

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**“Estudio microbiológico y físico químico de la calidad del agua
en seis puntos de la Bahía de Sechura – Piura”**

Tesis para optar el título profesional de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Ariana María Gianoli Gianoli

Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Lima – Perú

2018

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Al Proyecto “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 financiado por Innóvate Perú – PRODUCE. A mis asesores el Dr. Armando Hung y el Dr. Carlos Shiva, al Dr Néstor Falcón, a la Ing. Diana Lazo, a la gente del laboratorio y administrativa que estuvo en el proyecto, y al apoyo de mi madre.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the existence of contamination at the Sechura Bay in six different points (Las Delicias, Parachique, Puerto Rico, San Pedro, Chulliyachi and Sechura Drain) through a bacteriological analysis of water, using the quantitative method of Most Probable Number (MPN), which indicates the concentration of total and fecal coliform bacteria. All the monitored points presented unfit levels according to the supreme decree N ° 004-2017-MINAM at some point of the year. Puerto Rico exceeded the limits established by the regulations in several months of the year 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 present in the environment are insignificant 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.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la contaminación existente de la bahía de Sechura en seis distintos puntos (Las Delicias, Parachique, Puerto Rico, San Pedro, Chulliyachi y el Dren de Sechura) a través de un análisis bacteriológico del agua, utilizando el método cuantitativo de Número Más Probable (NMP), 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. Puerto Rico sobrepasó los límites establecidos según la normativa en varios meses del año considerada 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 son insignificantes ante la presencia de coliformes. Se concluye que el estado actual del agua de la bahía representa un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.

Palabras clave: Coliformes, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Bahía de Sechura, Piura.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes respecto a la contaminación de 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, lo cual crea un desequilibrio ecológico y eleva los costos para la potabilización del agua (Owen 2005; Tamani, 2014; INCLAM 2013; MINAM 2008).

Según el Decreto Supremo N° 004-20017-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.

Uno de las preocupaciones que tienen las autoridades es la gran diversidad de microorganismos patógenos que pueden contener las vertientes residuales y los efectos sobre la salud. A lo largo de toda la costa peruana se arrojan al rededor 434 90 millones de m³/año de aguas residuales domésticas. Los problemas de contaminación marina están estrechamente relacionados al crecimiento constante de las poblaciones cerca de las zonas costeras, y de las actividades que estos realizan, así mismo la contaminación puede proceder de afluentes cercanas como ríos (Ramos *et al.*, 2008; Vergaray *et al.*, 2007; Trujillo 2015; INCLAM, 2013)

Los agentes patógenos causantes de la contaminación de aguas abarcan bacterias, virus protozoarios y circunstancialmente helmintos. Estos agentes (*Salmonella*, *Echerichia*, *Vibro*, *Shiguella*, *Rotavirus*, *Hepatitis A*, *Giardia*, entre otros) se propagan y excretan por las heces, de ocurrir en un área con un saneamiento inadecuado pueden llegar a los cursos del agua, contaminándolos e infectando a la población. Se cree que las principales fuentes de contaminación fecal en las playas provienen desagües domésticos, descargue de ríos y de los bañistas que hacen uso indebido de las playas (Tamani.,2014; González *et al.*, 2009; Vargas., 2011; Flores., 2012).

En Perú las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) son un problema serio para la salud pública, debido a fallas al momento de la cadena de producción de los alimentos que son posibles de evitar. En el caso de productos marinos y más específicamente de moluscos bivalvos, quienes se alimentan mediante un mecanismo por filtración, son capaces de

acumular microorganismos y otros elementos del ecosistema donde habitan y puesto que muchas veces el consumo de estos es directo hace al hombre susceptible a contraer diversas enfermedades gastrointestinales. (González *et al.*, 2009; Lovatelli *et al.*, 2008)

Piura es una de las zonas donde el consumo de moluscos es muy popular. El departamento se encuentra ubicado al norte del país, donde se realiza pesca tanto industrial como artesanal. A lo largo de este departamento recorren dos grandes ríos, Piura y Chira, que desembocan en el océano Pacífico. La Bahía de Sechura es uno de los principales bancos naturales donde tradicionalmente existen asentamientos de larva y reclutamiento de concha de abanico, de forma fluctuante según las condiciones ambientales. Asimismo, la zona de amortiguamiento de la bahía se halla expuesta a diversos factores de contaminación, dados por las salientes contaminadas de los ríos al mar, los desagües de la población y algunas empresas pesqueras. Los bajos desembarques y biomásas de la producción de moluscos bivalvos supuestamente se deben a la descarga de ríos que disminuyen la salinidad que limita la filtración de partículas alimenticias. La alteración de la producción de los bancos se presenta como un desafío para el manejo y sostenibilidad de la pesquería en la costa peruana. (Lovatelli *et al.*, 2008)

El río Piura recibe diversos tipos de vertimientos de residuos sólidos, agrícolas, mineros, industriales e incluso de hospitales, lo viene preocupando a las autoridades desde hace años atrás. En la mayoría de centros urbanos las aguas servidas no son tratadas y estas se descargan directamente al río. Se sabe que existen plantas de tratamiento pero no se puede hacer uso de ellas debido a la falta de mantenimiento o su falta de capacidad. Los hospitales son posibles focos de contaminación de agentes patógenos a través de los vertidos de sus aguas y de los residuos sólidos que estos generan. Hasta los años 2006-2007 se vertía directamente al río, actualmente se vierten al alcantarillado público, que tampoco cuenta con los sistemas de tratamiento ni de control adecuados (INCLAM., 2013)

La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) viene implementando el Plan de Monitoreo de la Calidad de Agua de las cuencas Chira y Piura desde el año 2005, en conjunto a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), son entidades reguladoras a cargo de la vigilancia y el control de la calidad de los cuerpos de agua, de vigilar todo vertimiento de aguas residuales y de determinar los límites de concentración permisibles de sustancias nocivas en las aguas. En gran parte de los puntos de control se encuentran valores elevados de coliformes totales y termotolerantes (menor a 1000 unidades, límite para ríos de

