

Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017

Relationship between total and thermotolerant coliforms with physicochemical factors of water in six beaches of the bay of Sechura-Piura 2016-2017

Ariana Gianoli ¹, Armando Hung ¹, Carlos Shiva ¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la contaminación existente en seis puntos de la bahía de Sechura (Las Delicias, Parachique, Puerto Rico, San Pedro, Chulliyachi y el Dren de Sechura), a través de un análisis bacteriológico del agua. Se utilizó el método cuantitativo de Número Más Probable, el cual indica la concentración de bacterias coliformes totales y fecales. Todos los puntos monitoreados presentaron niveles no aptos según el decreto supremo N° 004-2017-MINAM en algún momento del año (Ministerio de Ambiente, 2017). Puerto Rico sobrepasó los límites establecidos según la normativa en varios meses del año y fue considerado el punto con mayor carga bacteriana del estudio. En contraste, las Delicias es considerado el punto con menor carga bacteriana. Se encontró que los factores fisicoquímicos presentes en el ambiente no influyeron en la presencia de coliformes. Se concluye que el estado del agua de la bahía durante el periodo de estudio represento un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Coliformes, coliformes totales, coliformes termotolerantes, bahía de Sechura, Piura.

SUMMARY

The aim was to determine the contamination at the Sechura Bay in six points (Las Delicias, Parachique, Puerto Rico, San Pedro, Chulliyachi and Sechura Drain) through a bacteriological analysis of water. The quantitative method of Most Probable Number (MPN) was used, which indicates the concentration of total and fecal coliform bacteria. At some point of the year, all the monitored points presented unfit levels according to the supreme decree N° 004-2017-MINAM. Puerto Rico exceeded the limits established by the regulations in several months of the year and it was considered the point with the highest bacterial load in the study. In contrast, Las Delicias is considered the point with the lowest bacterial load. It was found that the physicochemical factors of the environment are non-significant in the presence of coliforms. It is concluded that the current state of the bay's water represents a risk to the health of people and the environment.

KEY WORDS: Coliforms, total coliforms, thermotolerant coliforms, Sechura Bay, Piura.

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Piura es una de las zonas donde el consumo de moluscos es popular, y en el cual se realiza pesca tanto industrial como artesanal. El río Piura, el cual atraviesa el departamento, recibe diversos tipos de vertimientos de residuos sólidos, agrícolas, mineros, industriales e incluso de hospitales, así mismo en la mayoría de centros urbanos las aguas servidas no son tratadas, y son descargadas directamente al río, se conoce la existencia de plantas de tratamiento, pero son inoperativas por su falta de mantenimiento o capacidad. La zona de amortiguamiento de la Bahía de Sechura (Piura) se halla expuesta a estos factores de contaminación, la bahía es uno de los principales bancos naturales de concha de abanico, siendo los moluscos bivalvos animales que se alimentan mediante un mecanismo de filtración, son capaces de acumular microorganismos y otros elementos del ecosistema donde habitan. (Lovatelli, Farias, y Uriarte, 2008; González, Graü, Villalobos, Gil, y Vasquez-Suárez, 2009; Grupo INCLAM, 2013)

Uno de los principales problemas que enfrentan los ecosistemas acuáticos son los vertidos de aguas residuales domésticos y urbanos, que representa una degradación del ecosistema, incrementando el riesgo de enfermedades y deteriorando la calidad del agua, creando un desequilibrio ecológico y elevando los costos para la potabilización del agua. A lo largo de toda la costa peruana se arrojan al rededor 434 90 millones de m³/año de aguas residuales domésticas (Owen, 2005; Tamani, 2014; MINAM, 2008; Ramos, Vidal, Vilarde y Saavedra, 2008; Vergaray, Méndez, Morante, Heredia, y Béjar, 2007; Trujillo y Guerrero, 2015).

La contaminación fecal en las playas proviene de desagües domésticos, descargue de ríos y de los bañistas que hacen uso indebido de las playas. Los agentes patógenos causantes de la contaminación de aguas y de enfermedades gastrointestinales como *Salmonella*, *Echerichia*, *Vibro*, *Shiguella*, *Rotavirus*, *Hepatitis A*, *Giardia*, entre otros, se propagan y excretan por las heces humanas, de ocurrir en un área con un saneamiento inadecuado pueden llegar a infectar a la población (Tamani, 2014; González et al., 2009; Vargas, 2011; Flores, 2012).

