

Calidad microbiológica del agua del humedal Salitre, Bogotá, D.C. Colombia

Microbiological quality of the water of the Salitre Wetland, Bogotá, D.C. Colombia

Estupiñán-Torres Sandra Mónica¹, Ávila de Navia Sara Lilia²,
Bejarano Bolívar Ingrid Johana³, García Diego Felipe⁴, Arias Sánchez Nataly⁵

Recibido: 02 de mayo de 2020

Aceptado: 27 de mayo de 2020

Resumen

Objetivo. Evaluar la calidad sanitaria del agua del Humedal Salitre, por medio de indicadores de aguas residuales (coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus spp.*) y otros grupos bacterianos como *Aeromonas spp* y *Pseudomonas spp.* **Métodos.** Se tomaron quince muestras de agua de diferentes puntos del humedal, tanto en época de lluvia como en época seca. El recuento de microorganismos se realizó por el método de filtración de membrana siguiendo el Standard Methods. **Resultados.** El agua del Humedal Salitre contiene un alto número de coliformes totales y *Enterococcus spp.*, lo que confirma la contaminación de origen fecal en todo el ecosistema. Se identificaron una gran variedad de microorganismos, que muestran la diversidad bacteriana y brindan información para su posible utilización en el campo de la biotecnología y la indicación biológica e interés sanitario pues afectan la salud humana y

1. Grupo Calidad de aguas. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Correspondencia: sestupinan@unicolmayor.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6937-4567>

2. Grupo Calidad de aguas. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6188-0086>

3. Instituto de Diagnóstico Médico – Desa.

4. VIVA 1A IPS.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-259X>

5. VIVA 1A IPS.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1899-0711>

la de otros organismos que utilizan el recurso hídrico. El humedal Salitre, comparado con otros Humedales de la ciudad, presenta menores recuentos de los indicadores bacterianos, especialmente en la época de lluvia.

Palabras claves: Humedales, Indicadores de contaminación, coliformes, calidad del agua, filtración por membrana.

Abstract

Objetivo. To evaluate the sanitary quality of the water of the Salitre Wetland, using wastewater indicators (total coliforms, *Escherichia coli* and *Enterococcus*) and other bacterial groups such as *Pseudomonas* and *Aeromonas*. **Methods.** Fifteen water samples were taken from different points of the wetland, both in the rainy and dry seasons. The count of microorganisms was carried out by membrane filtration following the Standard Methods. **Results.** The water of the Salitre Wetland contains a high number of total coliforms and *Enterococcus spp.*, which confirms the fecal contamination of the ecosystem. A great variety of microorganisms were identified, which show the bacterial diversity and provide information for its possible use in the field of biotechnology and the biological indication and sanitary interest because they affect human health and that of other organisms that use the water resource. The Salitre Wetland, compared to other wetlands in the city, has lower counts of bacterial indicators, especially in the rainy season

Keywords: Wetlands, Pollution indicators, coliforms, water quality, membrane filtration.

Introducción

El humedal es un ecosistema intermedio entre el medio acuático y el terrestre, con porciones húmedas, semihúmedas y secas, caracterizado por la presencia de biodiversidad en flora y fauna. Los humedales son ecológica

y económicamente importantes debido a su alta productividad de nutrientes y a su contribución destacada en la captación de gases producidos por el efecto invernadero. Actúan controlando inundaciones, ya que absorben, almacenan y liberan lentamente el agua lluvia, controlan las erosiones, retienen sedimentos y nutrien-

tes, y algunos son centros turísticos y recreativos (1). De igual manera estos ecosistemas sirven como hábitat temporal, para aves migratorias, brindándoles un ambiente óptimo para su recuperación física y alimentación, permitiendo un regreso óptimo de esta especie (2).

El humedal Salitre está ubicado dentro del Parque Recreo deportivo El Salitre de Bogotá, es uno de los ecosistemas más recientemente reconocido como Humedal en la ciudad, tiene 6,4 hectáreas, de estas 1,6 (13.208,85 m²) pertenecen al espejo de agua, y el resto corresponde al bosque protector, este humedal surge de manera artificial, luego de una excavación realizada en los años sesenta, con el fin de construir un lago recreativo para paseos en botes, el proyecto finalmente no se ejecutó y se dio así la formación de un espejo de agua, este a su vez permitió la formación de un bosque protector y un ecosistema ecológico donde viven miles de especies de flora y fauna, según censos de la Asociación Bogotana de Ornitología el humedal cuenta con 106 especies de aves. En el año 2012, la administración distrital lo declaró Parque Ecológico Distrital de Humedal, gracias a la articulación de ciudadanos y organizaciones ambientales (3). Actualmente, existen dos obras de gran tamaño, una pista de BMX y una alameda con grandes afectacio-

nes sobre el ecosistema, por lo que es urgente la generación del plan de manejo ambiental (3).