Categoría 3: aguas de riego y bebida de animales). El agua analizada no llega a ser apta para consumo humano sin tratamiento previo. Los valores se elevan en la parte baja de la cuenca y se intensifican en épocas de estiaje. (INCLAM., 2013)

Escherichia coli se encuentra en altas concentraciones de heces humanas y animales, 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. (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, basándose en el hallazgo de organismos biológicos tales como coliformes totales y termotolerantes como indicadores de contaminación fecal; de seis puntos establecidos de la Bahía de Sechura, con la finalidad de comparar dichos resultados con los valores establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua otorgados por el MINAM, lo cual indicaría si se representa riesgo significativo para la salud de las personas o el medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

Las muestras fueron tomadas a lo largo de la Bahía de Sechura, departamento de Piura, ubicado al norte del país, próximo a la línea ecuatorial, comprende una amplia región costera, limitante con el Océano Pacífico. Con 1 676 315 habitantes (censo 2007), con un aproximado de 46,7 hab/km². Se decidió utilizar puntos referentes de estudios previos para determinar las 6 zonas de las cuales se recolectaron las muestras de agua.

- 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

2. Toma de muestras

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 la muestra fue realizada siguiendo el protocolo N°PTE-010-09-SANIPES utilizado por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). Previo a la recolección 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.

Se recibieron y procesaron todas las muestras tomadas en los puntos establecidos que hayan cumplido con la cadena de frío y no pasaron las 24 horas desde la toma de la muestra.

3. Procesamiento de las muestras

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. La cual 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 consiste 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 será sembrada en cinco tubos, dejándolos incubar a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Se deberán considerar positivos los tubos que presenten formación de gas y turbidez en el medio, pasadas las 48 horas.

La prueba confirmativa para coliformes totales se dio 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 $35.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, considerando positivos los tubos que presentaron formación de gas y turbidez en el medio pasado las 48 horas.

A sí mismo la prueba confirmativa para coliformes fecales y *E. coli* fue realizada de cada tubo de CTLS con formación de gas y turbidez, la cual se pasó a resiembra usando para la recolección del caldo presuntivo un asa y resembrado en Caldo EC, dejando incubar a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 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”, para determinar la cantidad de bacterias encontradas un litro de agua por punto establecido.

4. Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos al finalizar el estudio fueron analizados por medio de la prueba estadística regresión y coeficiente de correlación múltiple de Pearson, para cuantificar la

fuerza y asociación entre las variables fisicoquímicas del agua y la carga bacteriana. Los resultados se muestran en cuadros 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).

En el análisis estadístico se encontró que Puerto Rico fue el único lugar en donde se encontró una relación significativa entre crecimiento de coliformes totales y coliformes termotolerantes con las condiciones de PH, temperatura, salinidad. Los resultados del coeficiente de correlación y de determinación se presentan en el Cuadro 2 y en el Cuadro 3 se observa la significancia del aporte de cada de una de las variables al modelo de regresión.

San Pedro presentó niveles por encima de la categoría 2C1 los meses de marzo, abril, agosto, octubre, noviembre y diciembre del año 2016. Y presentó niveles por encima de la categoría 1B1 los meses de marzo, abril, noviembre y diciembre del año 2016.

Chilluyachi presentó niveles 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.

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

Puerto Rico presentó niveles por encima de la categoría 1B1 los meses de abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre 2016 y enero del 2017.

Parachique presentó niveles 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.

Las Delicias presentó niveles 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.

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 (Figura 7), un rango de oxígeno de 0.18-7.51 mg/l (Figura 8.), de salinidad de 2.80-36.2 ppm (Figura 9) y de pH de 6.80 -9.24 (Figura 10) a lo largo del periodo verano 2016 hasta el verano 2017.

Cuadro 1. Tabla referencial basada en el decreto supremo N° 004-2017-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

Cuadro 2. 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 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

Cuadro 3. 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	0,082	0,768	0,315	0,327	0,455	0,132
Oxígeno	0,028	0,178	0,776	0,055	0,109	0,181
Salinidad	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

Cuadro 4. 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	0,077	0,758	0,360	0,721	0,352	0,102
Oxígeno	0,025	0,382	0,685	0,144	0,145	0,223
Salinidad	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

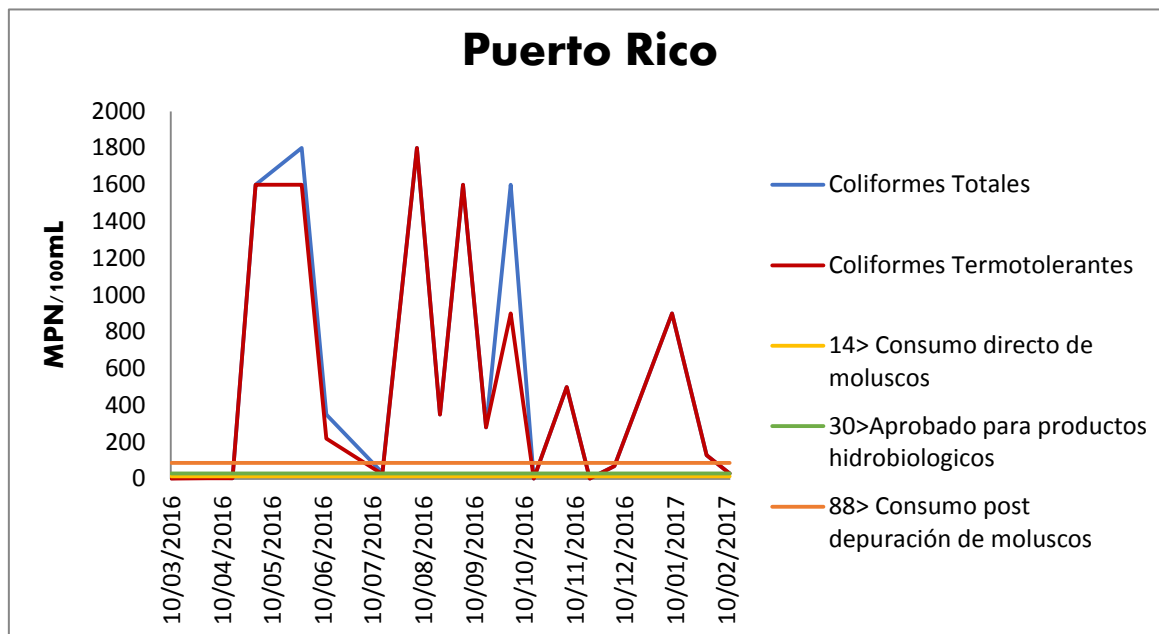


Figura 1. Medición de coliformes totales y termotolerantes en Puerto Rico, marzo 2016 – febrero 2017.