La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) implementó desde el 2005 el Plan de Monitoreo de la Calidad de Agua de las cuencas Chira y Piura, en conjunto a la Autoridad Nacional del Agua

(ANA), el cual consiste en vigilar todo vertimiento de aguas residuales y de determinar los límites de concentración permisibles de sustancias nocivas en las aguas de estos ríos. En gran parte de los puntos de control se encuentran valores elevados de coliformes totales y termotolerantes (Grupo INCLAM, 2013).

Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, determinan los niveles de contaminación en el agua para que no representen riesgo para la salud de las personas ni del medio ambiente.

Escherichia coli se encuentra en altas concentraciones de heces humanas, siendo así un buen indicador de contaminación utilizado por las autoridades. En la mayoría de las aguas, el género predominante de los coliformes es *Escherichia*, pero es posible hallar otros tipos de géneros como *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. Dentro de los coliformes se encuentra un grupo denominado coliformes termotolerantes, siendo *Escherichia coli* parte del grupo, los coliformes termotolerantes distintos a este se pueden hallar en aguas orgánicamente enriquecidas, como efluentes industriales o de materias vegetales y en suelos en descomposición. La OMS dicta que no se deben hallar patógenos en el agua potable como *Escherichia coli* o coliformes termotolerantes en muestras de 100 ml del agua para el consumo humano (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1988; Kornacki y Johnson, 2001; Tamani, 2014; Valencia, 2007; Ramos et al., 2008; Vergaray et al., 2007).

En este contexto, el estudio tuvo como objetivo determinar la calidad del agua de seis puntos establecidos de la Bahía de Sechura, basándose en el hallazgo de coliformes totales y termotolerantes como indicadores de contaminación fecal; con la finalidad de establecer si los mismos representaban riesgo significativo para la salud de las personas o el medio ambiente cuando eran contrastados con los valores establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua otorgados por el MINAM. Asimismo, se realizó la medición de los factores fisicoquímicos del agua, tales como pH, salinidad, temperatura y oxígeno, con la finalidad de encontrar una relación entre estas y la presencia de las bacterias estudiadas en el agua.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras fueron tomadas a lo largo de la Bahía de Sechura, departamento de Piura, ubicado al norte

Tabla 1. Zonas de las cuales se recolectaron las muestras de agua.

PLAYA	LATITUD	LONGITUD
Parachique	05° 50' 18.5" S	80° 50' 57.1" O
San Pedro	05° 31' 10.3" S	80° 53' 32.5" O
Chuyillachi	05° 33' 17.1" S	80° 49' 35.4" O
Las Delicias	05° 43' 27.0" S	80° 51' 17.6" O
Puerto Rico	05° 47' 48.4" S,	81° 03' 21.4" O
Dren de Sechura	05°43' 26.0" S	80°51'23.5" O

del Perú, próximo a la línea ecuatorial, comprende una amplia región costera, limitante con el Océano Pacífico. Con 1 676 315 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2008), con un aproximado de 46,7 hab/km². Se decidió utilizar puntos referentes de estudios previos (Hung, 2015; Quijada, 2016) para determinar las 6 zonas de las cuales se recolectaron las muestras de agua (tabla 1).

Las muestras de agua fueron recolectadas quincenalmente durante doce meses, iniciando en marzo 2016 hasta febrero 2017. Haciendo un total de 24 muestras de un 1 litro de agua por punto establecido.

La recolección de las muestras fueron realizada siguiendo el protocolo N°PTE-010-09-SANIPES utilizado por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES, 2015). Previo a la recolección se hizo uso de un equipo multiparámetro con el cual se recolectaron los datos de pH, salinidad, temperatura y oxígeno del agua muestreada. Luego se desinfectaron los implementos que se utilizaron para la toma de muestra, se tuvo en cuenta la utilización de guantes descartables de polietileno, mascarilla naso-bucal y tocas. Las botellas plásticas de un litro de contenido fueron previamente esterilizadas y abiertas bajo el agua. Una vez recolectada la muestra fueron almacenadas en un envase hermético a una temperatura aproximada entre 2 - 8 °C.

Para el procesamiento de las muestras se utilizó la técnica de número más probable (NMP) basada en el protocolo establecido por la Organización Internacional de Normalización (ISO) 1991. Esta consistió en realizar una prueba presuntiva para coliformes, seguida de esta una confirmativa para la detección de coliformes totales y fecales.