En este humedal se realizó un estudio fisicoquímico de la calidad del agua, donde se estableció que esta es de buena calidad comparada con la de los demás humedales de la ciudad, puesto que este ecosistema se alimenta únicamente de aguas lluvias y no presenta conexiones erradas, sin embargo, hasta ahora no se habían realizado estudios microbiológicos.

Materiales y métodos

El humedal Salitre, hace parte de los catorce humedales con reconocimiento del distrito capital de Bogotá. Está ubicado en la localidad de Barrios Unidos en el Parque Recreodeportivo El Salitre, entre las carreras 68 y 60, de la calle 64 a la 63. Limita con el barrio José Joaquín Vargas (Al Norte), Cici Aquapark y Salitre Mágico (Occidente), Parque El Salitre, Calle 63 (Sur), Policía Ambiental Ecológica, dentro del Parque El Salitre (Sur-Oriente) (3)

La obtención de las muestras se realiza teniendo en cuenta la guía para la toma de muestras de agua del Ministerio de Salud de Colombia (Decreto 475 de 1998) y las recomendaciones de Andreu y Camacho (2002)

(4). Se tomaron 15 muestras en cada muestreo, tanto en época lluvia como en época seca.

Se llevó a cabo la determinación de los indicadores bacterianos con las recomendaciones del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (5), se empleó la técnica de Filtración por Membrana. Los medios utilizados para la enumeración de las bacterias indicadoras de contaminación de aguas fueron:

Bacterias coliformes totales, agar endo NPS, *Escherichia coli*, agar M-FC, *Enterococcus*, agar azida NPS, *Pseudomonas*, agar cetrimide NPS y *Aeromonas*, agar m-Aeromonas.

Resultados

Respecto a los recuentos de coliformes totales, se observa en la Figura 4 que, en todos los puntos muestreados, los recuentos son más altos en la época seca que en la de lluvia, durante la época seca los valores de coliformes totales oscilaron entre 163 y más de 300 UFC/mL, mientras que en la época de lluvia estuvieron entre 2 y 152 UFC/mL (Tabla 1)

En cuanto a los *Enterococcus*, para la época seca, los recuentos más altos se encontraron en los puntos 2, 3, 4 y

6, mientras que los puntos 1, 6, 8 y 10 tuvieron los recuentos más altos en la época de lluvia (Tabla 1). En el punto 12 durante la temporada seca no se encontraron recuentos de *Enterococcus* spp.

Como se puede observar en la tabla 1, los recuentos por punto de muestreo para *Escherichia coli*, presentan el mismo comportamiento que en los coliformes totales, es decir, en todos los puntos los recuentos más altos corresponden a los de la época seca. Para la época de lluvia en los puntos 1, 2 y 14 no hubo presencia de esta bacteria.

Las *Aeromonas*, tienen el mismo comportamiento que coliformes totales y *E. coli*, a excepción del punto 7, donde el recuento más alto se presentó durante la época de lluvia (Tabla 1).

Para las *Pseudomonas*, se observa un comportamiento muy variable en los puntos muestreados, para la época seca los puntos con mayores recuentos son el 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12 y 13 y en la época de lluvias los recuentos más altos se presentaron en los puntos 1, 4, 9, 10, 14 y 15 (Tabla 1).

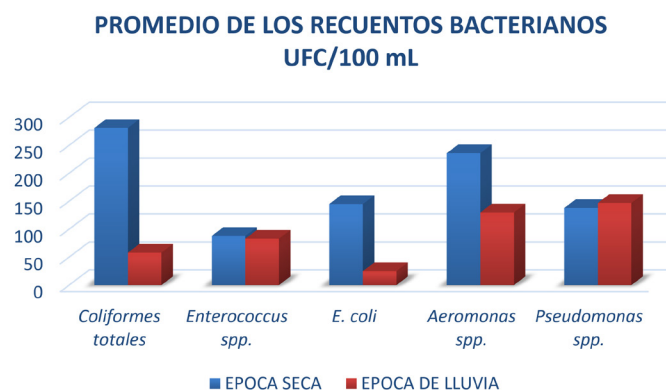
Tabla 1. Recuento de UFC/100mL de coliformes totales, *Enterococcus spp.*, *E. coli*, *Aeromonas spp.* y *Pseudomonas spp.*