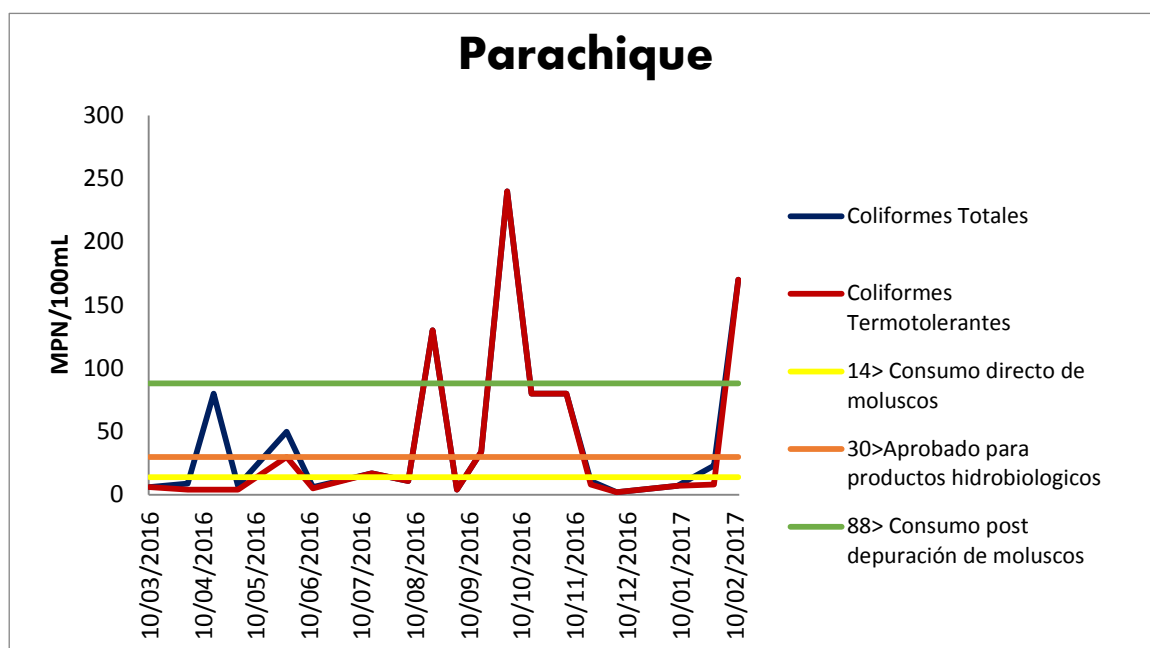


Figura 2. Medición de coliformes totales y termotolerantes en Parachique marzo 2016 – febrero 2017.

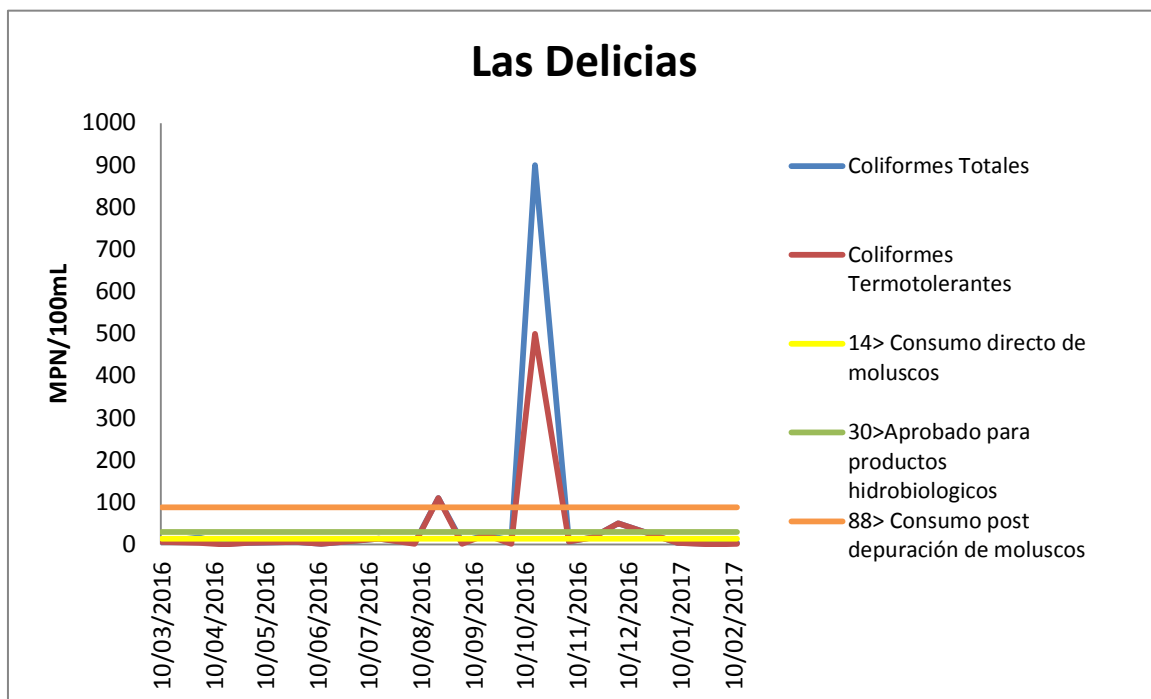


Figura 3. Medición de coliformes totales y termotolerantes en Las Delicias, marzo 2016 – febrero 2017.

