

Tiempo y estaciones de muestreo en la presencia de coliformes fecales como indicadores de calidad ambiental del balneario Huanchaco – Trujillo – Perú, 2010

Time and sampling stations in the presence of fecal coliforms as indicators of environmental quality in Huanchaco - Trujillo - Peru, 2010

¹Sócrates Florián Medina², José Mostacero León²

RESUMEN

El mar peruano ha sido convertido en enorme vertedero de residuos cloacales; tal es el caso del balneario de Huanchaco, que recibe turistas de todas las partes del mundo y el baño en estas aguas podría significar riesgo para la salud de los usuarios, porque podrían estar contaminadas con excretas humanas, que pueden contener agentes patógenos; por tal razón, a través del presente trabajo, se pretende determinar si el tiempo (meses) y estaciones de muestreo influyen en los niveles de coliformes fecales, como indicadores de la calidad de las aguas del balneario de Huanchaco – 2010. El tipo de estudio es descriptivo -explicativo y transversal; con diseño de investigación de una sola casilla y repeticiones; siendo la población infinita (repeticiones) y una muestra de 120 repeticiones, repartidas en cinco estaciones de muestreo durante los meses de abril a junio, 2010; con un diseño de muestreo aleatorio sistemático-puntual. Los niveles de coliformes fecales se estimó con el método del NMP, y los análisis microbiológicos se efectuaron empleando la técnica de tubos múltiples. Con los datos obtenidos, se procedió a estimar media y medidas de dispersión, detectándose una acentuada heterogeneidad de los niveles de coliformes fecales tanto en espacio como en tiempo; además el ANVA, indica que estas variables no influyen en la presencia de coliformes fecales, como indicadores de la calidad de las aguas del balneario de Huanchaco.

Palabra clave: tiempo y estaciones, coliformes fecales, indicadores, calidad ambiental

ABSTRACT

The Peruvian sea has become a huge dumping ground for sewage, as is the case of Huanchaco, which receives tourists from all over the world and swim in these waters could mean health risks for users, because they may be contaminated with human waste, which may contain pathogens and for that reason, through this work is to determine if the time (months) and sampling stations influence the level of fecal coliforms, as indicators of water quality of Huanchaco- 2010. The type of study is descriptive and cross-explanatory, with research design one square, and repetitions, being the infinite population (repetitions) and a sample of 120 repetitions over five sampling stations during the months of April to June 2010, with a systematic random sampling design-time. Fecal coliform levels were estimated with the method of NMP, and microbiological analysis were performed using the multiple tube technique. With the data obtained, we proceeded to estimate mean and dispersion measures, showing a marked heterogeneity of the fecal coliform levels in both space and time, plus the ANOVA indicates that these variables do not influence the presence of fecal coliforms, as indicators of water quality of the resort of Huanchaco.

Keywords: time and seasons, fecal coliform, indicators, environmental quality

¹Universidad Nacional de Trujillo.

²Biólogo

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos decenios asistimos a un desarrollo científico y tecnológico sin precedentes; sin embargo, en nuestro medio, aún no se ha tomado conciencia del riesgo que corre la humanidad al sobrecargar la capacidad de la Tierra para absorber desperdicios, contaminando el aire, el agua y los suelos. (Gestiopolis, 2010; Charpentier e Hidalgo, 1999; Colby, 1991)

Por ello, las ciudades peruanas afrontan problemas diversos, que lógicamente conducen a una pérdida de la calidad ambiental; y, por ende, se supone influyen en una deficiencia de los servicios ambientales que brindan. (Cabrera et al. 2002; CDMB, 2010; Mi Tecnológico, 2010; ENJOYPERU, 2010; FUNDESER, 2010).

Como consecuencia de lo antes mencionado, el mar ha sido convertido por el hombre en un vertedero de aguas residuales y demás productos de desecho; razón por la cual la actividad humana ha tenido efectos perjudiciales sobre las aguas costeras, por la presencia de microorganismos terrestres y de aguas dulces, muchos de ellos patógenos; a pesar de que el mar tiene enorme capacidad para dispersarlos o eliminarlos (Adams y Moss, 1997; Comercio Exterior y Turismo, 2004; IMARPE, 1966, Urrutia, 2003).