La prueba presuntiva de NMP consistió en la siembra de la muestra de agua en tres diluciones (1/1, 1/10, 1/100) en Caldo de Triptona Lauril Sulfato

(CTLS), cada dilución fue sembrada en cinco tubos, dejándolos incubar a 35°C ± 1°C durante 48 horas. Se consideró positivos los tubos que presentaron formación de gas y turbidez en el medio, pasadas las 48 horas.

La prueba confirmativa para coliformes totales se realizó a partir de cada tubo de CTLS con formación de gas y turbidez, el cual pasó a resiembra, utilizando para la recolección del caldo presuntivo un asa y resembrando, en Caldo Lactosado con Bilis y Verde Brillante, dejando incubar a 35.5°C ± 1°C durante 48 horas. Se consideraron positivos los tubos que presentaron formación de gas y turbidez en el medio, pasadas las 48 horas.

Para confirmar la presencia de coliformes fecales y *E. coli*, se utilizaron los tubos de CTLS con formación de gas y turbidez, los cuales pasaron a resiembra usando para la recolección del caldo presuntivo un asa y resembrado en Caldo EC (*Escherichia coli*), dejando incubar a 44.5°C ± 1°C durante 48 horas, aquellos tubos positivos fueron los que presentaron formación de gas y turbidez en el medio pasado las 48 horas.

Los resultados de las muestras fueron comparados con la tabla del "Método estándar para la examinación de agua y agua de desechos" (American Public Health Association [APHA], 2012), para determinar la cantidad de bacterias encontradas un litro de agua por punto establecido.

Los resultados obtenidos al finalizar el estudio fueron analizados por medio de la prueba estadística de correlación y regresión lineal múltiple de Pearson utilizando el programa STATA 13.0, para cuantificar la fuerza y asociación entre las variables fisicoquímicas del agua y la carga bacteriana. Los resultados se muestran en tablas, considerando los valores de la correlación, coeficiente de determinación y el nivel de significancia para el modelo de regresión encontrado.

RESULTADOS

Del total de muestras (n=111), los resultados reportaron que todas ellas dieron positivo a coliformes totales (100%) y 109 fueron positivos a coliformes termotolerantes (98.19%).

Los puntos de toma de muestra fueron categorizados en base al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, teniendo diversas categorías para la evaluación de aguas observadas en el Cuadro 1. Las categorías se encuentran clasificadas en “Aguas superficiales destinadas para la recreación de contacto primario” (1B1), “Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras” (2C1), “Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras” (2C2), y “Ecosistemas costeros y marinos” (4E3). Se consideró que un mismo punto podría ser evaluado con más de una categoría, fue el caso de las playas San Pedro, Chulliyachi, Las Delicias y Parachique, pues estas zonas están destinadas para la recreación y a su vez se realiza la pesca o extracción de especies. La tabla 2 muestra el porcentaje total recolectado de muestras de los puntos bajo un nivel de carga bacteriana.

El análisis estadístico encontró que Puerto Rico fue el único lugar con una relación significativa

entre crecimiento de coliformes totales y coliformes termotolerantes con las condiciones de pH, temperatura y salinidad. Los resultados del coeficiente de correlación y de determinación se presentan en la tabla 3 y en las tablas 4 y 5 se observa la significancia del aporte de cada una de las variables al modelo de regresión. Así mismo Puerto Rico presentó un nivel de carga bacteriana por encima de la categoría 1B1 los meses de abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre 2016 y enero del 2017 (gráfico 1).

San Pedro presentó niveles de carga bacteriana por encima de la categoría 2C1 los meses de marzo, abril, agosto, octubre, noviembre y diciembre del año 2016, y presentó un nivel de carga bacteriana por encima de la categoría 1B1 los meses de marzo, abril, noviembre y diciembre del año 2016 (gráfico 2).

Chulliyachi presentó niveles de carga bacteriana por encima de la categoría 2C1 los meses de marzo, abril, mayo, junio, agosto y diciembre del año 2016. Y presentó niveles por encima de la categoría 1B1 los meses de marzo, abril, mayo, junio, agosto y diciembre del año 2016 (gráfico 3).

Dren de Sechura presentó niveles de carga bacteriana por encima de la categoría 4E3 los meses de abril, mayo, septiembre, noviembre, diciembre del año 2016 y enero del 2017. A diferencia de los otros

Tabla 2. Porcentaje total recolectado de muestras de los puntos bajo un nivel de carga bacteriana. Información referencial basada en el decreto supremo N° 015-2017-MINAM de la categorización de los puntos analizados en la Bahía de Sechura, Piura – Perú, año marzo 2016 - febrero 2017.

