C. Este grupo está conformado por cuatro géneros principalmente: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*, también en algunos casos se puede considerar a *Serratia* (Grüber & Mata 2010).

Los Coliformes Termotolerantes, antes denominados coliformes fecales, presentaron

un cambio de nombre debido a que se demostró que en el grupo de coliformes que se detectaban en siembras incubadas a temperaturas de 44,5 °C y en medios de cultivo específicos, sólo una parte del grupo eran bacterias de origen fecal. Son bacterias Gram negativas, aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa en forma de gas cuando en un medio de cultivo se incuban a 44-45 °C. Se les puso entonces el nombre de bacterias coliformes termotolerantes debido a la alta temperatura de incubación (44,5 °C) en la cual se obtenía un óptimo desarrollo. En el grupo de bacterias termotolerantes están incluidos los géneros *Escherichia* y especies de *Klebsiella*.

*Escherichia coli*, es considerada como un organismo indicador de contaminación fecal. Se ha demostrado que esta bacteria siempre está presente en un número elevado en las heces de humanos y animales de sangre caliente y comprende casi 95% de los coliformes en las heces (Méndez 2004). *Escherichia coli* es un bacilo corto Gram negativo capaz de fermentar lactosa a una temperatura de 44°C y 44,5°C. Se caracteriza por poseer las enzimas -galactosidasa y -glucoronidasa, es indol positivo y tiene un origen específicamente fecal; se encuentra

clasificado dentro de la familia Enterobacteriaceae (bacterias entéricas), existe como comensal en el intestino grueso de humanos y animales y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal. Hay algunas cepas de *E. coli* patógenas que provocan enfermedades diarreicas. Estas *E. coli* se clasifican con base a las características que presentan sus factores de virulencia únicos, cada grupo provoca la enfermedad por un mecanismo diferente. Las propiedades de adherencia a las células epiteliales de los intestinos grueso y delgado son codificadas por genes situados en plásmidos. De manera similar las toxinas son mediadas por plásmidos o fagos. Este grupo de bacterias se encuentra constituido por las siguientes cepas: *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), *E. coli* enteropatógena (EPEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC) y *E. coli* enteroadherente difusa (DAEC). Existen otras cepas que no han ido adecuadamente caracterizadas; de las cepas anteriores, las cuatro primeras están implicadas en intoxicaciones causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados (Tabla 1) (Nataro & Kaper 1998, Cortés *et al.* 2002, OMS 2004, Camacho *et al.* 2011).

**Tabla 1.** Propiedades y síntomas causados por algunas cepas de *E. coli* patógenas (Camacho *et al.* 2011). *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), *E. coli* enteropatógena (EPEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) y *E. coli* enteroinvasiva (EIEC).

	ETEC	EPEC	EHEC	EIEC
Toxina	Lábil/estable	-	Shiga o vero	-
Invasiva	-	-	-	+
Intiminas	-	+	+	-
Enterohemolisina	-	-	+	-
Aspecto de las heces	Aguadas	Aguadas sanguinolentas	Aguadas muy sanguinolentas	Mucoides y sanguinolentas
Presencia de leucocitos en heces	-	-	-	+
Fiebre	Baja	+	-	+
Intestino involucrado	Delgado	Delgado	Colon	Colon y parte baja del delgado
Dosis infectiva	Alta	Alta	Baja	Alta
Serotipos	Varios	O26, O111 y otros	O157:H7, O26, O111 y otros	Varios

El recuento en placa de bacterias heterotróficas detecta una amplia variedad de microorganismos, principalmente bacterias que son indicadoras de la calidad microbiológica general del agua. Estas bacterias indican un deterioro de la calidad de agua en la red. Para su determinación se emplean pruebas sencillas y de bajo costo. Los métodos son el vertido en placa, la difusión en superficie y el FM (Filtro de membrana). Se emplea un medio de cultivo rico en nutrientes, como el Plate Count agar, y la incubación se realiza durante 48 h a 35 °C (De la Cruz 2010).

Los Enterococos constituyen un grupo de estreptococos fecales que incluye *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. gallinarum* y *S. avium*. Se diferencian de los otros estreptococos por su capacidad para crecer en presencia de 6,5% de cloruro de sodio, a pH 9,6, entre 10 y 45°C. Son bacterias esféricas, Gram positivas, fisiológicamente relacionadas con las bacterias lácticas que dan negativa la prueba de la catalasa (Méndez 2004). Como tienen requerimientos nutricionales más complejos que otras bacterias difícilmente se multiplican en el agua aunque resisten mejor la cloración que *E. coli* (OMS 2004). Los enterococos también son indicadores fecales, y para su análisis se emplean pruebas de cultivo en una serie de tubos de medio selectivo (caldo glucosa azida) para determinar el NMP (Número más Probable) y el FM (agar mE, etc), siendo confirmado por repiques en agar bilis esculina u otro medio especial, además de la prueba de catalasa y la coloración de Gram (Pérez *et al.* 2010). Los enterococos son indicadores que permiten determinar el grado de la contaminación fecal. Una relación entre el número de coliformes termotolerantes y el número de enterococos, mayor que cuatro indica contaminación fecal humana, mientras que si es menor que uno sugiere otra fuente (Suárez 2002, Carrillo 2003).

Además de los indicadores microbiológicos

mencionados en este trabajo, existen otros que son considerados también para la calidad del agua potable; entre estos se pueden mencionar a: Helmintos parásitos como: *Ascaris lumbricoides*. Bacterias como: *Vibrio cholerae*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica*, *Flavobacterium*, *Aeromonas* y *Acinetobacter*. Virus y colifagos como: *Enterovirus*, *Rotavirus*, *Adenovirus* y el *Bacteroides fragilis* (Díaz *et al.* 2007b, OMS 2004, Aurazo 2009).

*Pseudomonas*, se incluye dentro del grupo general de microorganismos quimioheterótrofos aeróbicos Gram negativos. Son Bacilos flagelados, su tamaño oscila entre 0,5 - 1 µm de ancho por 1,5 - 4 µm de largo. Debido a que no fermentan la glucosa, se les conoce como no fermentadores, al contrario de las enterobacterias que si lo fermentan. *Pseudomonas* puede multiplicarse en aguas que contengan tan solo cantidades mínimas de nutrientes, y son capaces de utilizar una amplia variedad de fuentes de carbono y nitrógeno para crecer en diversos ambientes (Castillo *et al.* 2009).

*Pseudomonas aeruginosa* produce dos pigmentos útiles como son la pioquina, que puede colorear de azul-verdoso y la pioverdina (fluorescencia), pigmento amarillo verdoso que presenta fluorescencia bajo la luz ultravioleta, propiedad que puede usarse en la identificación temprana de dicho microorganismo (Ruíz 2007, Castillo *et al.* 2009). *P. aeruginosa* pertenece a la familia *Pseudomonadaceae* y es un bacilo con un flagelo polar. *P. aeruginosa*, al igual que otras *Pseudomonas* fluorescentes, produce catalasa y oxidasa, así como amoniaco a partir de la arginina, y puede utilizar citrato como única fuente de carbono (Carrillo 2003). Estas bacterias pueden multiplicarse en el agua tratada. Tienen una resistencia al cloro entre leve y moderada y no tienen reservorio animal (Reilly & Kippin 2000, Chaidez 2002, OMS

2004). Muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos, lo que puede aumentar su relevancia en el ámbito hospitalario (Cortés 2000, OMS 2004, Luján *et al.* 2008). La importancia de *Pseudomonas* se tornó mayor, cuando se comprobó su capacidad de inhibir los coliformes, siendo los indicadores de contaminación de agua más usados en el mundo, y se corre un gran riesgo de consumir agua con índice de coliformes cero, los cuales podrían estar inhibidos por *Pseudomonas* (Soares *et al.* 1996, Vaconcelos *et al.* 2010).