Las principales fuentes de contaminación fecal humana de las aguas de mar de uso recreacional son: desagües domésticos, descarga de los ríos y otros cursos de agua y directamente del bañista cuando hace uso inadecuado de las playas (US EPA, 1984; Cabelli, 1989). Por ello, la calidad microbiana del agua marina se evalúa a través de microorganismos indicadores, que indirectamente sugieren la presencia potencial de patógenos; para lo cual se recurre a guías (establecidas por ley) que señalan la concentración máxima del indicador, cuyo tenor por encima del valor indicado está asociado con riesgos inaceptables para la salud (Cortés y Lara, 2003; Salas, 1989; Iglesias, 2001; INEI, 2000).

De todos los indicadores de contaminación fecal, los más comúnmente empleados son los Coliformes Totales y fecales (bacterias termotolerantes); especialmente éstos últimos, porque muestran una mejor correlación respecto al grado de contaminación fecal (Herrera y Suárez, 2005; Casanova, 2006b; Mc Junkin, 1998; OEA y PNUMA, 2010.). De allí que la norma peruana sobre calidad microbiana del agua de mar de contacto primario, establece los estándares nacionales de calidad ambiental del agua 1,000 NMP/100 ml para Coliformes Totales y 200

NMP/100 ml para Coliformes fecales (D.S. N° 002-2008-MINAM).

El litoral trujillano no está exento de los problemas de contaminación, tal es el caso del balneario de Huanchaco ubicado en el Distrito del mismo nombre- La Libertad-Perú, que recibe anualmente turistas de todas las partes del mundo sobre todo en verano, siendo, entre otros, los caballitos de totora el atractivo más apreciado por los veraneantes (Wikipedia, 2010; PERUTURISMO, 2010). Sin embargo, el baño en estas aguas podría significar riesgo para la salud de los usuarios, toda vez que éstas podrían estar contaminadas con excretas humanas, las cuales pueden contener agentes patógenos causantes de infección, enfermedad y muerte (Fleisher, 1995; Bocanegra, 2000; MPT, 2002; Pardave, 1999).

A pesar de la enorme importancia de este recurso ambiental por el servicio que brinda, parece ser que las políticas de desarrollo económico, por parte de sus autoridades y la sociedad en general, no están aparejadas con las políticas ambientales; razón por la cual no existe una evaluación real de la calidad ambiental ni la valoración económica, que estos servicios ambientales proporcionan.

De allí que, a través del presente trabajo, como un avance de un proyecto más extenso, se plantea la siguiente interrogante: ¿El tiempo (meses) y estaciones de muestreo influyen en los niveles de coliformes fecales, como indicadores de la calidad de las aguas del balneario de Huanchaco – 2010?

Planteándose la hipótesis de que el tiempo (meses) y estaciones de muestreo carecen de influencia en los niveles de coliformes fecales en las aguas del balneario de Huanchaco, afectando permanentemente y en todo el litoral huanchaquero la calidad de sus aguas. Con tal fin se pretende lograr los siguientes objetivos:

- Evaluar los niveles de coliformes fecales en las estaciones de muestreo previamente fijadas y a través del tiempo.
- Estimar si el tiempo y los lugares (estaciones de muestreo) tienen influencia en los niveles de coliformes fecales, como indicadores de la calidad de las aguas del balneario de Huanchaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de estudio del presente trabajo es descriptivo-explicativo y transversal; con diseño de investigación de una sola casilla y repeticiones. La población estuvo constituida por todas las repeticiones en las cinco estaciones de muestreo a través del tiempo, la cual tiende al infinito. Para la muestra se

aplicó un diseño de muestreo aleatorio sistemático-puntual; siendo el tamaño muestral (n) de 120 repeticiones, la cual fue determinada mediante el siguiente estadístico para población infinita (Steel y Torrie, 1985):

$n = Z^2 \frac{P \cdot Q}{(EE)^2}$. Donde: $Z = 1.96$ ($\alpha/2 = 5\%$). $P = 92\%$ (porcentaje estimado de la muestra). $Q = 8\%$ (casos desfavorables). $EE = 5\%$ (Error de estimación). Siendo: $n = 113$ muestras.