	NMP/100ml	Puerto Rico (%)	San Pedro (%)	Chuquillachi (%)	Las Delicias (%)	Parachique (%)	Dren de Sechura (%)
1B1: Aguas superficiales destinadas para la recreación de contacto primario	CT < 1000	57.9	89.5	73.7	-	-	-
	CT > 1000	42.1	10.5	26.3	-	-	-
	Ct < 200	47.4	84.2	73.7	-	-	-
	Ct > 200	52.6	15.8	26.3	-	-	-
2C1: Aguas destinadas a la extracción y cultivo de moluscos bivalvos	Ct* < 14	-	10.5	15.8	73.7	52.6	-
	Ct** < 88	-	57.9	42.1	15.8	31.6	-
	Ct > 88	-	31.6	42.1	10.5	15.8	-
2C2 : Aguas destinadas a la extracción y cultivo de especies hidrobiológicas	Ct < 30	-	-	-	84.2	68.4	-
	Ct < 30	-	-	-	15.8	31.6	-
4E3: Ecosistemas marinos costeros	Ct < 1000	-	-	-	-	-	63.1
	Ct > 1000	-	-	-	-	-	36.9

CT: Coliformes totales (35-37°C), Ct: Coliformes termotolerantes (44.5°C), *Aprobados: consumo seguro, **Restringido: depuración previa al consumo

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

Tabla 3. Valor de la correlación lineal y coeficiente de determinación para la relación entre crecimiento de coliformes totales y Coliformes termotolerantes con las condiciones de pH, temperatura, salinidad y oxígeno en la Bahía de Sechura, Piura – Perú, año marzo 2016 – febrero 2017.

ZONA	COLIFORMES TOTALES			COLIFORMES TERMOTOLERANTES		
	R	R ²	Sig.	R	R ²	Sig.
Puerto Rico	0.68	0.42	0.055	0.695	0.483	0.043
Parachique	0.369	0.136	0.7	0.695	0.169	0.597
Las Delicias	0.428	0.183	0.559	0.457	0.209	0.478
Chuquillachi	0.673	0.452	0.062	0.596	0.355	0.163
San Pedro	0.498	0.248	0.373	0.450	0.203	0.495
Dren de Sechura	0.559	0.312	0.347	0.559	0.312	0.347

*R: Coeficiente de correlación, **R2: Coeficiente de determinación, ***SIG: Significancia

Tabla 4. Valor de la significancia de las diversas constantes, Temperatura, Oxígeno, Salinidad, pH en relación al crecimiento de Coliformes Totales en la Bahía de Sechura, Piura – Perú, año marzo 2016 - febrero 2017.

Categorías físico químicas	Puerto Rico	Parachique	Las Delicias	Chuquillachi	San Pedro	Dren de Sechura
Temperatura (°C)	0,082	0,768	0,315	0,327	0,455	0,132
Oxígeno (mg/l)	0,028	0,178	0,776	0,055	0,109	0,181
Salinidad (ppm)	0,483	0,892	0,307	0,059	0,207	0,552
pH	0,011	0,796	0,699	0,898	0,417	0,996

Tabla 5. Valor de la significancia de las diversas constantes, Temperatura, Oxígeno, Salinidad, pH en relación al crecimiento de Coliformes Termotolerantes en la Bahía de Sechura, Piura – Perú, año marzo 2016 - febrero 2017.

Categorías físico químicas	Puerto Rico	Parachique	Las Delicias	Chuquillachi	San Pedro	Dren de Sechura
Temperatura (°C)	0,077	0,758	0,360	0,721	0,352	0,102
Oxígeno (mg/l)	0,025	0,382	0,685	0,144	0,145	0,223
Salinidad (ppm)	0,414	0,318	0,378	0,352	0,306	0,644
pH	0,009	0,754	0,505	0,189	0,342	0,939

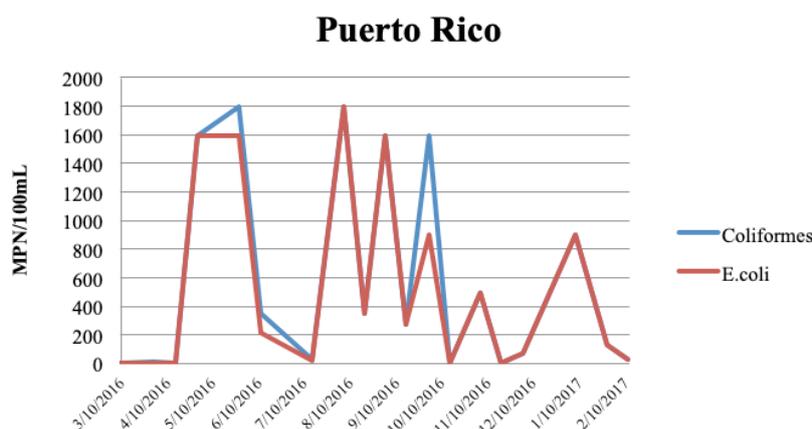


Gráfico 1. Niveles de carga bacteriana en Puerto Rico.