La presencia de bacterias oportunistas patógenas en agua potable es un problema latente en la población debido a que pueden causar múltiples enfermedades, siendo los más afectados los inmunodeficientes, recién nacidos y personas de la tercera edad (Chaidez 2002). Los estudios tienden más a preocuparse por los agentes que causan trastornos gastrointestinales y que dejan en un plano secundario a aquellos agentes transmitidos por el agua que causan infecciones en heridas: en los ojos, oídos, nariz, garganta u otras infecciones generalizadas en el cuerpo, como es el caso de *Pseudomonas* (Rosales & Arévalo 2008).

En *P. aeruginosa* se han realizado varias investigaciones:

Calderón & De Benedetti (1976) señalan el hallazgo de *P. aeruginosa* en balones de agua destilada de hospitales y su presencia en reservorios de agua potable (tanques domiciliarios, tanques cisterna, depósitos de medios de transporte) con mayor frecuencia y en concentraciones más elevadas que las detectadas en los sistemas de distribución.

Brown (1978) investigó a *E. coli* y *P. aeruginosa*, en aguas dulces, residuales domésticas y de hospitales, y encontraron que en excretas de diferentes animales no se registró a *P. aeruginosa*, pero si en las excretas humanas, lo que demuestra que este organismo se encuentra relacionado con efluentes de

fuentes humanas (Cabelli 1976, Marchand 2002).

Robertson & Tobin (1983), al evaluar *P. aeruginosa*, concluyeron que es un indicador complementario a coliformes totales y termotolerantes en aguas; además de estar más asociado, en comparación con los coliformes, a residuos fecales humanos más que de animales. En Canadá, bacteriólogos que tradicionalmente utilizaban coliformes totales, coliformes termotolerantes y estreptococos fecales como indicadores bacteriológicos de calidad del agua, comenzaron a determinar a *P. aeruginosa* para garantizar la calidad microbiana del agua (Marchand 2002).

Torres (1991) evaluó la resistencia de *P. aeruginosa* al cloro obteniendo que la presencia de *P. aeruginosa* en el agua potable es de alto riesgo para la salud, en especial de los neonatos, de los pacientes hospitalizados e inmunodeficientes.

Contreras *et al.* (1996) compararon el establecimiento poblacional de *P. aeruginosa* y coliformes termotolerantes en agua de consumo humano, encontrando un aumento en la proporción de *P. aeruginosa* y coliformes termotolerantes.

Reilly & Kippin (2000) demostraron que *P. aeruginosa* es capaz de sobrevivir y multiplicarse en aguas tratadas, esto es debido a una densa capa polisacárida que establece una barrera no solo física, sino química capaz de proteger a la bacteria de las moléculas e iones de cloro libre residual.

Arcos *et al.* (2005) estudiaron los principales bioindicadores microbiológicos para la calidad del agua y observaron la presencia de coliformes en gran número; sin embargo se encontraron otras bacterias que en muchos casos que no se consideraron dentro del estudio de aguas, como es el caso de *S. faecalis* (Andrewes & Horder) Schleifer & Kilpper-Balz, *Clostridium perfringens* (Veillon &

Zuber) Hauduroy, *Pseudomonas*, entre otras. Iramain *et al.* (2005) estudiaron la presencia de *P. aeruginosa* en agua y leche cruda, teniendo como resultado que todos los establecimientos y tanques de muestreo presentaron esta bacteria. Diaz *et al.* (2007b) investigaron la calidad de las aguas embotelladas en Venezuela, y determinaron que en muchas de las muestras analizadas había presencia de *Pseudomonas*, siendo esta agua un peligro potencial para la población que la consume.

Vidal *et al.* (2009) en sus estudios de evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Colombia, encontraron que en una de las marcas envasadoras había presencia de *P. aeruginosa* formando biopelículas.

Son pocos los países de Sudamérica que contemplan dentro de sus normativas a *P. aeruginosa* como un indicador más de calidad de agua potable; basado en esto, se ha realizado una revisión y sistematización de la información de la situación actual en Sudamérica del uso de *P. aeruginosa* como indicador de la calidad del agua potable, debido a que es un indicador complementario a coliformes totales y termotolerantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Materiales:** La búsqueda se realizó a través de google académico de la página uno hasta la página 15, en revistas electrónicas de SciElo (Scientific Electronic Library Online) Perú, SciElo Venezuela, SciElo Argentina, SciElo Chile, SciElo Ecuador, SciElo Bolivia, SciElo Colombia, SciElo Uruguay, SciElo Brasil, SciElo Paraguay; Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal), Science Direct, Dialnet, Ebsco, DOAJ (Directory of Open Access Journals). Páginas web: EPA (United States Environmental Protection Agency), BVSDE

(Biblioteca Virtual de Desarrollo sostenible y Salud ambiental) y OMS (Organización Mundial de la Salud).

En tesis como: Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana, Calidad bacteriológica del agua potable envasada comercialmente. Ciudad Bolívar 2009 – 2010, Calidad bacteriológica del agua potable de camiones cisterna-ciudad Guayana, estado Bolívar junio-julio 2010 y Bacteriología del agua potable – anexo pediátrico hospital “Dr. Raúl Leoni” - San Felix, Bolívar enero-febrero 2010.

**Procedimiento:** Se buscó la información principal utilizando las siguientes palabras claves en español: *Pseudomonas aeruginosa*, calidad de agua, indicadores microbiológicos, agua potable, límites permisibles y métodos de análisis. De igual forma se buscó información utilizando las siguientes palabras claves en inglés como: *Pseudomonas aeruginosa*, Water quality, drinking water, methods of analysis and microbiological indicators of water. Se buscó información sobre *Pseudomonas aeruginosa*, sus métodos de análisis y sus límites permisibles para evaluar la calidad de agua potable en países como: Venezuela, Brasil, Colombia, Ecuador, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Argentina, Chile y Perú. Luego de realizarse la búsqueda, la información obtenida fue contabilizada y ordenada en tablas separandolas en rubros como: País, Parámetro, Unidad, para indicar los valores máximos permisibles de los indicadores que consideran los países en sus normas acerca de la calidad de agua potable; así mismo se separaron los estudios de coliformes y *Pseudomonas* realizados por país para conocer el estado de *P. aeruginosa* como indicador de calidad de agua potable a nivel de Sudamérica. Para un mejor análisis de la información, se consultaron libros y manuales especializados. La evaluación se realizó hasta noviembre del 2012.

## RESULTADOS

Luego de la búsqueda bibliográfica se encontró un total de 30 estudios de investigación a nivel de Sudamérica sobre el empleo de *P. aeruginosa* como indicador complementario de agua potable en

Sudamérica.

Métodos de análisis

Entre los métodos de detección y análisis más utilizados para la detección de coliformes en agua potable, son el NMP por fermentación de tubos múltiple y el de FM (Tabla 2).

**Tabla 2.** Comparación entre NMP (Número más probable) y FM (Filtro de membrana) para coliformes totales y termotolerantes (Bastidas 2009, Rodríguez *et al.* 2009, Estupiñan *et al.* 2010, APHA 2012).

