

I RESUMEN

La Bahía del Callao es estratégicamente importante desde el punto de vista industrial, turístico y recreacional, sin embargo, existen problemas de contaminación de sus aguas costeras, provenientes principalmente de colectores domésticos, industriales, agrícolas, sedimentos de minerales resultantes de la carga y descarga de concentrados de minerales. Además, de los vertimientos por los ríos Chillón y Rímac que traen consigo residuos de pesticidas, minerales y otros productos de las actividades que se realizan a lo largo de todo su recorrido, los cuales ocasionan un fuerte impacto en el ambiente receptor (el mar).

Para la evaluación de la calidad del agua de mar se realizaron los siguientes monitoreos; para Bahía del Callao en 12 estaciones, río Rímac las 4 últimas estaciones antes de la desembocadura en el mar del Callao y río Chillón las 5 últimas estaciones antes de la desembocadura en el mar del Callao.

Las aguas descargadas en el mar por los colectores, ríos Rímac y Chillón presentan un alto grado de contaminación orgánica, con valores promedios de demanda biológica de oxígeno DBO_5 (22,90 mg/L), aceites y grasas (8,46 mg/L) coliformes totales, termotolerantes y metales pesados (Plomo, cobre, y hierro) que superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por los Estándares Nacionales Ambientales (ECA) para el agua categoría 4 conservación del ambiente acuático y por la Ley General de Aguas, correspondientes a las clases IV, V, VI, formando un punto crítico en la zona costera de la Bahía del Callao, comprendida entre la desembocadura del río Rímac y del río Chillón indicadores que demuestran que el agua de mar de la Bahía del Callao en la zona de estudio no cumple con el estándar de calidad ambiental .

II INTRODUCCIÓN

El Perú en las últimas décadas ha incrementado y diversificado las actividades antropogénicas con el consiguiente deterioro ambiental, esta situación se ha hecho más evidente en la zona costera, donde se asienta la tercera parte de población, debido principalmente a la migración del poblador de la zona andina hacia la costa en la década de los 80, lo cual incrementó substancialmente la densidad poblacional y con ello el deterioro del ambiente costero.

Desde el año 1984, El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) juntamente con otras Instituciones, vienen trabajando dentro del Convenio para la Protección del Medio Marino y Costero del Pacífico Sudeste un Plan de Acción para identificar y clasificar áreas con diversos grados de contaminación, determinar los efectos que esta contaminación genera a la vida acuática y el posible riesgo a la salud humana. APROCALLAO (2006).

Los resultados de las investigaciones señalan a las principales áreas con grave contaminación marina al Callao y Chimbote y que la principal fuente contaminante son las aguas residuales de origen doméstico e industrial. Igualmente, la carga orgánica, bacteriana y nutriente producida por estos residuales favorece la eutrofización en la zona costera, lo cual genera problema de mareas rojas, enfermedades a la piel, gastrointestinales entre otros.

Las áreas costeras más afectadas por este tipo de aguas residuales son la Bahía del Callao y Chimbote, las cuales presentan altas concentraciones de coliformes totales y fecales superando, en muchos casos los límites permisibles para fines recreativos y de pesca comercial, establecidos por la Ley de Aguas. También se analizan otros parámetros indicadores de calidad de agua como la Demanda Bioquímica de Oxígeno y los Sólidos Suspendidos Totales y Sulfuros. La Bahía del Callao, presenta

una área crítica de contaminación fecal, entre la desembocadura del río Chillón hasta el río Rímac, influenciada por la desembocadura de los colectores al mar. De las evaluaciones realizadas los valores han sobrepasado ampliamente el límite fijado por Ley de Aguas para los usos del agua de mar de las clases IV,V y VI, habiendo alcanzado valores de coliformes termotolerantes de $1,0 \times 10^8$ a $1,0 \times 10^9$ NMP/100ml respectivamente.

Otra fuente de contaminación son los elementos metálicos, considerando que a lo largo de la Costa se encuentran una variedad de industrias, cuyas aguas residuales son vertidas al mar con una serie de elementos metálicos tóxicos para el ecosistema marino y la salud humana como plomo, cadmio, mercurio y cobre. En la Bahía Callao el valor máximo de cobre fue de 40 ug/g.

Por otro lado, la presencia de 53 ríos en la costa influyen en la alteración de los parámetros de la calidad del medio marino, al descargar sus aguas al océano, principalmente en los meses de verano y parte de la estación de otoño, apreciándose aguas de mezcla, de baja salinidad, en franjas muy pegadas a la costa Cabrera(2003).