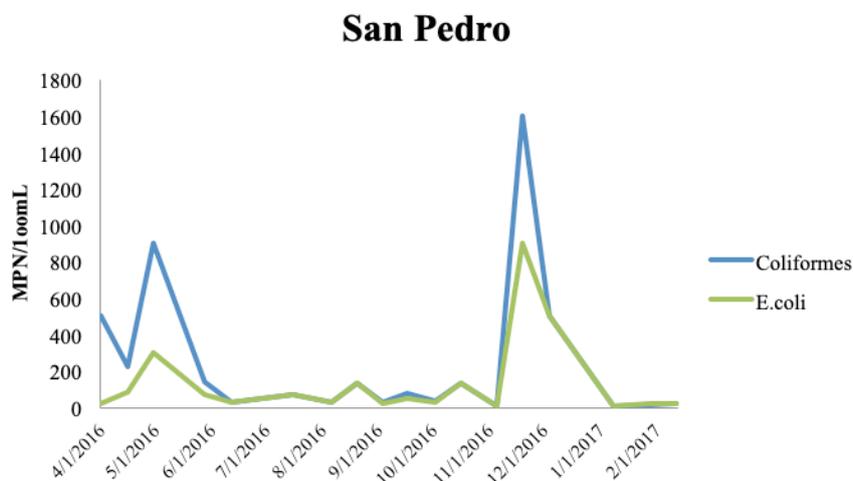


Gráfico 2. Niveles de carga bacteriana en San Pedro.

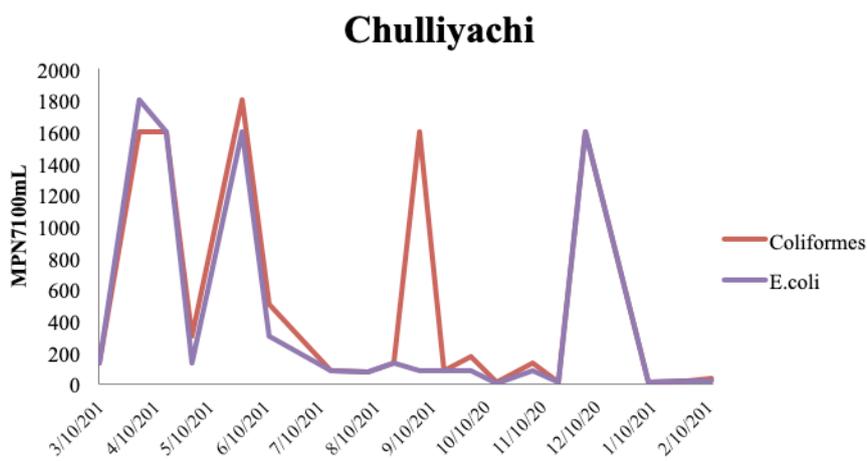


Gráfico 3. Niveles de carga bacteriana en Chulliyachi.

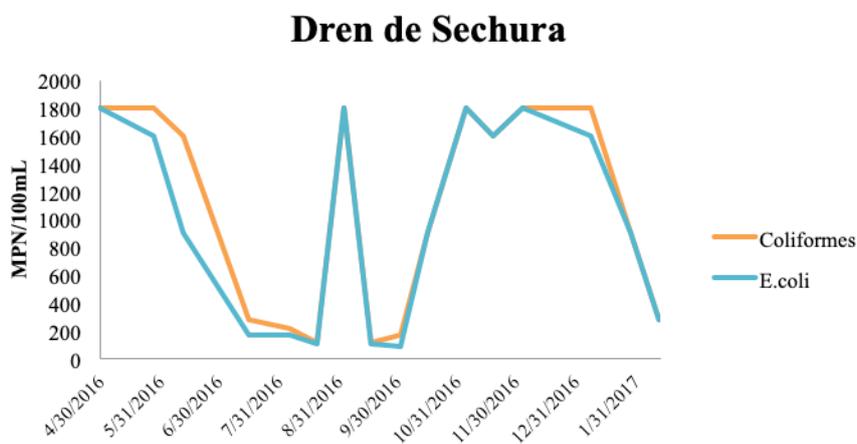


Gráfico 4. Niveles de carga bacteriana en Dren de Sechura.