	Número más probable (NMP)	Filtración por membrana (FM)
Fases	- Presuntiva - Confirmativa	- Solo una
Principales materiales a usar	- Tubos de ensayo con tubos Durham, pipetas	- Placas petri, membranas de celulosa con porosidad de 0,45 $\mu$ m, embudo de filtración y pinzas
Medios de cultivo	- Caldo Lauril Triptosa. (Fase presuntiva). - Caldo Lauril verde Brillante 2% (Fase confirmativa coliformes totales.). - Caldo EC (Fase confirmativa coliformes termotolerantes)	- Agar m-Endo Les (coliformes totales.). - Agar m-FC (coliformes termotolerantes.)
Temperatura Incubación (°C)	- Coliformes totales: 35 $\pm$ 0,5 (incubadora) - Coliformes termotolerantes: 44,5 $\pm$ 0,2 (baño termostático)	- Coliformes totales: 35 $\pm$ 0,5 (incubadora) Coliformes termotolerantes: 44,5 $\pm$ 0,2 (baño termostático)
Horas de incubación	- Caldo Lauril triptosa: 24-48h. - Caldo Lauril verde brillante: 24-48h - Caldo EC: 24 h	- Agar m-Endo Les y Agar m-FC: 24h.
Lecturas	- Observar formación de crecimiento y gas en los tubos durham	- Observar la formación de colonias rojas con brillo metálico en agar m-Endo Les (Coliformes totales) y colonias azules en agar m-Fc (coliformes termotolerantes)
Límite de detección	- < 1,8 NMP-100 mL <sup>-1</sup> .	- < 1 UFC-100 mL <sup>-1</sup> .
Interpretación de Resultados	- Observar el valor de la combinación de tubos positivos en la tabla de NMP-100 mL <sup>-1</sup> . - El resultado se reporta como NMP-100 mL <sup>-1</sup> .	- Lecturas de las colonias se dan en unidades formadoras de colonias (UFC). - El resultados se reporta como UFC-100 mL <sup>-1</sup> .

Entre los métodos de análisis más usados para detectar *P. aeruginosa* en agua potable están NMP (Número Más Probable) y filtración por membrana (FM).

El NMP por fermentación de tubos múltiple emplea para la prueba presuntiva el Caldo

Asparagina (doble y simple concentración) se procede de la misma forma que la técnica para coliformes. Para la prueba confirmativa se inocula en el Caldo Acetamida o Agar Acetamida (APHA 2012). Se consideran *P. aeruginosa* confirmadas, aquellos tubos donde en la confirmación se observó el crecimiento a

41,5°C en agar cetrimida, producción de pirocianina y la positividad de las pruebas de catalasa y oxidasa (De Luca *et al.* 2002, Villegas *et al.* 2012). De las cepas positivas se calcula el NMP registrándose como NMP·100 mL<sup>-1</sup> de *P. aeruginosa*.

En la técnica de MF, existe una primera prueba presuntiva, la cual consiste en filtrar 100 mL de agua a través de una membrana de porosidad de 0,45 µm y se coloca la membrana sobre agar M-PA. Las colonias típicas de *P. aeruginosa* son de 0,8 a 2,2 mm en diámetro, son colonias planas con centro color marrón verdoso. Para la confirmación de estas colonias se usa el agar leche. *Pseudomonas aeruginosa* hidroliza la caseína y produce un pigmento difusible verde amarillento (APHA 2012). Otros autores indican que para el método de filtración se debe usar el medio de cultivo Agar de King (Ruíz 2007, De la Cruz 2010).

Actualmente en el mercado existen métodos rápidos que se ofrecen en “kits” y por mecanismos de detección más rápidos y de mayor costo para *P. aeruginosa*. Pseudalert® es un dispositivo que detecta la presencia de *P. aeruginosa* en muestras de agua embotellada, de piscinas o balnearios. Otro método que permite la detección rápida de *P. aeruginosa* es el inmunoensayo visual 3<sup>TM</sup> Tecra<sup>TM</sup>, que es una prueba rápida de ELISA que detecta la presencia de *Pseudomonas* spp. en aguas, productos alimenticios y cosméticos (IDEXX 2013, TECRA 2013).

#### Normatividad

Para evaluar mejor el estudio de *P. aeruginosa* en agua potable, se buscaron las normas de calidad de agua potable de los países pertenecientes a Sudamérica y a continuación se describen dos cuadros resumen (Tablas 3 y 4), donde se detallan los valores máximos permisibles que indican las normas de cada país.

**Tabla 3.** Normas Técnicas sobre calidad de agua en 10 países de Sudamérica.

País	Norma técnica
Argentina	- Normas oficiales para la calidad del agua Argentina. 1994. Disposiciones de la ley 18284 (Código Alimentario Argentino).
Bolivia	- Norma Boliviana NB 512. 2004.
Brasil	- Portaria. 2004.
Chile	- Norma Chilena oficial NCh409/1.Of 2005.
Colombia	- Norma Técnica Colombiana 813. 1994.
Ecuador	- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108.
Paraguay	- Norma Paraguaya NP 24 001 80. 2001.
Perú	- Decreto supremo N° 031-2010- SA. - Resolución Ministerial 2008
Uruguay	- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas UNIT 833:2008.
Venezuela	- Normas Sanitarias de calidad del agua potable 1998.

**Tabla 4.** Valores máximos permisibles (UFC·100 mL<sup>-1</sup>) de las bacterias indicadores de agua potable en los países de Sudamérica.

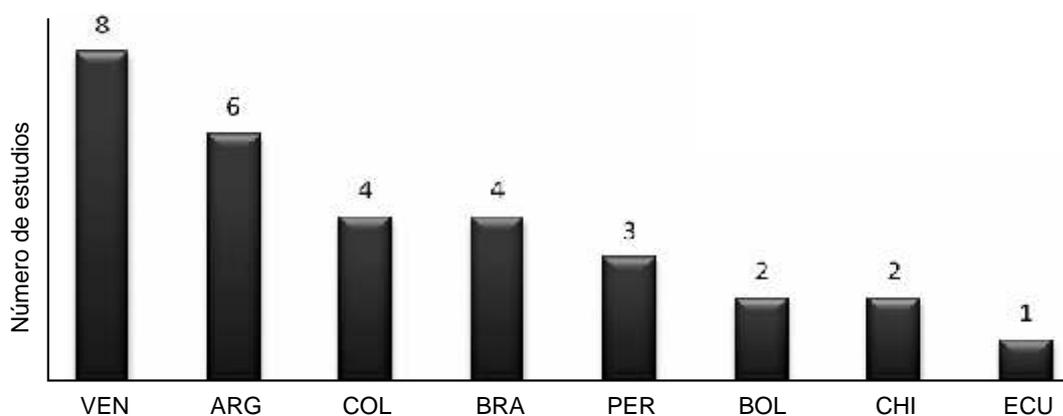
Parámetro	Estándares de la calidad de agua potable en los países de Sudamérica										
	OMS	ARG	BOL	CHI	COL	BRA	ECU	PAR	PER	VEN	URU
Coliformes totales	0	3 NPM·100 mL <sup>-1</sup>	0	0	0	0	<2(**)	0	0(*)	0	0(*)
Coliformes termotolerantes	0	N.I.	0	0	0	0	<2(**)	0	0(*)	0	0(*)
<i>E.coli</i>	0	0	0	0	0	0	N.I.	0	0(*)	N.I.	0(*)
Bacterias heterotróficas	N.I.	500	500	N.I.	N.I.	500	100	N.I.	500	100	500
<i>P. aeruginosa</i>	N.I.	Aus. en 100 mL	0	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	(***)	N.I.	Aus. en 100 mL

UFC = Unidad formadora de colonias. (\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml. (\*\*) <2 significa que en una serie de 9 tubos por NMP ninguno es positivo. (\*\*\*) Aunque el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano no considera a *P. aeruginosa* como parámetro de la calidad de agua, la Norma Sanitaria que Establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, indica que para las aguas embotelladas no debe haber presencia de *P. aeruginosa* en 100mL. ARG=Argentina. BOL= Bolivia. CHI=Chile. COL= Colombia. BRA=Brasil. ECU=Ecuador. PAR=Paraguay. PER=Perú. VEN=Venezuela. URU=Uruguay.