La Bahía del Callao es estratégicamente importante desde el punto de vista industrial y turístico, sirve como espacio recreacional para gran parte de la población Chalaca, sin embargo recibe permanentemente las descargas de aguas residuales, provenientes principalmente de colectores domésticos, industriales, agrícolas, sedimentos de minerales resultantes de la carga y descarga de concentrados de minerales además de los vertimientos por los Ríos Chillón y Río Rímac, que traen consigo residuos de pesticidas, minerales y otro productos de las actividades que se realizan a lo largo de todo su recorrido, las cuales ocasionan un fuerte impacto en el ambiente receptor (el mar).APROCALLAO (2006).

Las descargas de aguas residuales domésticas e industriales vertidas directamente al mar a través de los diferentes colectores, han generado una zona crítica de contaminación en la Bahía, especialmente en la franja costera entre el río Rímac y Chillón.

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar el efecto de los efluentes domésticos en la Bahía del Callao. El trabajo de investigación es una investigación aplicada, donde se determina el efecto de las aguas residuales que llegan a la bahía del callao, y se evalúa la calidad del agua del cuerpo receptor (mar).

III MARCO TEORICO

3.1 EI AGUA COMO RECURSO NATURAL.- El agua es un recurso natural, En el País se encuentra mal distribuido y su calidad sufre un deterioro progresivo, el cual está en función directa por el vertiginoso crecimiento de la población y sus múltiples actividades económicas. Vega (2002).

3.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE MAR- Las descargas domésticas y mineras son las que ocasionan mayor contaminación en las aguas receptoras, la primera por el volumen de sus vertimientos, y la minería por el tipo de vertimiento de sustancias tóxicas. Valle, (1998), realizó un estudio de la estructura del macrobentos marino y su relación con los factores condicionantes frente a las costas de Lima Metropolitana, concluyendo que existen dos zonas: La bahía del Callao donde la contaminación es de origen orgánico y químico y la bahía de Miraflores exclusivamente orgánica, con hábitat del tipo anóxico (< 0,45 mg/L de oxígeno disuelto) en profundidades hasta de 65 metros.

Existen altas concentraciones de metales pesados, con contenidos de 27,0 a 7,7 ppb de hierro; con concentraciones 27 a 2,3 ppb de cobre soluble y de 68 ppb de plomo soluble total en las aguas de mar del área del Callao. Echegaray (1988).

El conocimiento del estado del medio marino costero, como resultado de las actividades antropogénicas en el litoral peruano, a fin de promover el control y protección de la zona costera, fue analizado en el marco del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste, Conopuma (1991).

3.3 LA BAHÍA DEL CALLAO - En la bahía se observan actividades principalmente de pesca artesanal y uso balneario especialmente en los distritos de La Punta y Ventanilla. Por otro lado, en esta zona se sitúa el primer puerto del país que genera

tráfico naviero y se ubican empresas industriales de tipo petroquímicas, pesqueras, papeleras, alimentos, camales, productos químicos, cuyas aguas residuales domésticas e industriales generadas en su proceso productivo vierten al referido cuerpo receptor; asimismo, este recurso hídrico recibe las descargas crudas de los colectores de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), así como de los ríos Rímac y Chillón que presentan signos de contaminación.

El mar de la bahía del Callao, como cuerpo receptor, viene recibiendo permanentemente las descargas provenientes de diferentes fuentes de contaminación, como son: descargas domésticas a través de los colectores, descargas industriales (químicas, papeleras, pesqueras, entre otras) a través de emisores submarinos y a orillas del litoral; descargas de los ríos Chillón y Rímac que traen consigo contaminantes arrastrados a lo largo de todo su recorrido, y otros, como son las aguas de regadío en la zona de Oquendo. Todos estos residuos por las características de sus efluentes vienen ocasionando un impacto negativo a lo largo de toda la bahía, principalmente en la zona Río Chillón por ser ahí donde se desarrollan con mayor intensidad las actividades. Dirección General de Salud Ambiental (SEDAPAL) (2006).

La bahía del Callao presenta una zona crítica de contaminación fecal, especialmente en la franja costera entre el río Chillón hasta río Rímac, influenciada por la desembocadura del emisor Callao y colector Comas. Evaluaciones realizadas tanto, en el mes de septiembre 1998 y en agosto 1999 dieron valores de coliformes termotolerantes de $1,0 \times 10^8$ a $1,0 \times 10^9$ NMP/100mL respectivamente, sobrepasando ampliamente el límite fijado por la ley General de Aguas para los usos del agua de mar de las clases IV, V y VI. Sánchez (2006).