Para estimar los niveles de coliformes fecales se aplicó el método del Número Más Probable (NMP), considerándose como 200 /100 ml de acuerdo a la norma peruana(D.S. N° 002-2008-MINAM). Los análisis microbiológicos se efectuaron empleando la técnica de tubos múltiples (APHA, 1998; Valenzuela, 1988 y Sánchez, 1988). Como instrumentos se emplearon protocolos de recolección de datos.

Procedimiento y análisis estadístico de datos:

Para la toma de muestra (Foto 1) se procedió en primer lugar a fijar las estaciones de muestreo (Fig. 1, Fig. 2), en función de las zonas más concurridas por los bañistas, resultando elegidas las siguientes: Playa Azul, La Poza, Muelle artesanal, Boquerón y Totoras. Se tomaron muestras (una por semana) durante seis meses (enero – junio) en cada una de

las cinco estaciones. La recolección de la muestra se hizo entre los 10 y 50 metros de la línea de agua y de una profundidad de 30 a 50 cm de la superficie. Las muestras fueron transportadas en recipientes refrigerados y se procesaron entre las 3 y 4 horas.

Con los datos obtenidos, se procedió a estimar media y medidas de dispersión, contrastándose la hipótesis planteada mediante el Análisis de Varianza Bifactorial con cuatro repeticiones; probándose su significancia al nivel del 5 %.



Figura 1. Balneario de Huanchaco – Perú – Región Neotropical

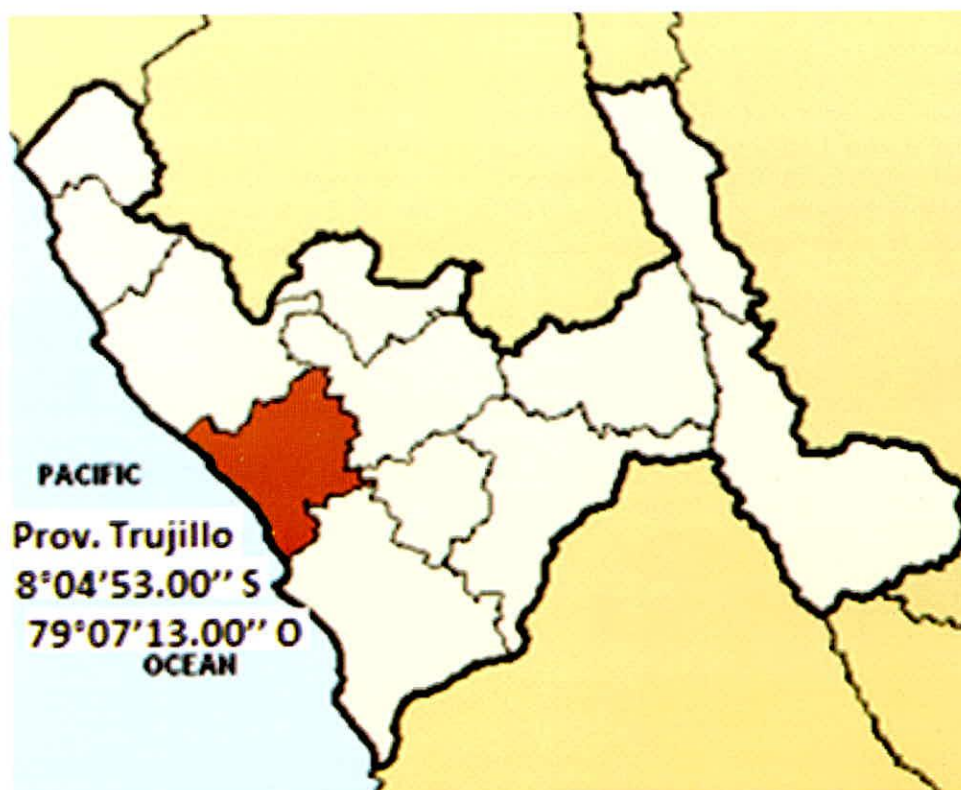


Fig.2 Provincia de Trujillo – La Libertad



Fig. 3 Protocolo Analítico Hanna C-200 de campo

RESULTADOS

Los valores del recuento de Coliformes Fecales en agua de mar de las Estaciones de Muestreo del balneario de Huanchaco durante los meses de abril a junio del 2010, se presentan en la Tabla 1; en donde se observa que en todas las estaciones de muestreo, en los meses de Marzo, Abril y Junio exceden los Límites Máximos Permisibles, y para el mes de Mayo, las Estaciones Muelle y Totoras superan los Límites máximos permisibles (200/100ml); y, finalmente, en el mes de Febrero ninguna de las estaciones pasan los Límites Máximos Permisibles.