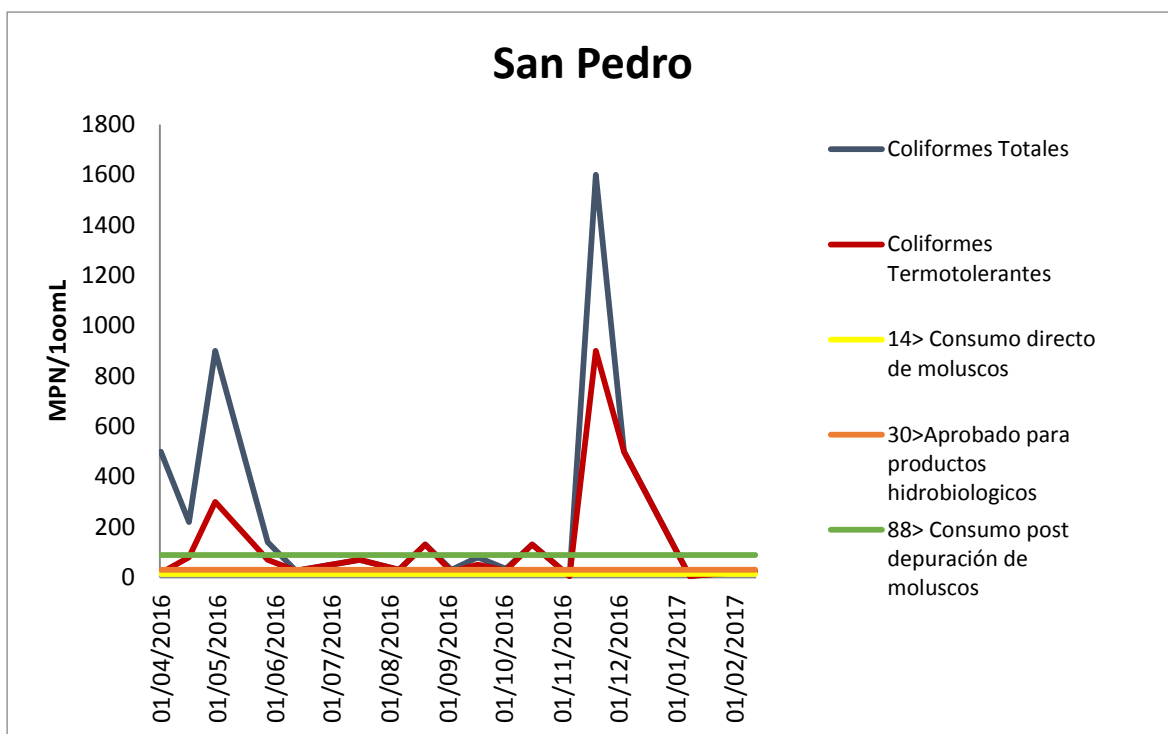


Figura 4. Medición de coliformes totales y termotolerantes en San Pedro, marzo 2016 – febrero 2017.

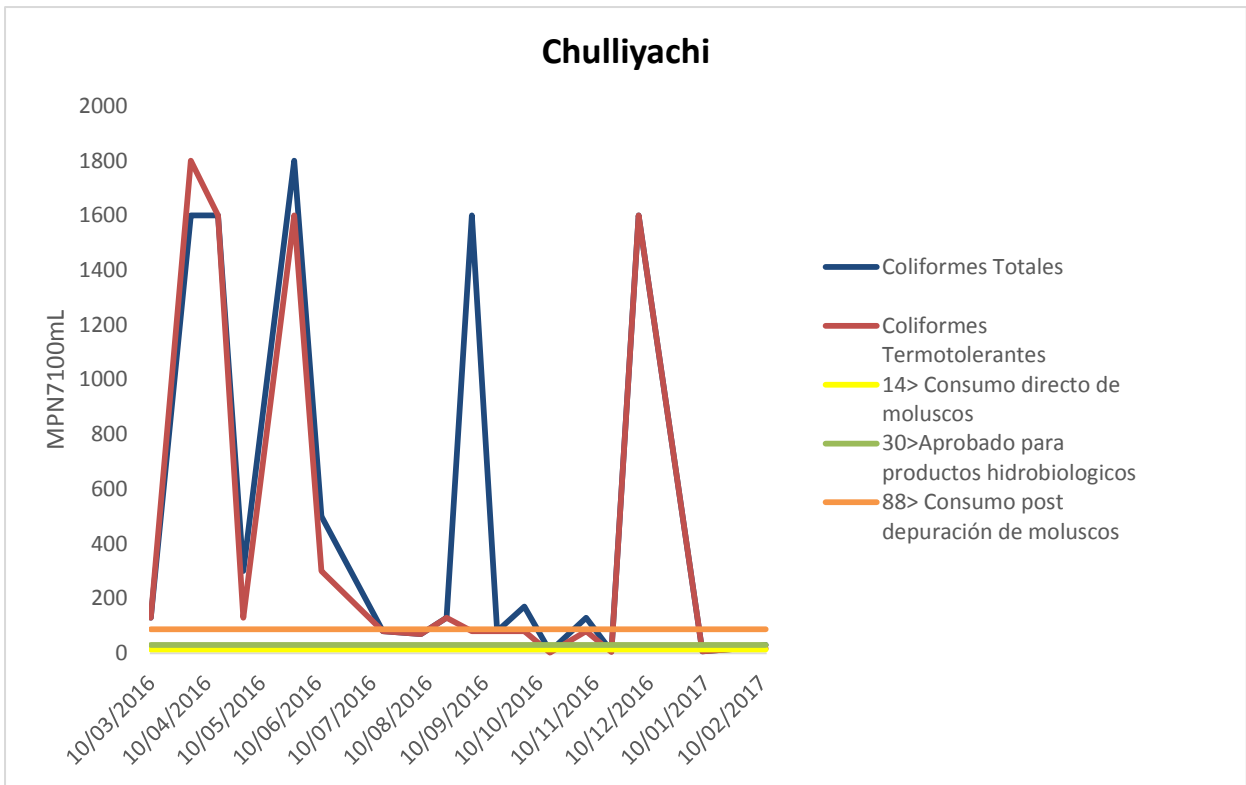


Figura 5. Medición de coliformes totales y termotolerantes en Chulliyachi, marzo 2016 – febrero 2017.