Como se observa en la Tabla 4, sólo son dos los países que consideran a *P. aeruginosa* dentro de sus normas de calidad de agua potable (Argentina y Uruguay), los países restantes solo evalúan la calidad del agua potable en base a la cantidad de coliformes totales, termotolerantes y en ocasiones consideran a las bacterias heterotróficas. Todos los países a excepción de Argentina, establecen que el agua potable es apta para consumo humano cuando hay ausencia de coliformes totales, termotolerantes y un máximo de 500 UFC·mL<sup>-1</sup> de bacterias

heterotróficas. El código alimentario Argentino, sin embargo, establece que en el agua potable puede hallarse un máximo de 3 NMP·100mL<sup>-1</sup> de coliformes totales pero ausencia total de *E. coli* en 100 mL, así mismo no debe haber presencia de *P. aeruginosa* en 100 mL de agua.

Se obtuvieron 30 estudios de la calidad de agua potable donde incluyen a los coliformes y a *P. aeruginosa*, la distribución de los estudios por país se detalla a continuación en la figura 3.

**Figura 3.** Distribución de los estudios encontrados sobre la calidad de agua potable en ocho países de Sudamérica, basado en 30 estudios. VEN = Venezuela. ARG = Argentina. COL = Colombia. BRA = Brasil. PER = Perú. BOL = Bolivia. CHI = Chile. ECU = Ecuador.

No se pudo encontrar estudios en Paraguay, ni Uruguay. El país que presentó más estudios fue Venezuela con un 27% del total, de los cuales tres estudios eran tesis de grado para Licenciatura de diversas especialidades. Seguidamente está Argentina con 20%, seguido de Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Chile y Ecuador (Fig.3).

En la figura 4 se observa el avance de los estudios encontrados a lo largo de los años, se observa que en los últimos años la investigación sobre calidad de agua fue mayor.

A continuación se detallan los países, autores y parámetros en la evaluación en agua potable (Tabla 5).

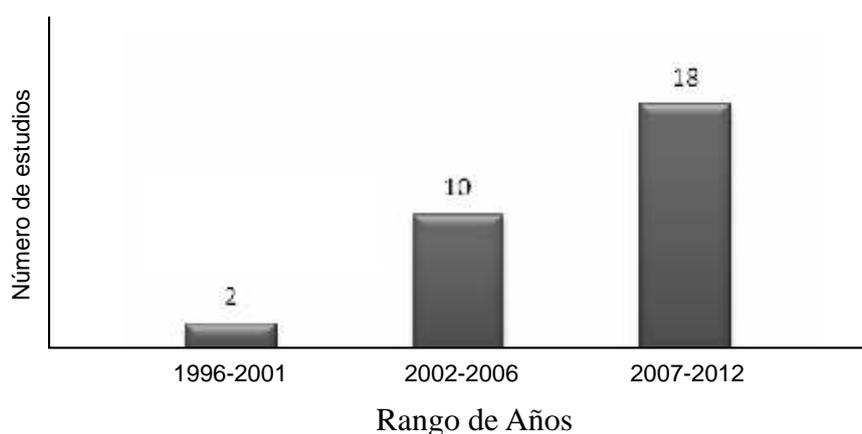


Figura 4. Distribución de los estudios sobre *Pseudomonas* en agua potable en Sudamérica.

Tabla 5. Lista de principales autores en ocho países de Sudamérica que han contribuido al estudio de Coliformes y *P. aeruginosa* en agua potable.

Parámetro	ARG	BOL	CHI	COL	BRA	ECU	PER	VEN
								Silva <i>et al.</i> (2004)
CT y CTT		Rodríguez <i>et al.</i> (2009).	Bastidas* (2009)	Estupiñan <i>et al.</i> (2010)	Leal <i>et al.</i> (2011)			Madrazo & Iriarte (2015)
		Lucra <i>et al.</i> (2002)	Rivera <i>et al.</i> (2010)	Avila & Estupiñan (2011)	Silva <i>et al.</i> (2012)	Arriaga (1996)	Carreño (2009)	Rojas <i>et al.</i> (2012)
	Iramain <i>et al.</i> (2005)							
<i>P. aeruginosa</i>	Lösch <i>et al.</i> (2005)				Maciel <i>et al.</i> (2006)			
								Iriarte & Gómez (2008)
	De Luca <i>et al.</i> (2002)							Iriarte (2009)
CT-CTT y <i>P. aeruginosa</i>	Zamora <i>et al.</i> (2002)			Avila & Estupiñan (2006)	Soares <i>et al.</i> (2000)		Marchand* (2002)	Martínez & Pérez *(2010)
	Revelli <i>et al.</i> (2009)			Vidal <i>et al.</i> (2009)			Villegas <i>et al.</i> (2012)	Ascanio & Yáñez*(2010)
	Bettera <i>et al.</i> (2011)							Pulcini & Sans *(2010)

CT: Coliformes totales. CTT: Coliformes termotolerantes. No se incluyó a Paraguay ni Uruguay por no encontrarse estudios en dichos países. \* Tesis.

Coliformes y *P. aeruginosa* y la calidad de agua potable en ocho países de Sudamérica.

Argentina:

Lösch *et al.* (2005) aislaron a *Pseudomonas* de fuentes de agua que probablemente sea destinada para consumo humano y observaron la resistencia / sensibilidad de esta bacteria a ciertos antibióticos. El porcentaje de resistencia encontrado en cepas ambientales de *P. aeruginosa* fue mayor a la esperada para cepas nativas y esto puede ser interpretado como un indicador de las consecuencias ambientales del uso irracional de antibióticos en prácticas médicas y veterinarias y de la contaminación de las fuentes de agua con estos compuestos.

Iramain *et al.* (2005) estudiaron la presencia de *P. aeruginosa* en agua utilizada por establecimientos de ordeño y de 122 establecimientos encontraron que en cuatro había la presencia de *Pseudomonas*. Revelli *et al.* (2009) analizaron la calidad microbiológica del agua potable en barrios de Buenos Aires y observaron que en el 100% de las muestras analizadas, los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos totales fueron 500 UFC·100 ml<sup>-1</sup> y los recuentos de coliformes totales 3 UFC·100 ml<sup>-1</sup>. No se detectó la presencia de *Escherichia coli* ni de *P. aeruginosa*; sin embargo, detectaron un valor medio de recuento de coliformes totales en agua de lluvia y agua subterránea, hallándose además la presencia de *P. aeruginosa*, lo cual determinó que esas aguas no eran aptas para consumo humano.