PUNTOS DE MUESTREO	Coliformes totales		Enterococcus spp.		E. coli		Aeromonas spp.		Pseudomonas spp.	
	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia
1	>300	4	42	>300	58	0	>300	130	4	80
2	212	14	>300	98	94	0	272	52	4	> 300
3	>300	36	>300	52	282	8	176	22	>300	68
4	>300	104	264	54	80	17	>300	170	12	28
5	162	108	54	32	42	20	98	152	>300	172
6	>300	134	>300	218	>300	150	>300	52	>300	220
7	>300	42	6	8	70	8	252	>300	>300	>300
8	>300	14	12	158	>300	12	>300	100	88	13
9	244	152	2	78	156	63	260	94	30	66
10	>300	36	10	136	66	7	220	42	38	68
11	>300	26	6	20	>300	25	>300	18	>300	152
12	>300	68	0	46	>300	62	>300	6	>300	242
13	>300	122	12	26	34	2	366	62	58	48
14	296	2	2	2	64	0	232	126	12	144
15	300	8	6	10	34	2	300	24	16	> 300

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 1 se observan los promedios de los recuentos bacterianos en las dos épocas del año. Para los indicadores coliformes totales, *Enterococcus spp.*, *E. coli* y *Aeromonas spp.*, los

recuentos son mayores en época seca que en época de lluvia, mientras que para *Pseudomonas spp.*, este promedio es ligeramente mayor en época seca.

Figura 1. Promedio de los recuentos época lluvia y época seca, en UFC/100mL.

Fuente. Elaboración propia.

Se identificaron a partir de las muestras de agua una gran variedad de especies bacterianas en las diferentes épocas del estudio, algunas especies se aislaron tanto en época seca como de lluvia, mientras que otras especies solo se obtuvieron en una de las dos épocas estudiadas (Tabla 2).

Tabla 2. Microorganismos identificados en cada punto de muestreo.

PUNTO	MICROORGANISMOS AISLADOS
1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Enterobacter gergoviae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter amalonaticus</i>
2	<i>Serratia marcescens</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus durans</i> , <i>Enterobacter sakazakii</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i>
3	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i>
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Morganella morganii</i>
5	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
6	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Acinetobacter baumannii</i>
7	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter sakazakii</i>
8	<i>Aeromonas veronii</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Serratia fonticola</i> , <i>Citrobacter amalonaticus</i> , <i>Escherichia coli</i>
9	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Enterococcus durans</i>
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus durans</i>
11	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecium</i>
12	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i>
13	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i>
14	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
15	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterobacter cloacae</i>

Fuente. Elaboración propia.

Se compararon los recuentos de los indicadores bacterianos obtenidos en los humedales bogotanos de Córdoba (6), Jaboque (7) y La Conejera (8), en la tabla 3 se observa que, durante la época seca, para *Enterococcus spp.*,

E. coli y *Pseudomonas spp.*, los recuentos del Humedal Salitre son los más bajos, mientras que para coliformes totales y *Aeromonas spp.*, son los del Humedal Córdoba.

Tabla 3. Promedio comparado de los recuentos (UFC/100mL) obtenidos durante la época seca en 4 Humedales de Bogotá.

HUMEDAL	Coliformes totales	<i>Enterococcus spp.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Aeromonas spp.</i>	<i>Pseudomonas spp.</i>
Salitre	281	88	145	236	138
Córdoba	243	213	165	197	238
Jaboque	95076	14846	3846	129173	45653
La Conejera	63280	39180	23085	37700	61400

Fuente. Elaboración propia.

En la época de lluvia, los promedios de todos los indicadores comparados son más bajos en el Humedal Salitre.

Tabla 4. Promedio comparado de los recuentos (UFC/100mL) obtenidos durante la época de lluvia en 4 Humedales de Bogotá

HUMEDAL	Coliformes totales	<i>Enterococcus spp.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Aeromonas spp.</i>	<i>Pseudomonas spp.</i>
Salitre	58	83	25	130	147
Córdoba	241	242	224	134	235
Jaboque	124970	56885	92115	104615	145769
La Conejera	25150	67500	14530	67500	115950

Fuente. Elaboración propia.