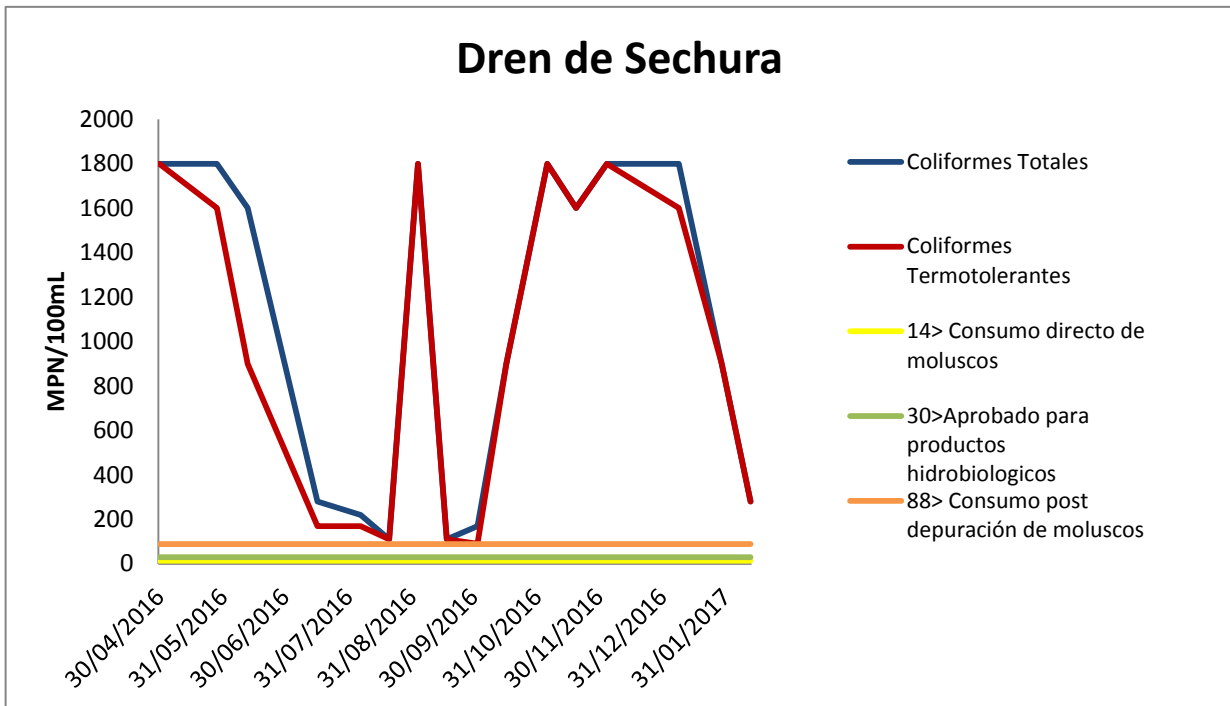


Figura 6. Medición de coliformes totales y termotolerantes en el dren de Sechura, marzo 2016 – febrero 2017.

DISCUSIÓN

Habitualmente los sistemas acuáticos son utilizados como vertedero de residuos (domésticos, agrícolas e industriales), esto genera así una degradación de los sistemas, que afectan las características físicas, químicas y biológicas del agua. Muchas veces esto se halla relacionado al crecimiento poblacional, que genera un incremento de las actividades (domésticas, agrícolas e industriales). Esto sumado a un inadecuado manejo de los residuos genera vertimientos, afectando el medio, y dependiendo del tipo de contaminación los efectos pueden variar, siendo las más resaltantes la disminución o desaparición de la vida acuática, incremento de enfermedades, ruptura del equilibrio ecológico y costos elevados para potabilizar el agua. (Owen., 2005; Ramos., 2008; Vergaray., 2007; Sánchez *et al.*, 2010; Trujillo., 2015; Flores., 2012)

La presencia de coliformes es un indicador de que el agua puede estar contaminada con aguas negras o desechos en descomposición. La contaminación fecal en agua comprende una dispersión de microorganismos patógenos. Por ello el control sanitario conlleva una alta relevancia que constituye una medida sanitaria básica para la mantención de salud de la población. Usualmente el género de coliformes predisponente a hallarse en el agua es *Escherichia*, categorizada como termotolerante, pero también pueden encontrarse géneros como *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. (OMS., 1988; Tamani., 2014).

La Organización Mundial de Salud (OMS) señala que *Escherichia coli* o coliformes termotolerantes deben estar ausente en muestras de 100 ml de agua destinadas a consumo humano. Por ello el estado generó un decreto que se basa en este fundamento para categorizar las aguas según su uso y evaluación de las mismas, tomando como indicador de contaminación la presencia y cantidad de coliforme. (Congreso de la República., 2015; DIGESA., 2011)

Se aconseja el uso de *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* como indicadores de contaminación fecal en aguas, debido a la sensibilidad frente al grado de contaminación fecal de *Escherichia coli* y al tiempo prolongado de supervivencia en aguas marinas de *Enterococcus faecalis*. En este caso debido al protocolo que se basa en la normativa nacional utilizamos como indicador a los coliformes. (Vergaray., 2007; Suarez., 2002)

Los parámetros de calidad sanitaria de las aguas de la Bahía de Sechura, son establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, y regidas por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). Cada zona tuvo que ser designada a una categoría, tras la categorización se determinó si el área era apta para su uso según la fecha de monitoreo. La elección de los puntos establecidos se basa en informes previos realizados por entidades nacionales.

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 *et al.*, 2010) . En el informe descrito por Sánchez del 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.

El punto con mayor carga bacteriana en comparación fue el Dren de Sechura. El agua de esa zona se caracteriza por ser una mezcla de aguas saladas y dulces, que no posee una corriente continua, de baja profundidad, y hábitat de peces y algunas aves costeras. El área es utilizada como botadero de basura (Anexo 12 y 13), y cuenta con salidas de desagües (Anexo14). Factores que ayudan a que la bacteria perdure en el medio ambiente. A diferencia de los otros puntos el Dren de Sechura fue monitoreado 10 meses, posiblemente de haberse monitoreado el año entero se hubieran encontrado cargas más elevadas.