Otra fuente de contaminación a lo largo de la costa son los elementos metálicos, considerando que en el litoral se encuentran una variedad de industrias entre las cuales tenemos las textiles, curtiembres, papeleras, la industria minera y petroquímica, cuyas aguas residuales vierten una serie de elementos metálicos tóxicos, que son peligrosos para el ecosistema marino y la salud humana. Estudios realizados por Instituto del Mar del Perú (IMARPE) sobre trazas metálicas en sedimentos superficiales, en la (bahía Callao-Ventanilla 1994) indican concentraciones mayores en el tramo río Rímac - río Chillón cuyos valores promedio son de 142 ug/g Cu; 310,54 ug/g Pb; 3-54 ug/g Cd. Guzmán (1996).

Las áreas que presentan mayor concentración en trazas de metales en sedimentos en la costa peruana es la bahía Ferrol-Chimbote principalmente de los elementos cobre, cadmio y plomo. En el caso de cobre, alcanzó como valor máximo 100 ug/g, mientras que la bahía de Callao el valor máximo fue de 40 ug/g, en Pisco hubo valores que fluctuaron entre 60-80 ug/g, por las empresas industriales manufactureras y pesqueras, debido a las características de los contaminantes de sus vertimientos. Contraloría (2008).

3.4 ASPECTOS HIDROLÓGICOS.- Depende de las cuencas del río Rímac y del, río Chillón.

Cuenca del Río Chillón.- El Río Chillón constituye una de las fuentes importantes de recursos hídricos que abastecen a Lima Metropolitana. Políticamente se halla ubicada en el departamento de Lima, ocupando las provincias de Lima y Canta; limita por el norte con la cuenca del río Chancay-Huaral, por el sur con la cuenca del río Rímac, por el este con la cuenca del río Mantaro y por el oeste con el Océano Pacífico. El Río Chillón es un bien público, y tiene características

no tener rivalidad, no estar delimitado y no ser excluible; por tanto es un bien gratuito a disposición de todo el mundo. En este tipo de bienes surgen externalidades, por lo general negativas debido a la contaminación. Tiene un área de 2,444 km² de los cuales 1, 039 km² corresponden a la cuenca húmeda. El río Chillón tiene una descarga media de 8,9 m³/seg., existe marcada diferencia entre las descargas de máximas y mínimas (180,13 y 0,20 m³/seg respectivamente). Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) (2006).

Cuenca del Río Rímac.- La cuenca del río Rímac tiene aproximadamente 200 km de largo, un ancho promedio de 16 km y una superficie de 3,300 km². La cuenca del Río Rímac incluye a la sub-cuenca de Santa Eulalia (1,098 km²) y a la sub-cuenca del Río Blanco (194 km²).

La cuenca del río Rímac es una de las cuencas hidrográficas más importante del país porque abastece de agua para el consumo humano, agrícola y energético de la ciudad más grande del Perú. Cerca del 29% de la población peruana vive en la ciudad de Lima la cual tiene una población de 7,8 millones de habitantes.

La demanda de agua del Río Rímac para uso poblacional es de 51,1% (12,4 m³/s), para uso industrial es de 33,4% (9,5 m³/s), para uso agrícola de 14,7% (6,3 m³/s), para uso minero de 0,7% (0,2 m³/s) y para uso pecuario 0,1% (0,03 m³/s). Sedapal (2006).

3.5 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN.- Las principales fuentes de contaminación provienen de los colectores domésticos, industriales, sedimentos minerales resultantes de la actividad de carga y descarga de concentrados de minerales, además de los vertimientos conducidos por los ríos Rímac y Chillón. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal) (2006).

3.5.1 EFLUENTES INDUSTRIALES.- La Dirección General de Capitanía y Guardacostas DICAPI, la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA y el Ministerio de la Producción – PRODUCE, responsables de controlar la contaminación del mar, brindar la autorización de la descarga de vertimientos y contabilizar el total de empresas en funcionamiento, respectivamente. Existen discrepancias en la información entre las tres entidades, del número exacto de industrias y en general de sus descargas y su ubicación. Las industrias existentes en el tramo río Rímac y río Chillón son: Refinería La Pampilla, Industria Vencedor S.A., Papelera Paramonga S.A., Fábrica de Lana S.A., Listos S.A., Baterías Capsa S.A., Contenedora del Perú S.A., Empresa de la Sal S. A., Química del Pacífico S.A., Planta Transformadora, Ajinomoto Perú, Bayer Industrial S.A., Papelera Paracas S.A., Prolansa, Frigorífico Pesquero, FERTISA, Pesquera Diamante, Pesquera Cormar.