Discusión

En el estudio se aprecia un alto número de coliformes totales en todos los puntos muestreados, los recuentos son más altos en época seca que en época de lluvia. Este incremento puede deberse, principalmente, a

la interacción que tiene la población con el humedal, durante esta época. Hay que tener presente que no todos los coliformes totales constituyen un riesgo para la salud (9).

Escherichia coli es un importante indicador de calidad sanitaria del agua, ya que, al encontrarse casi exclusiva-

mente en las heces de animales de sangre caliente, refleja mejor la contaminación fecal y orgánica. En algunos puntos del humedal no se aisló *E. coli*, a pesar de que, si existen recuentos de coliformes totales, este fenómeno puede deberse a la menor resistencia de los coliformes fecales a las condiciones medioambientales, lo que hace que su recuperación en medios artificiales sea difícil (10).

La presencia de *E. coli* en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua. Los coliformes y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal por su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras (11).

En el presente estudio el comportamiento de los recuentos de Enterococos fue mayor en la época seca que en época de lluvia, los enterococos fecales no se multiplican en el medio ambiente y son más persistentes en ambientes acuáticos y en suelos contaminados que *E. coli*. Son de interés cuando se conoce que hay contaminación fecal y no se detectan coliformes, como ocurre cuando las descargas son intermitentes o más antiguas, de modo que mueren los coliformes totales y *E. coli*, y permanecen los enterococos, su presencia se ha asocia-

do a contaminación fecal de origen humano y animal (12).

La razón entre coliformes fecales y enterococos ofrece información acerca de la fuente de contaminación. Un rango mayor de 4 es considerado indicativo de contaminación fecal humana, un rango menor a 0.7 sugiere contaminación por una fuente no humana (13). Teniendo en cuenta estos valores, en el Humedal Salitre la fuente de contaminación es una fuente no humana.

Las bacterias intestinales no suelen sobrevivir en el medio acuático, pierden gradualmente la capacidad de crecer en medios diferenciales y selectivos por el estrés fisiológico al que están sometidas. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. En los pocos estudios en los que se ha examinado la eficacia de la recuperación de coliformes fecales en aguas tropicales, se encuentra una gran variedad de grado de recuperación, lo anterior explica porque en algunos puntos del Humedal el salitre no se presentaron recuentos de *E. coli* (10)

Las *Aeromonas* son habitantes normales de fuentes de agua en presencia o ausencia de contaminación fecal. Se

encuentran altos recuentos en aguas de desecho, pero se aíslan especies diferentes a las que están presentes en agua dulce. Las *Aeromonas* crecen en un medio ambiente con baja cantidad de nutrientes, algunos estudios han encontrado una significativa correlación entre la presencia de *Aeromonas* y el estado trófico de las aguas dulces (14).

En estudios anteriores Rippey y Cabelli (14) y Canosa (12) proponen una evaluación del grado de eutrofización basado en la densidad de *Aeromonas* ml-1, y reportan los siguientes datos del estado trófico para cuerpos de agua en Colombia: Oligotrófico <1500 UFC/100 ml-1, oligo-mesotrófico 1510-6500 UFC/100 ml-1, mesotrófico 6510-32500 UFC/100 ml-1, meso-eutrófico 32600-57500 UFC/100 ml-1, eutrófico 57600-340000 UFC/100 ml-1 e hipereutrófico >340000 UFC/100 ml-1. Teniendo en cuenta lo anterior, el Humedal Salitre se clasifica como oligotrófico, un resultado similar se obtuvo en un estudio realizado por Pulido López, concluyó que a partir de la concentración de nutrientes en el agua y de la composición del fitoplancton, el Humedal Salitre presentó una condición de oligotrofia a mesotrofia en los dos periodos climáticos estudiados (3).

En algunos casos, el recuento de *Aeromonas* fue muy similar al de Co-

liformes totales e incluso mayor, este resultado indica que las *Aeromonas* podrían ser útiles en la valoración de los fenómenos de contaminación, en estudios anteriores se encontraron correlaciones significativas entre las *Aeromonas*, los Coliformes totales y la concentración de materia orgánica, medida como demanda biológica de oxígeno (14). En Colombia, se evaluó la presencia de *A. hydrophila* en ambientes acuáticos y se determinó que su uso como indicador del estado trófico es prometedor (12).