Estos valores al ser procesados para estimar media y

medidas de dispersión (Tabla 2 y Figuras 1 y 2) señalan, que en promedio, la contaminación por coliformes fecales no sobrepasa los estándares nacionales de calidad ambiental del agua, según la norma peruana (D.S. N° 002-2008-MINAM), para las estaciones de muestreo La Poza y Los Totorales; e igualmente para los meses de enero, febrero y mayo; sin embargo, los tenores de coliformes fecales, tanto para los meses como para estaciones de muestreo, presentan una gran heterogeneidad, como lo indican los valores del C.V. (>> 100%). Así mismo, la Tabla 3, muestra que no existe influencia del tiempo (meses) y espacio (estaciones de muestreo) en la presencia de coliformes fecales.



Figura3. Cultivo de coliformes fecales

Tabla 1. Numeración de Coliformes Fecales en agua de mar de las Estaciones de Muestreo del balneario de Huanchaco durante los meses de enero a junio del 2010.

Meses	Semanas	Estaciones de Muestreo				
		Playa Azul	La Poza	Muelle	Boquerón	Totoras
Enero	1	242	24	45	8	16
	2	465	24	103	53	28
	3	242	48	160	470	160
	4	10	06	07	08	06
Febrero	1	07	07	28	09	07
	2	25	07	35	30	56
	3	18	07	29	140	30
	4	19	53	34	140	30
Marzo	1	08	06	1100	29	08
	2	56	28	29	53	470
	3	1100	1100	220	1100	32
	4	220	08	08	06	21
Abril	1	1100	220	74	215	220
	2	38	480	38	1100	203
	3	18	86	480	186	56
	4	250	28	46	480	260
Mayo	1	14	20	18	30	42
	2	07	07	08	14	22
	3	103	21	96	56	30
	4	53	21	1100	110	420
Junio	1	22	220	220	560	1100
	2	1100	42	22	18	18
	3	28	42	22	22	22
	4	186	56	1100	18	22

Tabla 2. Estimadores de la numeración de Coliformes Fecales en agua de mar de las Estaciones de Muestreo del balneario de Huanchaco durante los meses de enero a junio del- 2010

Estaciones de Muestreo y Tiempo (meses)		Estimadores				
		μ	S^2	S	E.S.	C.V.
Estaciones de Muestreo	Playa Azul	222.13	128089.52	357.90	73.06	161.12
	La Poza	106.71	55975.61	236.59	48.29	221.71
	Muelle	209.50	129093.48	359.30	73.34	171.50
	Boquerón	202.29	102080.25	319.50	65.22	157.94
	Totoras	141.64	63340.95	251.68	53.66	177.69
Meses	Enero	106.25	21050.58	145.09	32.44	136.56
	Febrero	35.55	1485.11	38.54	8.62	108.41
	Marzo	280.10	189409.68	435.21	97.32	155.38
	Abril	273.90	102696.95	320.46	71.66	117.00
	Mayo	109.60	62644.32	250.29	55.97	228.37
	Junio	242.00	153423.16	391.70	87.59	161.86

Tabla 3. ANVA-Bifactorial para estimar diferencias significativas ($= 5\%$) entre Estaciones de Muestreo y entre Meses e interacción de ambos de la numeración de Coliformes Fecales en el balneario de Huanchaco, 2010.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	"F" calculado	"F" tabulado	Hipótesis
Tiempo	1089382.37	5	217876.474	2.169	2.3157	$\alpha = 0$
Estaciones	248067.13	4	62016.783	0.617	2.4729	$\beta = 0$
Interacción	773631.97	20	38681.599	0.385	1.6883	$\alpha\&\beta = 0$
Error	9040642.00	90	100451.578			
Total	9947723.47	119				