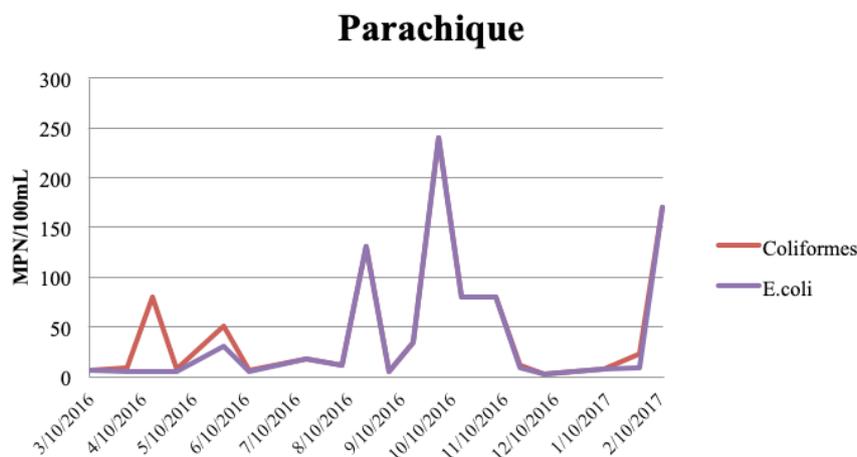


Gráfico 5. Niveles de carga bacteriana en Parachique.



Gráfico 6. Niveles de carga bacteriana en Las Delicias.

puntos el Dren de Sechura fue monitoreado solo por 10 meses (gráfico 4).

Parachique presentó niveles de carga bacteriana por encima de la categoría 2C1 los meses de septiembre, octubre del año 2016 y febrero del 2017, y presentó niveles por encima de la categoría 2C2 los meses de septiembre, octubre, noviembre del año 2016 y febrero del 2017 (gráfico 5).

Las Delicias presentó niveles de carga bacteriana por encima de la categoría 2C1 los meses de agosto y octubre del año 2016, y presentó niveles por encima de la categoría 2C2 los meses de agosto, octubre y diciembre del año 2016 (gráfico 6).

En el estudio se hizo uso de un multiparámetro para la medición de los parámetros fisicoquímicos del

agua tales como temperatura, salinidad, oxígeno y pH. Se observó un rango de temperatura que iba de 16.85 – 31.64 °C, un rango de oxígeno de 0.18-7.51 mg/l, de salinidad de 2.80-36.2 ppm y de pH de 6.80 -9.24 a lo largo del periodo verano 2016 hasta el verano

DISCUSIÓN

La bahía de Sechura, es una de las más extensas del litoral peruano donde se realiza la actividad de pesca artesanal, la maricultura y la petrolera, a donde llega el oleoducto que transporta el crudo de petróleo desde la Amazonía. (Sánchez, Blas y Chau, 2010). En el informe descrito por Sánchez et al. (2010) se encontró un valor de coliformes totales y termotolerantes que estaban por encima de la normativa de la categoría dos en las playas de Constante, Las Delicias y Vichaya.

En el estudio se encontró que el punto con mayor carga bacteriana fue el Dren de Sechura. El agua de esa zona se caracteriza por ser una mezcla de agua salada y dulce, que no posee una corriente continua, de baja profundidad, y hábitat de peces y algunas aves costeras. Se observó que el área era utilizada como botadero de basura y contaba con salidas de desagües, factores que contribuirían a que las bacterias perduren en el medio ambiente.

En base al análisis de correlación y regresión se encontró que Puerto Rico fue el único punto que mostró significancia entre crecimiento de coliformes totales y coliformes termotolerantes con las condiciones ambientales estudiadas, concluyendo que la relación de factores externos como la contaminación ambiental se encuentran fuertemente ligadas a la presencia de las bacterias. Así mismo se determinó el factor más importante para la presencia de coliformes fue el pH. El agua de esta zona proviene del puerto en donde se realiza descarga constantes y a unos kilómetros se localiza una playa con el mismo nombre, concurrida en épocas de verano. Cerca de las embarcaciones el área se encuentra contaminada con grandes cantidades de basura y próxima a un área destinada a relleno sanitario informal, de donde provendría la fuente de contaminación principal.