Un comportamiento similar al de las *Aeromonas*, se observa en el grupo de las *Pseudomonas* como indicadores del estado trófico, los recuentos de *Pseudomonas* son más altos en la época de lluvia que en la seca y en esta misma época los recuentos son más altos que los demás indicadores durante la época seca. Las bacterias del género *Pseudomonas* se hallan comúnmente en el suelo, crecen en muy baja concentración de nutrientes en medio ambiente acuoso y pueden sobrevivir durante muchos meses en aguas a temperatura ambiente, algunas especies son clasificadas como patógenos y patógenos oportunistas, para el hombre y los animales (15).

En las aguas del humedal El Salitre se identificaron una gran variedad de microorganismos, que muestran la diversidad bacteriana y brindan infor-

mación para su posible utilización en el campo de la biotecnología y la indicación biológica e interés sanitario pues afectan la salud humana y la de otros organismos que utilizan el recurso hídrico.

La comparación de los recuentos bacterianos del Humedal Salitre, con los obtenidos en otros tres humedales de Bogotá, indica que este tiene un agua de mejor calidad bacteriológica, debido a que, de los cuatro, es el único que se alimenta únicamente de aguas lluvias y no presenta conexiones erradas (3).

Agradecimientos

A las estudiantes del grupo Calidad de aguas Hernández Puentes Marcela y Dávila Castaño Sara Sofía, por la realización de la prueba piloto para realizar este proyecto.

Este trabajo fue financiado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y sus autores manifiestan no tener conflicto de intereses

Referencias

1. Bodelier PLE, N.Dedysh S. Microbiology of wetlands. *Frontiers in MICROBIOLOGY*. 2013 Abril;(doc 103399 - 00079).
2. L MEA, Castañeda HB-. Unicesar. [Online]. [cited 2014 Agosto 20. Available from: <http://unicesar.ambientalex.info>
3. <http://humedalesbogota.com/humedal-el-salitre/>
4. Andreu E. & A. Camacho. 2002. Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Secretaria General del Medio Ambiente. Madrid
5. Environment Agency. 2002. Standing Committee of Analysts. The Microbiology of Drinking Water - Part 1 - Water Quality and Public Health, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials. Environment Agency. United States
6. Ávila SL, Estupiñán-Torres SM, Caicedo LM, Calderón XM, Rubiano WL. 2019. Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua del Humedal Córdoba, Bogotá. Aceptado para publicación revista Nova
7. Ávila SL, Estupiñán-Torres SM, Mejía AM, Mora LV. 2014. La calidad bacteriológica del agua del humedal Jaboque (Bogotá,

- Colombia) en dos épocas contrastantes. *Caldasia* 36(2):323-329.
8. Chaves SC, Gómez LF, Montaña MY. 2013. Caracterización bacteriológica de la calidad del agua del Humedal La Conejera Bogotá D.C. Año 2013. Tesis de Grado. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. 113 paginas
 9. Rodríguez R, Retamozo-Chavez R, Apon-te H y Valdivia E. 2017. Evaluación micro-biológica de un cuerpo de agua del ACR humedales de ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada*. 16 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.899>
 10. Jang J, Hur HG, Sadowsky MJ, Byappanahalli MN, Yan T, Ishii S. 2017. Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications-a review. *J Appl Microbiol*. 123(3):570-581. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jam.13468>
 11. Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 35 (2). 236-247.
 12. Canosa, A. 1995. Indicadores bacteriológicos de eutrofización en los embalses de Chuza, Neusa y Tominé, y en la laguna de Chingaza. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. Bogotá, Colombia
 13. Fernández - Molina M. C., A. Alvarez - Alcántara y M. A. Espigares – García. 2001. Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A. *Higiene y Sanidad Ambiental* 1: 8-24
 14. Euphrasie D, Njiné T, Nola M, Kemka N, Serge ZT, Jugnia LB. 2008. Significance and Suitability of *Aeromonas Hydrophila* vs. Fecal Coliforms in Assessing Microbiological Water Quality. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 24. 2665-2670. [10.1007/s11274-008-9793-4](https://doi.org/10.1007/s11274-008-9793-4).
 15. Bhasin S, Shukla AN and Shrivastava S. 2015. Observation on *Pseudomonas aeruginosa* in Kshipra River with Relation to Anthropogenic Activities. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 4(4): 672-684.