Basándonos en el análisis de la correlación lineal y coeficiente de determinación para la relación entre crecimiento de coliformes totales y coliformes termotolerantes con los factores fisicoquímicos, Puerto Rico fue el único punto que mostró una significancia relevante para el modelo utilizado, indicando que los valores de correlación y determinación entre crecimiento de coliformes totales y coliformes termotolerantes con las condiciones ambientales, se hallan relacionadas un 68% y 42% respectivamente. Indicando que la relación de factores externos como la contaminación ambiental se encuentran fuertemente ligadas. Así mismo se determinó el factor más importante para los coliformes es el pH. El agua de esta zona esta proviene del puerto, en donde se realiza descarga constante (Anexo 1y 2), 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 (Anexo 4), cerca se encuentra

un área destinada a relleno sanitario informa, de donde provendría la fuente de contaminación principal.

Al igual que lo observado en Puerto Rico, el resultado de una alta significancia para el resto de puntos analizados indica que la relación de factores ambientales son la base para la aparición de las bacterias. Así mismo no hay que olvidar que existen coliformes termotolerantes distintos a *Echerichia coli*, que pueden provenir de aguas orgánicamente enriquecidas, como efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición, como es el caso de las playas de San Pedro y Chulliyachi, puntos cercanos a los manglares (Anexo 9 y 10). El riesgo en estas zonas es la extracción de palabritas (*Donax spp.*)

Ambas zonas se encuentran en la desembocadura de uno de los brazos norte del río Piura. Según el Informe dado por Hung (2015) este brazo del río compone una alta contaminación microbiológica, de metales pesados, y pesticidas de uso agrícola. Según el estudio solo en los 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 % 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 (Anexo 6). 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 para consumo inmediato, indicando un grado de contaminación leve. La zona marítima se encuentra cerca al área de amortiguamiento donde se realizan actividades de extracción. Por otro lado, Parachique (Anexo 7 y 8) es otro de los puntos que se localiza cerca al área de amortiguamiento, 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 para consumo inmediato. En ambas zonas se realiza pesca artesanal y extracción de moluscos. Se cree que estas zonas presentan 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 la desembocadura de uno de los brazos sur del río Piura. Hung (2015) reportó que este brazo 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).

Así mismo en el estudio realizado por Quijada (2016) en las playas de Las Delicias y Parachique encontró que en las zonas muestreadas del 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 variantes como 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.

Después de realizar el estudio se concluye que es conveniente mantener un monitoreo de los puntos como se han venido realizando en los últimos años por parte de las autoridades al igual que los ríos, pues los efluentes arrastran contaminantes de diversos tipos como en las playas de Parachique, Chulliyachi y San Pedro. Así mismo se deberían generar programas de concienciación para el cuidado de los sistemas acuáticos y aplicar la normativa correspondiente para la eliminación de desechos. Estudios como este

deberían servir a entidades del estado como el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental y Asociación Nacional del Agua, pues refleja el estado de la bahía. Si bien las autoridades han demostrado preocupación al implementar diversos programas y estudios, es importante que este esfuerzo se mantenga.

CONCLUSIONES

El estudio llego a las siguientes conclusiones:

- Todos los puntos monitoreados presentaron niveles no aptos según el decreto supremo N° 004-2017-MINAM en algún momento del año.
- Puerto Rico sobrepasó los límites establecidos 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.
- Las Delicias es considerado el punto con menor carga bacteriana, ya que solo llegó a sobrepasar los límites los meses de agosto y octubre 2016.
- Los factores fisicoquímicos presentes en el ambiente son insignificantes ante la presencia de coliformes. Posiblemente los factores contaminantes ocasionados por las actividades realizadas por el hombre representen una mayor carga para observación de bacterias como Coliformes.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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. Informe Técnico I. Convenio. Piura, Perú.
2. DIGESA – MINSA. Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (2011) Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Primera edición, MINSA. Lince, Lima - Perú
3. Flores, AH. (2012). Indicadores de contaminación fecal de las playas Huanchaco, Huanchaquito y Buenos Aires de Trujillo, octubre 2011-abril 2012.
4. González, M., Graü, C., Villalobos, L. B., Gil, H., & Suárez, A. V. (2009). Calidad Microbiológica de la ostra *Crassostrea rhizophorae* y aguas de extracción, Estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica*, 19(6).
5. INCLAM (2013). Plan De Gestión De Los Recursos Hídricos De La Cuenca Chira-Piura. Piura, Perú.
6. Kornacki, J. L., & Johnson, J. L. (2001). Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*, 4, 69-82.
7. Lovatelli, A., Farias, A., & Uriarte, I. (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.
8. MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2008) Estándares de calidad ambiental. MINAM. Perú
9. Owen, J. (2005) Contaminación de las aguas, Ministerio de Producción. Argentina
10. Perú, Congreso de la República (2017) Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Diario El Peruano.
11. Ramos, L. M., Vidal, L., Vilardey, 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
12. 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.

13. SANIPES (2015) Relación de métodos aprobados N°PTE - 010 - 09 - SANIPES. Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, Subdirección de Normatividad Sanidad Pesquera y Acuícola. Ministerio de Producción. Piura, Perú.
14. Sánchez, G., Blas, N., Chau, G. (2010) Informe nacional sobre el estado ambiental marino del Perú. Ministerio de la Producción. Perú.
15. Suárez, M. (2002). Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 40(1), 38-43.
16. Tamani, Y. (2014) Evaluación de la calidad de agua del río negro provincia de Padre Abad, Aguaytia. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Municipalidad Provincial de Padre Abad. Tingo María, Perú
17. 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.
18. Vargas, K. (2011) Indicadores microbiológicos de calidad ambiental del botadero la muyuna. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Municipalidad Provincial de Padre Abad. Tingo María, Perú
19. Valencia, J. L. (2007). Estudio estadístico de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Ebro (Doctoral dissertation, Agronomos).
20. 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.
21. World Health Organization Pan American Health Organization. (1988). Guías para la calidad del agua potable (Vol. 508). Pan American Health Org.