Los coliformes termotolerantes distintos a *Echerichia coli*, pueden provenir de aguas orgánicamente enriquecidas, como efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición. Existe la posibilidad de que sea el caso de San Pedro y Chulliyachi, puntos cercanos a los manglares. Ambas playas se encuentran en la desembocadura de uno de los brazos norte del río Piura y según el Informe de Hung (2015), este brazo del río contiene una alta contaminación microbiológica, de metales pesados, y pesticidas de uso agrícola. El riesgo en estas zonas es la extracción de palabritas (*Donax spp.*) Según el estudio, en 19 monitoreos realizados, un 10.5% y 15.8% de las palabritas recolectadas en San Pedro y Chulliyachi serían aptas para consumo inmediato, 57.9% y 42.1% debieron haber pasado por depuración y 31.6% y 42.1% no serían aptas para el consumo. Así mismo, se ha descrito en el informe que la extracción de estos moluscos se realiza sin considerar las prácticas básicas de higiene, poniendo en riesgo la salud de aquellos que los consumen.

El menor punto con carga bacteriana fue Las Delicias. A lo largo del año, de los 19 monitoreos realizados, un 73.7% fue apto para la categoría 2C1

indicando que en esas fechas los moluscos extraídos en la zona serían aptos para consumo inmediato debido a la presencia de un grado de contaminación leve. La zona marítima se encuentra cerca al área de amortiguamiento donde se realizaban actividades de extracción. Por otro lado, Parachique es otro de los puntos que se localiza cerca al área de amortiguamiento y de los 19 monitoreos realizados el 52.6% fue apto para la categoría 2C1 indicando que en esas fechas los moluscos extraídos en la zona serían aptos para consumo inmediato. En ambas zonas se realizaba pesca artesanal y extracción de moluscos. Se cree que estas zonas presentaron estos resultados, debido a su ubicación, pues los coliformes no se mantienen tanto tiempo en agua salada. Al hallarse resultados positivos, indicaría un riesgo latente, pues si el grado de contaminación aumenta, afectaría al cultivo y al ecosistema acuático, el cual comprometería la salud de la población de la Bahía de Sechura.

En el caso de Parachique se sospecha que el grado de contaminación es mayor debido a que se ha reportado que la desembocadura de uno de los brazos sur del río transportaba restos sólidos de efluentes de los centros urbanos, zonas agrícolas (con riesgo de pesticidas), zonas pecuarias (con riesgo de medicamentos de uso veterinario), hidrocarburos y metales pesados de la actividad minera. Además, ese mismo año se reportó el vertimiento de aguas servidas al río (cuando se malogran las estaciones de bombeo por falta de mantenimiento) (Hung, 2015).

Así mismo en el estudio realizado por Quijada (2016) en las playas de Las Delicias y Parachique encontró que en las zonas evaluadas el 2013, la contaminación era constante dada por *E.coli*. Al mismo tiempo halló valores de Coliformes por encima de lo permitido para la extracción de moluscos bivalvos, en algunos de sus muestreos.

No se encontró una relación directamente proporcional a la época del año y la contaminación presente en los puntos de control, se cree que esto es debido a las corrientes y las actividades que se realizan.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se realizó la medición de la temperatura, oxígeno, salinidad y pH del agua de donde se obtuvieron las muestras. La temperatura tuvo una variación de 16.85 °C hasta 31.64°C con un promedio de 24.24 °C grados a lo largo del año, la variación de las temperaturas por punto fue mínima. El oxígeno mostró una variación

relacionada a la ubicación del punto, se llegó a concluir que los factores de profundidad y oxígeno son inversamente proporcionales, ante una mayor cantidad de profundidad menor cantidad de oxígeno encontrado. Se sabe por estudios que coliformes se hallan más concentrados en la superficie de las aguas.

El estudio concluye que es conveniente mantener un monitoreo de los ambientes en los que se desarrolla la explotación de productos hidrobiológicos, así como el de los ríos por ser efluentes del mar a donde arrastran contaminantes de diversos tipos. Así mismo se debe generar programas de concienciación para el cuidado de los sistemas acuáticos y aplicar la normativa correspondiente para la eliminación de desechos.

Se espera que los resultados del estudio sirvan a entidades del estado como el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud y Autoridad Nacional del Agua, entre otras a fin de mantener la vigilancia de estos ambientes en favor de la salud ambiental, animal y la salud pública.