Los demás estudios de este país (De Luca *et al.* 2002, Zamora *et al.* 2002, Bettera *et al.* 2011) indican que las familias que no cuentan con redes de agua potable y que consumen aguas de pozo, están más propensas a adquirir enfermedades, ya que en sus estudios han encontrado gran predominancia en la presencia de coliformes y *P.aeruginosa* en agua de pozo demostrando que la calidad de

agua de esa fuente de agua es bacteriológicamente deficiente.

Bolivia:

En ninguno de los dos estudios encontrados, consideran a *P. aeruginosa* como indicador de calidad de agua. Lucra *et al.* (2002), estudiaron aguas subterráneas que son destinadas para agua de consumo, observaron que en todas las muestras que analizaron, ninguna tenía presencia de coliformes. Rodríguez *et al.* (2009) para sus estudios de la calidad microbiológica del agua potable, consideran sólo a los coliformes, debido a que así lo establece la norma de ese país. Se detectó que en las redes de abastecimiento no había presencia de coliformes, pero en el carro cisterna encargado de llevar agua a lugares donde no hay red de agua, la presencia de coliformes era alta, esto probablemente por falta de medidas de higiene.

Brasil:

Soares *et al.* (2000), evaluaron la calidad del agua de abastecimiento público del Municipio de Nova y encontraron que el 61% de sus muestras presentaba positividad para coliformes y *P. aeruginosa*, estableciendo que las aguas que se emplean para abastecer esa población no es apta para consumo. Maciel *et al.* (2006), determinaron que el 10,41% de sus muestras analizadas estaba contaminada con *P. aeruginosa*, luego de aislar estas bacterias, fueron sometidas a sensibilidad al cloro, determinándose que sobrevivían a una concentración tres veces mayor a la normalmente utilizada. Leal *et al.* (2011), evaluaron la calidad bacteriológica del agua destinada a alimentar una red de tiendas de comida rápida, los resultados revelaron que el 11,46% de las muestras estaba contaminada con coliformes totales y que el 1,04% contaminada con coliformes termotolerantes, lo que pone en alerta acerca del agua que se usa para preparación de alimentos. Silva *et al.* (2012) determinaron la calidad del agua potable después del tratamiento y los

resultados de coliformes se mantuvieron dentro de los límites para el agua potable.

#### Chile:

Fueron solo dos los estudios encontrados, siendo uno de ellos, una tesis sobre evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada al consumo humano (Bastidas 2009). En esta tesis se obtuvo como resultado que el 92,4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales y el 59,2% con coliformes termotolerantes, lo que hace que la gran mayoría de estas aguas no sean aptas para el consumo humano, según lo que establece la normativa chilena. Rivera *et al.* (2010) explican acerca de la contaminación por coliformes totales y termotolerantes en cuerpos de agua rurales y urbanos de una comunidad de Chile y su estudio concluyó en que había presencia de coliformes pero en un nivel bajo.

#### Colombia:

Avila & Estupiñan (2006) evaluaron la calidad bacteriológica de un humedal, cuyas aguas son destinadas al consumo humano y observaron la presencia de un alto número de coliformes totales y termotolerantes, así mismo detectaron la presencia de *P. aeruginosa*, lo que demuestra que esas aguas no deben ser usadas para fines de consumo humano y doméstico. Vidal *et al.* (2009) en sus estudios de aguas envasadas en bolsa con destino al consumo humano, concluyeron que de las 13 marcas estudiadas, una de ellas tenía presencia de *P. aeruginosa* y otra marca presentó coliformes totales y termotolerantes. La presencia de *P. aeruginosa* es posiblemente debido a la acumulación de biopelículas en los equipos de procesamiento, donde estas bacterias pueden permanecer por un largo periodo en razón a su alta resistencia. Este caso es preocupante debido a que es un germen oportunista del sistema respiratorio y tejidos blandos. Estupiñan *et al.* (2010) en sus investigaciones bacteriológicas de aguas en las redes de distribución de una localidad de

Colombia, obtuvieron como resultados que las aguas no son aptas debido a que en los distintos puntos y meses de muestreo se encontró presencia de coliformes totales en un 100%, lo cual señala que estos indicadores se encuentran en una proporción mayor a lo establecido según la normatividad. Muchas de las fuentes de agua que se destinan para consumo humano no cumplen con las especificaciones técnicas de la calidad de agua, así lo determinan Avila & Estupiñan (2011), quienes analizaron la calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural de un Municipio, por medio de los indicadores de coliformes totales y termotolerantes; esta agua urbana cumplió con los requisitos establecidos, mientras que en el agua rural se encontraron recuentos de los indicadores de contaminación fecal, superiores a lo establecido. Por lo que este recurso debe ser considerado como "agua natural", no apta para consumo humano, y antes de ser destinada para potabilización debe tener un tratamiento convencional.

#### Ecuador:

Sólo se encontró un estudio de la calidad de agua potable, que estableció que los coliformes de las muestras estudiadas por Arriaga (1996) estaban dentro de lo permitido.

#### Perú:

Marchand (2002) evaluó la calidad de agua en Lima Metropolitana y reveló que 40 de las 224 muestras que se analizaron de agua del sistema de almacenamiento y distribución de agua en inmuebles y 41 de las 56 muestras de agua provenientes de pozo no cumplieron con las normas microbiológicas. Además encontró indicadores no tradicionales como *P. aeruginosa*, hallándose este microorganismo en muchos de los casos, aún en ausencia de coliformes. Se concluyó que este microorganismo puede ser utilizado como indicador complementario de la calidad del agua de uso humano. Carreño (2009), en su estudio de calidad de agua en el distrito de

Paramonga, detectó un número bajo de coliformes (12,5%), e indica que es necesario la desinfección y limpieza de las redes de agua potable de esa localidad. Villegas *et al.* (2012) demostraron la eficiencia del uso del método NMP para detectar *P. aeruginosa* en fuentes de agua y concluyeron que es un método eficaz para detectar este microorganismo.

Venezuela:

Se encontró un total de nueve estudios, de los cuales tres eran tesis (Martínez & Pérez 2010, Ascanio & Yáñez 2010, Pulcini & Sans 2010). En estas tesis se estudió la calidad del agua potable en distintas zonas de Venezuela, incluidos hospitales, camiones cisterna y aguas embotelladas. Se consideraron patrones de indicadores de calidad de agua a los coliformes totales, termotolerantes y *P. aeruginosa*. En los estudios de agua embotellada y de los camiones cisterna, no se detectó coliformes ni *P. aeruginosa*, indicando que la calidad de agua de esos estudios es apta para consumo humano. Sin embargo en el estudio de bacteriología del agua potable en el Hospital "Dr. Raúl Leoni", se detectó la presencia de coliformes totales, pero ausencia de coliformes termotolerantes. El análisis de *P. aeruginosa* resultó positivo para todas las muestras de este hospital causando gran alerta debido a que puede persistir en el agua del hospital durante períodos prolongados y puede causar brotes nosocomiales. Iriarte & Gómez (2008) e Iriarte (2009), evaluaron la calidad del agua en base a los coliformes y a *P. aeruginosa*. El resultado fue que después de un tratamiento de cloración convencional, el agua ya no contenía coliformes, ni *P. aeruginosa*. Silva *et al.* (2004), Madrazo & Iriarte (2005) y de Rojas *et al.* (2012) investigaron la calidad del agua teniendo en cuenta solo a los coliformes totales y termotolerantes, todos ellos en sus resultados obtuvieron valores elevados de coliformes, lo cual indica que la calidad de agua estudiada no es apta para la población debido a que podría causar un riesgo para su salud.