DISCUSIÓN

Desde el punto de vista de la Salud Pública, las bacterias patógenas más comunes encontradas en agua de mar contaminadas por cloacales, pertenecen al género Salmonella, Shiguela y vibriones; además de otros (Casanova, 2006). Si agregamos que en Trujillo de los 88,000 m³ diarios de aguas servidas, sólo son tratados el 65 %, entonces el 35 % restante vertido directamente al mar, van a contaminar las aguas marinas, alterando la calidad de los lugares de recreación adonde acuden los bañistas (MPT, 1995 y Bocanegra, 2000).

Se sabe, que en Huanchaquito el valor de contaminación fecal es muy elevado y por efecto de la corriente marina los contaminantes son dispersados hacia el norte afectando las estaciones de muestreo consideradas en el presente trabajo (Casanova, 2006).

Además, se debe tener en cuenta que los coliformes

fecales no sobreviven mucho tiempo en el agua de mar, por lo que los valores de su presencia pueden variar drásticamente, tanto en el tiempo como en el espacio; lo cual no significa ausencia de contaminación (Sánchez, 1988).

Todas estas razones explicarían los resultados aquí obtenidos, los cuales señalan acentuada heterogeneidad de los valores de coliformes fecales en las cinco estaciones de muestreo y durante los seis meses de evaluación. Por la misma razón, la prueba de ANVA, demuestra que no existe influencia de las Estaciones de Muestreo ni del tiempo (meses), en la presencia de coliformes fecales como indicadores de la calidad de las aguas del balneario de Huanchaco.

Por todo ello, se sugiere utilizar como indicadores de contaminación fecal a enterococos, por ser más resistentes que los coliformes fecales (Casanova, 2006).

CONCLUSIONES

1. Todas las Estaciones de Muestreo en algunos de los meses evaluados presentan valores de coliformes fecales por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental del agua.
2. Solo en el mes de febrero los valores de coliformes fecales están por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental del agua.
3. En promedio los valores de coliformes fecales para las estaciones La Poza y Las Totoras; así como los meses de enero, febrero y mayo no sobrepasan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua.
4. Existe una acentuada variabilidad (heterogeneidad) de los datos, posiblemente debido a la poca capacidad de sobrevivencia de los coliformes fecales.
5. Las Estaciones de Muestreo y los meses no influyen en la presencia de coliformes fecales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, M&M. Moss. 1997. Microbiología de los Alimentos. Edit. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Agenda: Perú. Edit. Carlos Valenzuela. Disponible: <http://www.agendaperu.org.pe/pdfs/pub-06.pdf>
- American Public Health Association, 1998. Standard Methods for examination of Wastewater. 20 edition APHA.
- Bocanegra, C. 2000. Impacto e Indicadores ambientales en la ciudad de Trujillo-Perú. Nuevo Norte S.A.
- Cabelli, V. 1983. Criterios para analizar la calidad de las aguas de mar .CEPIS . Lima –Perú.
- Cabrera Carranza C. 2000. Planeamiento y Gestión del Área Litoral de Chancay". Lima. Revista de Investigación. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. UNMSM. Editorial UNMSM. Lima.
- Casanova, J. 2006. Concentración de enterococos en agua de mar de las playas de los balnearios aledaños a Trujillo entre 1993 al 2000. XVI. Congreso Nacional de Biología. Piura.
- CDMB. 2010. En línea. Internet. 2010. Colombia. Calidad ambiental. Disponible: <http://www.cdm.gov.co/web/index.php/calidad-ambiental-supmenu-282.html>
- Charpentier, S. y J. Hidalgo. 1999. En línea. Internet. 2010. Las políticas ambientales en el Perú.
- Colby, Michael E. 1991. La administración ambiental en el desarrollo: Evolución de los paradigmas. Sobretiro de El Trimestre Económico. vol LVIII (3), núm 231. México.
- Comercio Exterior y Turismo. 2004. En línea. Internet. 2010. Madre de Dios – Perú. El Perú: Un País Megadiverso. I Taller “Competitividad del Sector Ecoturismo en Madre de Dios”.
- Cortés-Lara, M. del C. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación de la franja litoral de Bahía de Banderas Jalisco–Nayarit. Re. Biomed.14:121-123 Decreto Supremo N° 002 - 2008 – MINAM. Aprueban Estándares Nacionales de la Calidad del Agua - Perú.
- ENJOYPERÚ. 2010. En línea. Internet. 2010. Playas del norte. Disponible: <http://www.enjoyperu.com/guiedadestinos/playas-del-norte/playas-del-norte-playas-del-norte.htm>
- Fleisher, J.1995. Implications of Coliformes Variability in the assessment of sanitary quality of recreational waters “J.Hyg. 94: 193-200.
- FUNDESER. 2010. En línea. Internet. 2010. Argentina. Las Reservas Privadas y el Turismo Sustentable. Disponible: <http://www.fundeser.org.ar/documentos/Turismo%20Sostenible,%20un%20servicio%20ambiental%20en%20Area%20Protegidas%20Privadas.doc>
- GESTIOPOLIS. 2010. En línea. Internet. Julio 2010. Perú. Normatividad Ambiental. Economía del Medio Ambiente. Disponible: <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/normatividad-ambiental-peru.htm><http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/normatividad-ambiental-peru.htm#mas-autor>