ANEXOS

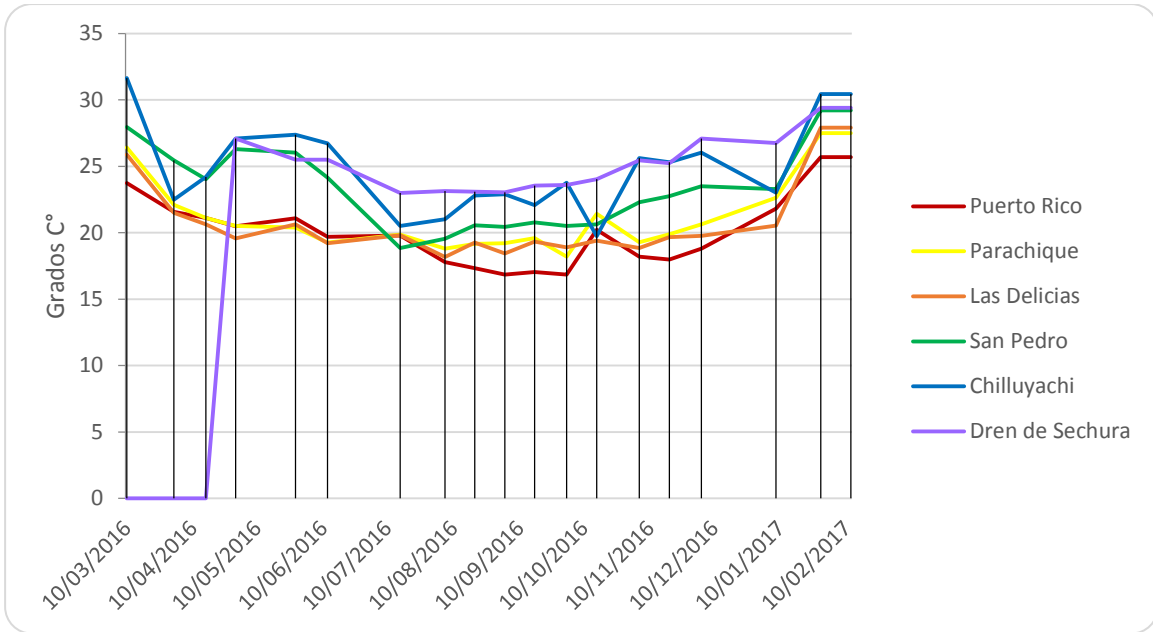


Figura 7. Medición de la Temperatura Bahía de Sechura, marzo 2016- febrero 2017

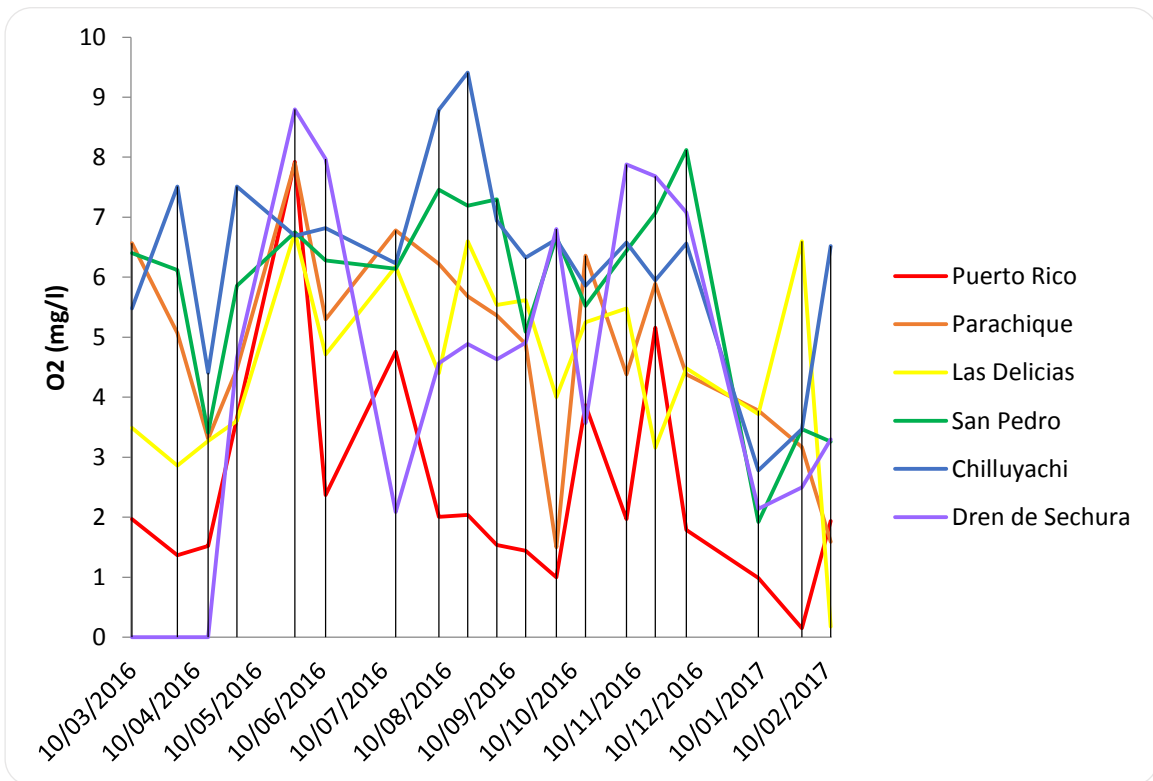


Figura 8. Medición del Oxígeno en la Bahía de Sechura, marzo 2016- febrero 2017

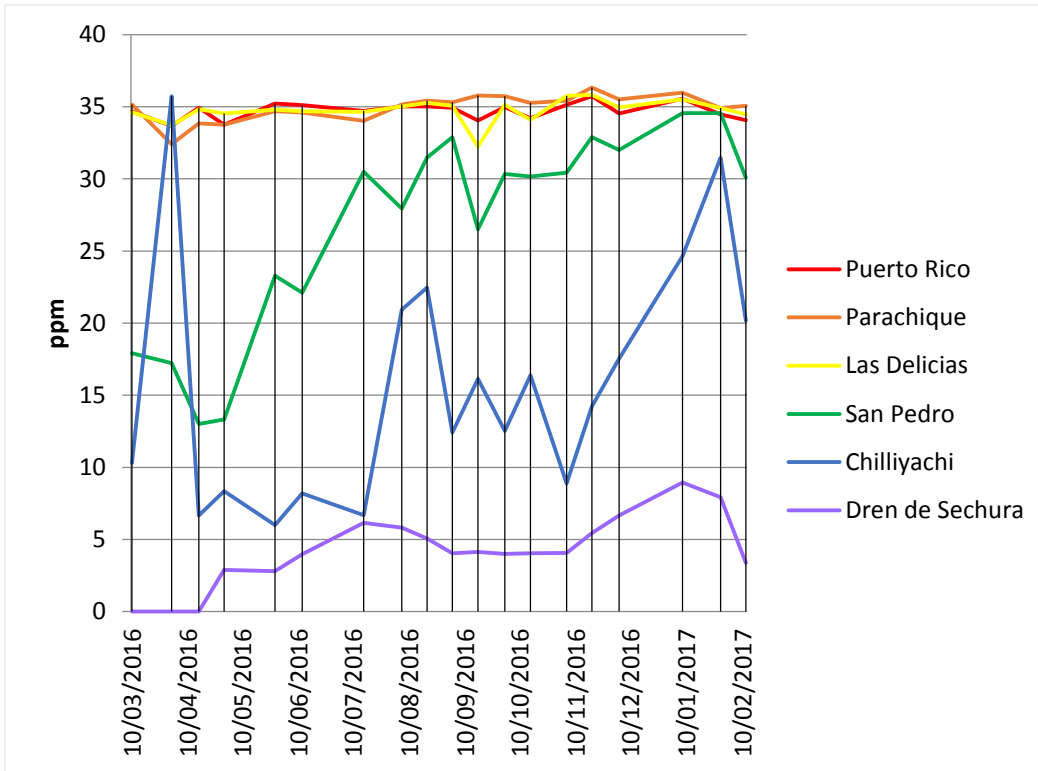


Figura 9. Medición de la Salinidad de la Bahía de Sechura, marzo 2016- febrero 2017

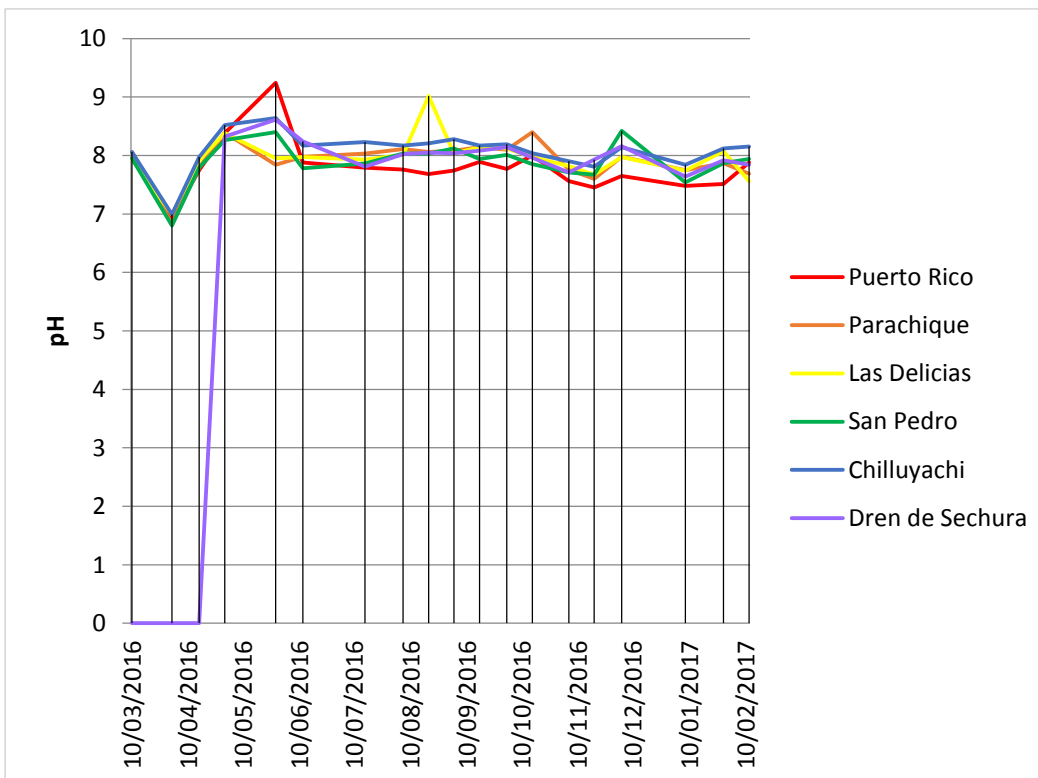


Figura 10. Medición del pH en la Bahía de Sechura, marzo 2016- febrero 2017

1. Puerto Rico

Anexo 1



Estación de Puerto Rico, desembarque de productos.

Anexo 2



Estación de Puerto Rico, barco con carga

Anexo 3



Ave marina cerca del desembarque

Anexo 4



Basura a las orillas del puerto y del desembarque

Anexo 5



Estación de Puerto Rico vista desde el puerto

2. Delicias

Anexo 6



Estación las Delicias, varadero de botes

3. Parachique

Anexo 7



Estación de Parachique cerca a la playa de Parachique

Anexo 8



Estación de Parachique cerca al puerto, presencia de aves marinas y lobos marinos

4. San Pedro

Anexo 9



Estación de San Pedro, playa de San Pedro, manglares al fondo de la imagen.

5. Chullillachi

Anexo 10



Estación de Chullillachi, playa de Chullillachi, en esta zona se están formando nuevos manglares (fondo).

Anexo 11



Cangrejos en la playa de Chullillachi.

Anexo 12



Estación de del Dren de Sechura, se observa basura flotando

Anexo 13



Basura de diversos tipos a la orilla del dren.

Anexo 14



Sistema de desagüe.