## DISCUSIÓN

Se observó que de los 30 estudios encontrados, 17 incluyen a *P. aeruginosa* como indicador complementario de la calidad de agua potable. Para la identificación de *Pseudomonas* en agua, se emplearon dos técnicas convencionales (FM y NMP). 11 de ellas evaluaron a *P. aeruginosa* usando el NMP, esto es probablemente a que los resultados se obtuvieron en un menor tiempo y con menor costo (Marchand 2002, Iriarte 2009, Villegas *et al.* 2012).

En los resultados obtenidos se aprecia que la mayoría de países de Sudamérica dirigen sus miradas particularmente al control sanitario del grupo de los coliformes en aguas para consumo humano (Tabla 4). Sin embargo, Argentina y Uruguay adicionalmente consideran a *P. aeruginosa* en sus normativas de control. Muchas veces un solo indicador no es apropiado para todas las categorías de agua, y debe seleccionarse de acuerdo a las condiciones de la localidad, sobre todo cuando se trasladan las guías internacionales a estándares nacionales (Bastidas 2009). Aunque no en todos los países se considera a esta bacteria como indicador, se encontró estudios donde sí se analiza *Pseudomonas* en la calidad de agua, aún cuando ésta no es incluida en sus reglamentos.

Los países que presentaron mayor número de investigaciones de la calidad de agua consideran a *P. aeruginosa* como indicador adicional a los coliformes. Estos países fueron Argentina y Venezuela, con un total de seis y cinco estudios, respectivamente (Tabla 5). Esto nos indica que sí se hace un control sanitario de la calidad de las aguas de consumo respecto a esta bacteria, así como lo indica el Código Alimentario Argentino (Zamora *et al.* 2002, Apella & Araujo 2005). Es probable que por el número elevado de casos clínicos de contaminación con *P. aeruginosa*, Argentina

considere a esta bacteria dentro de su normativa (Anzaudo *et al.* 2005, Merino 2007). La presencia de *P. aeruginosa* en el agua potable es de alto riesgo para la salud, en especial de los neonatos, pacientes hospitalizados e inmunodeficientes; debiendo ser considerado como un indicador de eficiencia de la desinfección, y ser incluida su detección y cuantificación en los análisis de rutina (Pulcini & Sans 2010)

En el Perú, el reglamento de calidad del agua para consumo humano, no considera a *P. aeruginosa* como un parámetro obligatorio a evaluar; sin embargo la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano indica que para aguas embotelladas se debe de controlar la presencia de *P. aeruginosa*, debido que esta bacteria tiene la capacidad de sobrevivir y adherirse a superficies formando biopelículas (Iramain *et al.* 2005, Maciel *et al.* 2006, Iriarte 2009, Martínez & Pérez 2010).

El presente trabajo abre las puertas para un análisis en la implementación de las normas de calidad del agua para el empleo de *P. aeruginosa* como indicador complementario a los coliformes (Vidal *et al.* 2009). Así mismo, el método más conveniente a usar para la detección de *Pseudomonas* es el NMP que utiliza al caldo asparagina y al caldo o agar acetamida en la identificación presuntiva y confirmativa, respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, M.; Beltrán, M.; Cárdenas, M. & Campos, M. 2005. Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. *Biomédica*, 25: 353 – 365.
- APHA (American Public Health Association). 2012. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22° ed. Washington DC.
- Anzaudo, M.; Busquets, S.; Ronchi, S. & Mayoral, C. 2005. Microorganismos patógenos aislados en muestras respiratorias de niños con fibrosis quística. *Revista Argentina de Microbiología*, 37:129- 134.
- Apella, M. & Araujo, P. 2005. Microbiología del agua: Conceptos Básicos. *Revista Solar Safe Water*, 2:33-50.
- Arcos, M.; Ávila, S.; Estupiñán, S & Gómez, A. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Revista Nova*, 3: 69-79.
- Arriaga, W. 1996. Investigación e identificación de los "coliformes" en las muestras de agua potable de la ciudad de Guayaquil. *Revista ecuatoriana de Higiene y Medicina Tropical*, 23: 113-127.
- Ascanio, K. & Yáñez, E. 2010. *Calidad bacteriológica del agua potable de camiones cisterna-ciudad Guayana, estado Bolívar Junio-Julio 2010*. Trabajo de grado para optar el título de licenciadas en Bioanálisis. Universidad de Oriente. Departamento de Parasitología y Microbiología. Venezuela.
- Aurazo, M. 2009. *Aspectos biológicos de la calidad del agua*. Extraído el 20 de noviembre del 2012 desde: <http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/3/CDAM0000012-3.pdf>.
- Avila, S. & Estupiñán, S. 2006. Calidad bacteriológica del agua del humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia. *Caldasia*, 28: 67-78.
- Avila, S. & Estupiñán, S. 2011. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. *Revista Cubana de Higiene y*

- Epidemiología, 50: 163-168.
- Bastidas, L. 2009. *Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada al consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia*. Tesis para optar el título de médico veterinario. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. Chile.
- Bettera, S.; Dieser, S.; Vissio, C.; Geuna, G.; Díaz, C.; Larriestra, A.; Odierno, L. & Frigerio, C. 2011. Calidad microbiológica del agua utilizada en establecimientos lecheros de la zona de Villa María (Córdoba). *Revista Argentina de Microbiología*, 43: 111-114.
- Bracho, M.; Sarcos, M.; Reyes, P. & Botero, L. 2007. Presencia de *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en agua potable. *Revista Ciencia*, 15: 164–171.
- Brown, M. 1978. *Inhibition and destruction of Pseudomonas aeruginosa*. Birmingham, University of Aston.
- Cabelli, V. 1976. The impact of pollution on marine bathing beaches. An epidemiological study. *Limnology and Oceanography*, 2:424-428.
- Calderón, E. & De Benedetti, R. 1976. *Comportamiento de Pseudomonas aeruginosa en distintos tipos de agua*. XV Congreso Interamericano de Ingeniería sanitaria, Asociación interamericana de ingeniería sanitaria, Chile.
- Camacho, A.; Giles, M.; Ortegón, A.; Palao, M.; Serrano, B. & Velázquez, O. 2011. *Análisis microbiológico de agua y hielo para consumo humano. Determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de Número más Probable (NMP)*. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. 3ª ed. México. Extraído el 9 de diciembre del 2012. Desde: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivo/Analismicrob.delagua\\_18943.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivo/Analismicrob.delagua_18943.pdf).
- Carreño, J.L. 2009. Contaminación del agua potable con coliformes fecales en la zona urbana del distrito de Paramonga. *Actualidad Odontológica y salud*. Extraído el 10 de diciembre del 2012. Desde [http://www.actualidadodontologica.com/0912/cient\\_02.shtml](http://www.actualidadodontologica.com/0912/cient_02.shtml).
- Carrillo, L. 2003. *Guía de trabajos prácticos. Microbiología Agrícola*. San Salvador.
- Castillo, A.; Osorio, Y. & Vence, L. 2009. *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas ubicadas en los municipios de la Paz y San Diego- Cesar*. Tesis para optar el grado de Microbióloga. Universidad popular del cesar. Facultad de Ciencias de la Salud. Colombia.
- Cermeño, J.; Arenas, J.; Yori, N. & Hernández, I. 2008. *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en aguas crudas y tratadas del estado Bolívar, Venezuela. *Universidad, ciencia y tecnología*, 12:39-42.
- Chaidez, C. 2002. *Agua embotellada y su calidad bacteriológica. Agua Latinoamérica*. extraído el 20 de noviembre del 2012. Desde <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd56/agua.pdf>.
- Contreras, G.; Cocha, J.; Martínez, A. & Aurazo, M. 1996. Efecto bactericida de catabolitos de *Pseudomonas aeruginosa* sobre coliformes fecales en agua de consumo. Lima. IV Congreso Latinoamericano de Higiene y Microbiología de Alimentos.
- Cortés, I.; Rodríguez, G.; Moreno, E.; Tenorio J.; Torres B. & Montiel, E. 2002. Brote causado por *Escherichia coli* en Chalco, México. *Salud pública de México*, 44: 297-302.
- Cortés, P. 2000. *Colonización por Pseudomona aeruginosa en los enfermos sometidos a ventilación*