- Herrera, A y P. Suarez .2005 . Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. INCI, 30 (3): 171-176
- Hidalgo, Jessica; Solano, Pedro; Pulgar-Vidal, Manuel. 1996. Diagnóstico de la Situación de la Gestión y la Legislación Ambiental en el Perú.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental - Consejo Nacional del Ambiente, Lima- Perú. http://www.congreso.gob.pe/congresista/2001/esalhuana/Eventos/taller_ecoturismo/Marco_Teorico.pdf
- Iglesias León S. (2001) "Situación de la contaminación atmosférica en Lima Metropolitana. Revista de Investigación". Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Editorial UNMSM. Lima.
- Instituto del Mar del Perú (IMARPE). 1996. Evaluaciones del grado de contaminación de los efluentes provenientes de plantas pesqueras realizadas en julio de 1995 y enero de 1996. Lima – Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2000). Estadísticas del Medio Ambiente 2000. Editorial INEI, 210 p.
- Mc Junkin , E. 1988. Agua y Salud Humana .OPS. México.Limusa. S.A.
- Municipalidad Provincial de Trujillo ,2002. Atlas Ambiental de la Ciudad de Trujillo-Peru.Talleres Gráficos de QuabecorWorld Perú S.A.
- Municipalidad Provincial de Trujillo .1995 . Plan de Desarrollo Metropolitano de Trujillo al 2010. Segunda edic. MPT. Trujillo – Perú.
- OEA y PNUMA. 2010. En línea. Internet. 2010. Bolivia-Perú. "Diagnóstico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (Sistema TDPS)": Capítulo IV: Manejo de la Calidad Ambiental. Disponible: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea31s/ch08.htm>
- Pardavé Livia W. (1999) Ecología y Calidad Ambiental Editorial Bucaramanga. Colombia. 130 p.
- Perúturismo. 2010. En línea. Internet. 2010. Playas y Balnearios – Playas del Norte. Disponible: <http://www.peruturismo.com/CateInfo.asp?CatInfoI=76>
- Salas, H.1985. Historia y aplicación de Normas Microbiológicas de calidad de agua en medio marino .Lima .CEPIS
- Sanchez, P. 1988. Procedimiento para coleccionar muestras de agua. Lima. CEPIS.
- Steel, R. y James Torrie, 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. Edic. Edit. Presencia Ltda. Bogotá – Colombia.
- United State Enviromental Protection Agency.1984. Water quality criteria. Request for comments. Fed.Regist 49 (02)
- Urrutia Prugue, A. y cols. 2003. Perú: País Megadiverso. ONG. Perú Ecológico. Lima – Perú.
- Valenzuela, A. 1988. Toma de muestra microbiológica de agua de mar: Lima – DIGESA

Correspondencia

Sócrates Florián Medina
mga_6789@hotmail.com