CONCLUSIONES

Todos los puntos monitoreados en la Bahía de Sechura presentaron niveles no aptos según el decreto supremo N° 004-2017-MINAM en algún momento del año.

La playa Puerto Rico sobrepasó los límites establecidos para las categorías 1B1, 2C1 y 2C2 según la normativa los meses de abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre 2016 y enero del 2017, siendo considerada el punto con mayor carga bacteriana del estudio.

La playa Las Delicias es considerado el punto con menor carga bacteriana, ya que solo llegó a sobrepasar los 2C1 y 2C2 los meses de agosto y octubre 2016. Los factores fisicoquímicos (pH, temperatura, salinidad y oxígeno) presentes en el ambiente fueron insignificantes ante la presencia de coliformes.

El presente trabajo fue financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú), de acuerdo al contrato 134-PNICP-PIAP-2015

Correspondencia

Ariana Gianoli
Correo electrónico: ariana.gianoli.g@upch.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. American Public Health Association. (2012). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. (22nd ed; p.1360). Washington: American Public Health Association.
2. Flores, A. (2012). *Indicadores de contaminación fecal de las playas Huanchaco, Huanchaquito y Buenos Aires de Trujillo, octubre 2011-abril 2012*. (Tesis para título profesional, Universidad Nacional del Trujillo, Trujillo, Perú).
3. González, M., Graü, C., Villalobos, L. B., Gil, H., & Vasquez-Suárez, A. (2009). Calidad Microbiológica de la ostra *Crassostrea rhizophorae* y aguas de extracción, Estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica*, 19(6),659-666.
4. Hung, A. (2015). *Monitoreo y caracterización de la contaminación ambiental de ecosistemas acuáticos y su impacto en la sanidad y producción de moluscos bivalvos en la costa norte del Perú. N° 134-PNICP-PIAP-2015*. Piura, Perú: INNOVATE Perú.
5. Grupo INCLAM (2013). *Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura*. Piura, Perú: Autoridad Nacional del Agua.
6. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2008). *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
7. International Organization for Standardization. (May 1991). *ISO 4831:1991 Microbiology - General guidance for the enumeration of coliforms - Most probable number technique*. Ginebra: International Organization for Standardization. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/10812.html>
8. Kornacki, J. L., & Johnson, J. L. (2001). Enterobacteriaceae, coliforms, and Escherichia coli as quality and safety indicators. En: Y. Salfinger, & M.L. Tortorello. editors. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (pp.69-82). Washington DC: American Public Health Association. doi: <https://doi.org/10.2105/MBEF.0222>
9. Lovatelli, A., Farias, A., & Uriarte, I. editores. (2008). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura. Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO, 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
10. Ministerio del Ambiente. (2008) *Estándares de calidad ambiental*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
11. Organización Mundial de la Salud. (1988). *Guías para la calidad del agua potable*. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud.
12. Owen, J. (2005). *Contaminación de las aguas*.

- Buenos Aires: Ministerio de Producción.
13. Ministerio de Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Lima, Perú: Diario El Peruano.
 14. Quijada, M. (2016). *Identificación y cuantificación de coliformes totales y Escherichia coli en las zonas de amortiguamiento Las Delicias y Parachique en la Bahía de Sechura-Piura*. (Tesis para título profesional, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú) Recuperado de: <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/316>
 15. Ramos, L. M., Vidal, L., Vilardy, S., & Saavedra, L. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 87
 16. Sánchez, G., Blas, N., & Chau, G. (2010). *Informe nacional sobre el estado ambiental marino del Perú*. Lima, Perú: Ministerio de la Producción.
 17. SANIPES (2015). *Relación de métodos aprobados N°PTE-010-09-SANIPES*. Piura, Perú: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, Subdirección de Normatividad Sanidad Pesquera y Acuícola, Ministerio de Producción.
 18. Tamani, Y. (2014). *Evaluación de la calidad de agua del río negro provincia de Padre Abad, Aguaytía*. Tingo Maria, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
 19. Trujillo, G., & Guerrero, A. (2015). Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú. *REVISTA REBIOL*, 35(1), 23-33.
 20. Valencia, J. L. (2007). Estudio estadístico de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Ebro (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España).
 21. Vargas, K. (2011). *Indicadores microbiológicos de calidad ambiental del botadero la muyuna*. Tingo Maria, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
 22. Vergaray, G., Méndez, C. R., Morante, H. Y., Heredia, V. I., & Béjar, V. R. (2007). Enterococcus y Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 10(20), 82-86.