- mecánica*. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Genética y Microbiología.
- De la Cruz, A. 2010. *Investigación evaluativa de indicadores microbiológicos ambientales alternativos para el aseguramiento del agua de consumo humano en Azuero*. Universidad del Mar de Chile. Programa de Doctorado en Investigación. Mención ciencias ambientales.
- De Luca, L.; Zamora, A. & Folabella, A. 2002. *Bacterias indicadoras de riesgo sanitario aportadas por el riego frente a la supresividad edáfica*. Extraído el 15 de noviembre del 2012. Desde: [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/salud\\_ambiente/File/DELUCA.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/salud_ambiente/File/DELUCA.pdf)
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA. 2010. *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Ministerio de Salud. Lima-Perú.
- Díaz, C.; Fall, C.; Quentin, E.; Jimenez, M.; Alberich, M.; Garrido, S.; López, C. & García, D. 2007a. *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domesticas*. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua y Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. México. Extraído el 21 de noviembre del 2012. Desde: [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/r/ipda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/r/ipda/pdfs/Capitulo_20.pdf)
- Díaz, J.; Caraballo, H.; Villareal, M.; Lobo, H.; Rosario, J.; Briceño, J.; Gutiérrez, G. & Díaz, S. 2007b. ¿El agua embotellada es adecuada para nuestro consumo? *Revista Academia*, 6: 2-12.
- Díaz, M.; Leyva, E.; Mata, V. & Gonzales, H. 2003. Incidencia y viabilidad de *cryptosporidium parvum* en el agua potable de ciudad Obregón, Sonora, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 19: 67-72.
- Estupiñan, S.; Ávila, S.; Celeita, D. & Martínez, E. 2010. Control bacteriológico del agua de la red de distribución “acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol” en San Antonio de Tequendama. *Revista Nova*, 8: 220-228.
- Grüber, R. & Mata, J. 2010. *Bacteriología del agua de consumo de los servicios sala de parto, cirugía y emergencia de adultos, hospital “Dr. Raúl Leoni”*. San Félix estado Bolívar. Tesis para optar la licenciatura en Bioanálisis. Universidad De Oriente Núcleo de Bolívar. Escuela De Ciencias de La Salud. VENEZUELA.
- IDEXX. 2013. *Pseudalert\* Test Kit*. Detección de *Pseudomonas aeruginosa* en agua de piscina /spa y agua embotellada en 24 horas. Extraído el 20 de noviembre del 2013. Desde: [http://www.idexx.it/pdf/it\\_it/water/pseudalert-brochure-es.pdf](http://www.idexx.it/pdf/it_it/water/pseudalert-brochure-es.pdf).
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT). 2008. Agua potable – Requisitos. 833:2008.
- Iramain, M.; Pol, M.; Korol, S.; Herrero, M.; Fortunato, M.; Bearzi, C.; Chavez, J. & Maldonado, M. V. 2005. *Pseudomonas aeruginosa* en agua y leche cruda: informe preliminar. *In vet*, 7: 133-137.
- Iriarte, M. & Gómez, A. 2008. Potabilidad del agua de uso doméstico en el estado Nueva Esparta, Venezuela. *Revista del Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel”*, 39: 23-34.
- Iriarte, M. 2009. Calidad bacteriológica de las aguas embotelladas comercializadas en la Isla de Margarita (Venezuela) durante 2002-2008. *Ciencia*, 17: 211-224.
- Leal, M.; Morais, A.; Cavalcante, A. & Montenegro, T. 2011. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). *Ciência & Saúde Coletiva*,

- 16:2653-2658.
- Lösch, L.; Merino, L. & Alonso, J. 2005. *Resistencia microbiana en cepas de Pseudomona aeruginosa aisladas de fuentes de agua de la Provincia del Chaco (Argentina)*. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Extraído el 10 de diciembre del 2012. Desde <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/3-Medicina/M-020.pdf>.
- Lucra, M.; Beltramino, D.; Abramovich, B.; Carrera, E.; Haye, M. & Contini, L. 2002. El agua subterránea como agente transmisor de protozoarios intestinales. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 41:95-102.
- Luján, D.; Ibarra, J. & Mamani, E. 2008. Resistencia a los antibióticos en aislados clínicos de *Pseudomonas aeruginosa* en un hospital universitario en Lima, Perú. *Revista Biomédica*, 19:156-160.
- Maciel, N.; Marcelo, O.; Zamberlan, M.; Guilhermetti, M.; Vataru, C.; Nakamura, T. & Dias, B. 2006. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 28: 13-18.
- Madrazo, J. & Iriarte, M. 2005. Condición del agua para beber y preparar alimentos de la población Warao de la Barra de Makareo, municipio Tucupita, estado Delta Amacuro, Venezuela. *Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"*, 36: 13-20.
- Marchand, E. 2002. *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Tesis para optar la licenciatura de Biología con mención en Microbiología y Parasitología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. EAP. de Ciencias Biológicas.
- Martínez, T. & Pérez, L. 2010. *Calidad bacteriológica del agua potable envasada comercialmente*. Trabajo de grado. Universidad de Oriente. Departamento de Parasitología y Microbiología. Venezuela.
- Méndez, R. 2004. *Desarrollo y validación de una prueba de fácil aplicación para determinación de enterococos en agua de consumo humano*. Tesis para optar el título de Química bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias químicas y farmacia. GUATEMALA.
- Merino, L. 2007. *Pseudomonas aeruginosa: una bacteria con personalidades múltiples*. *Revista Argentina de Microbiología*, 39:143-145.
- Molina, R., Mercado, R. & Fredes, F. 2010. Importancia de la detección del protozooario zoonótico *Cryptosporidium parvum* en muestras de agua en Chile. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 25: 129-0159.
- Mora, D. 2006. Evolución de las guías microbiológicas de la OMS para evaluar la calidad del agua para consumo humano: 1984 -2004. *Revista Costarricense de Salud Publica*, 15:44-54.
- Nataro, J. & Kaper, J. 1998. Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11:142–201.
- Norma Boliviana. 2004. NB 512 Agua Potable- Requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad.
- Norma Chilena oficial. 2005. NCh409/1.Of 2005. *Agua Potable- Requisitos*.
- Norma Paraguaya. 2001. NP 24 001 80. *Agua Potable. Especificaciones*. Quinta Edición Mayo 2001. INTN.
- Norma Técnica Colombiana. 1994. 813-1994. *Normas oficiales para la calidad del agua en Colombia*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec).
- Norma Técnica Ecuatoriana. 2011. NTE INEN 1 108:2011 Agua potable- Requisitos.
- Normas Oficiales para la calidad del agua Argentina. 1994. Disposiciones de la

- ley 18284 (Código Alimentario Argentino).
- Normas sanitarias de calidad del agua potable.** 1998. (Resolución SG-018-98 del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395, 13 febrero 1998.
- OMS (Organización Mundial De La Salud).** 2004. *Guías para la calidad del agua potable*. Tercera Edición. Extraído el 12 de noviembre del 2012. Desde: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3sp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3sp.pdf).
- Pérez, G.; Rosales, M.; Valdez, R., Vargas, F. & Cordova, O.** 2008. Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú. *Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25: 144 - 148.
- Pérez, M.; Rodríguez, C. & Zhurbenko, R.** 2010. Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 48: 147-161.
- Popko, D.; Han, S.; Lanoil, B. & Walton, W.** 2006. Molecular ecological analysis of planktonic bacterial communities in constructed wetlands invaded by *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 43: 1153-1163.
- Portaria.** 2004. MS n.º 518/2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, Brasil*. Ministério da Saúde e dá outras providências. *Diário Oficial da União*; 26 mar. 2004.
- Proserpi, C.** 2002. *Los microorganismos y la evaluación de la calidad de agua*. Extraído el 15 de noviembre del 2012. Desde: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/w>eb/gestionhidricos/File/Estrucplan.pdf
- Pulcini, J. & Sans, I.** 2010. *Bacteriología del agua potable*. Tesis para optar el título de licenciadas en bioanálisis. Universidad de Oriente. Departamento de parasitología y Microbiología. Venezuela.
- Reasoner, D.** 2012. *Agentes patógenos en el agua potable - Estado actual y perspectiva*. Curso de certificación de microbiología. Extraído el 15 de noviembre de 2012. Desde: <http://www.bvsde.paho.org/bvsala/e/fulldata/text/agentes/agentes.pdf>.
- Reilly, K. & Kippin, J.** 2000. *Relación entre el conteo bacteriológico y otros parámetros de calidad del agua tratada en sistemas de distribución*. Hojas de divulgación técnica. CEPIS. 4p.USA.
- Resolución Ministerial.** 2008. N° 591-2008/MINSA “Norma Sanitaria que Establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”.
- Revelli, G.; Fito, G.; Biassoni, M.; Olivero, E.; Fiore, P.; Quintana, S. & Facta, A.** 2009. *Análisis microbiológicos y residuos de plaguicidas en agua para consumo humano*. Extraído el 6 de diciembre del 2012. Desde: [http://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/115-Analisis\\_Microbiologicos\\_Residuos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/115-Analisis_Microbiologicos_Residuos.pdf).
- Rivera, R.; Los Ríos, P. & Contreras, A.** 2010. Relations fecal coliforms/ fecal Streptococci as indicators of the origin of fecal pollution in urban and rural water bodies of Temuco, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 37:141-149.
- Robertson, W. & Tobin, R.** 1983. The relationship between three potential pathogens and pollution indicator organism in Nova Scotian coastal waters. *Canadian Journal of Microbiology*, 29: 1264-1269.
- Rodney, A.** 2001. Biology of *Giardia lamblia*.

- Clinical microbiology reviews, 14: 447 – 475.
- Rodríguez, J. & Royo G. 2012. *Cryptosporidium* y *criptosporidiosis*. Servicio de Servicio de Microbiología. Hospital General Universitario de Elche. Universidad Miguel Hernández. Elche (Alicante). Control calidad SEIMC. Extraído el 8 de diciembre del 2012. Desde : <http://www.seimc.org/control/revisiones/parasitologia/cypto.pdf>.
- Rodríguez, N.; Rojas, P.; Romero, K. & Rueda, Z. 2009. Estudio microbiológico de la calidad de agua suministrada a la población de Sebastián Pagador en el año 2008. Revista Científica Ciencia Médica, 12: 10-13.
- Rojas, T.; Montoya, A.; Moreno, A.; Mujica, R. & Vásquez, Y. 2012. Formación de biopelículas y susceptibilidad antimicrobiana entre coliformes aislados en agua potable embotellada en Carabobo, Venezuela. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 52: 87-97.
- Rosales, D. & Arévalo, M. 2008. *Pseudomonas aeruginosa*: un problema hospitalario. Revista Médica de la Extensión Portuguesa – ULA, 2: 128-137.
- Ruíz, L. 2007. *Pseudomona aeruginosa: aportación al conocimiento de su estructura y al de los mecanismos que contribuyen a su resistencia a los antimicrobianos*. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad de Barcelona. Facultad de Medicina.
- Silva, M.; Souza, L.; Coll, R. & Melo, M. 2012. Análise da qualidade e armazenamento da água utilizada para consumo humano em cruzeiro do Sul – Acre. Goiânia, 8: 996-1006.
- Silva, J.; Ramírez, L. & Alfieri, A. 2004. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, 24: 46-49.
- Soares, P.; Silva, C. & Da Cruz, O. 1996. *Pseudomonas aeruginosa* como indicador em análises bacteriológicas de águas de abastecimento público. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e ambiental. Río de Janeiro. 64p.
- Soares, P.; Clecio, O.; Silva, C. & Pacheco, A. 2000. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. Cadernos de Saúde Pública, 3: 791-798.
- Solarte, Y.; Peña, M. & Madera, C. 2006. Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. Colombia Médica, 37: 74 – 82.
- Suárez, M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 40: 38 - 43.
- TECRA. 2013. *3M Food Safety 3M™ Tecra™ VIA Sistema de Detección Rápida de Patógenos y Toxinas*. Extraído el 20 de noviembre del 2013. Desde [http://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Tecra\\_VIA.pdf](http://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Tecra_VIA.pdf).
- Torres, P.; Hernán, C. & Patiño, P. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 8: 79-94.
- Torres, Y. 1991. Resistencia de *Pseudomonas aeruginosa* al Cloro libre residual. Revista Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia. 11:21-25.
- Vaconcelos, U.; Gomes, M. & Torres, G. 2010. *Pseudomonas aeruginosa* associated with negative interactions on coliform bacteria growth. Canadian Journal of

- pure & applied Sciences, 4: 1133-1139.
- Vázquez, O. & Campos, T. 2009. Giardiasis. La parasitosis más frecuente a nivel mundial. Revista del Centro de Investigación, 8: 75-90.
- Vidal, J.; Consuegra, A.; Gomescaseres, L. & Marrugo, J. 2009. Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Sincelejo - Colombia. Revista MVZ Cordoba, 14: 1736-1744.
- Villegas, M.; Prado, I.; Ortega, M. & Zhurbenko, R. 2012. Identificación de *Pseudomonas aeruginosa* empleando el método del Número Más Probable. Revista Peruana de Epidemiología, 16: 1-5.
- Villén, L.; De Hoyos, C.; Martín, D.; Conde, L.; Alonso, A. & González, M. 2008. Problemas de las cianobacterias en aguas de recreo y aguas de consumo. Ingeniería Civil, 151: 63-69.
- Yassin, M.; Abu, S. & Al-Najar, H. 2006. Assessment of microbiological water quality and its relation to human health in Gaza Governorate, Gaza Strip. Journal of the Royal Institute of Public Health, 120: 1177-1187.
- Zamora, A.; Folabella, A.; Pérez, J.; Dominguez, S. & De Luca, L. 2002. Contaminación microbiológica en aguas de pozo. Partido general Pueyrredon. Provincia de Buenos Aires. Argentina. Extraído el 11 de diciembre del 2012. Desde <http://www.alhsud.com/public/articulos/Zamora.pdf>.

Received December 15, 2013.  
Accepted February 12, 2014.