3.5.2 DESCARGAS DE LOS RÍOS RÍMAC Y CHILLÓN.- Los ríos Rímac y Chillón, traen consigo restos de pesticidas y herbicidas utilizados por actividad agrícola ubicados a lo largo de su cuenca, así como la descarga de minas y de colectores clandestinos domésticos e industriales que transportan consigo residuos tanto orgánicos como inorgánicos. Los altos contenidos de coliformes, mayores a los LMP de la ley general de aguas, correspondientes a las clases IV, V, VI, indican la degradación del cuerpo, debido a la gran aportación de nutrientes de las descargas de desagües que los ríos han venido recibiendo a lo largo de su recorrido. DIGESA (2005).

3.6 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA.- Los contaminantes presentes en el agua modifican las características del recurso hídrico natural y del ecosistema marino Contaminación

Físico-Química- Biogénica en el agua, se da cuando compuestos orgánicos, inorgánicos y biogénicos, son disueltos o dispersos en el agua del mar, cambiando la concentración natural del mismo, los cuales pueden actuar en detrimento de los organismos acuáticos y la calidad del agua en general. Vega (2002). La modificación de los factores físicos del entorno, puede no ser tóxicas, pero alteran las características físicas del agua y afectan a la biota acuática. (Sólidos en Suspensión, Turbidez, Color, Agentes tenso activos, Temperatura.). La descarga de material biogénico, cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. El aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provocan cambios en las cadenas alimentarias. Un aumento en la concentración de nutrientes provoca el desarrollo de organismos productores, lo que también modifica el equilibrio del ecosistema. Los parámetros indicadores de la calidad del agua de mar (cuerpo receptor) son:

pH.- Es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua, la mayor parte las formas de vida ecológicas son sensibles a los cambios el pH, en la mayoría de las aguas naturales el pH está entre 6 - 9 unidades, niveles extremos pueden causar perturbaciones celulares y eventual destrucción de la biomasa marina. Vega (2002)

Sólidos Totales.- Es el contenido total de la materia sólida en el agua, comprendiendo tanto materia orgánica como inorgánica, pueden encontrarse como: Sólidos Disueltos, Sólidos en Suspensión, Sólidos Sedimentables y Sólidos no Sedimentables. Los sólidos orgánicos proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y/o vegetal, contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K

etc. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales arenas y tierras Glynn (1996).

Oxígeno Disuelto.- Es el índice fundamental para la caracterización y control de las aguas naturales. El agotamiento del oxígeno disuelto puede facilitar la reacción microbiana de nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro. La cantidad de oxígeno puede disminuir por la reacción metabólica de los microorganismos regidos por la acción enzimática y elevación de la temperatura etc. Vega (2002).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).- La DBO₅- Parámetro necesario para determinar la materia orgánica biodegradable presente en el agua, la que es una estimativa de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar los materiales orgánicos biodegradables por una población heterogénea de microorganismos, Para determinar este parámetro es necesario que la muestra se encuentre a un pH de 6,50 a 8,30. El tiempo de incubación usual es de 5 días, aunque el tiempo usual requerido para la completa estabilización ocurre (DBO última) depende de la biodegradabilidad de los compuestos presentes y la capacidad depuradora de los microorganismos. Vega (2002).

Demanda Química de Oxígeno (DQO).- Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por el agua (por vía química) provocada por un agente químico, fuertemente oxidante. La oxidación es activa sobre las sales minerales oxidables así como sobre la materia orgánica biodegradable, que existe en el agua analizada.

La relación encontrada entre la DBO₅ y la DQO indicará la importancia de los vertidos industriales y sus posibilidades de biodegradabilidad.

Alcalinidad.- Alcalinidad es una medida de la capacidad que tiene el agua para absorber iones hidrógeno sin tener un cambio significativo en su pH (capacidad del cuerpo receptor para neutralizar ácidos). Las sustancias que le imparten alcalinidad

al agua son fundamentalmente, los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Algunos otros materiales también le imparten alcalinidad al agua, como son los silicatos, boratos y fosfatos.

Calidad bacteriológica.- Este control está establecido para asegurar la inocuidad del agua, un resultado positivo está asociado de alguna forma con el grado de contaminación fecal. Vega (2002).

Nitrógeno.- En su variedad amoniacal, nitritos, y nitratos señalan la proximidad ó distancia al punto de vertido del agua residual.

Concentración del ión Amonio.- Es la primera etapa del ciclo del nitrógeno por transformación de la urea, el agua con un contenido reducido de amoníaco no es perjudicial para usos agrícolas, pero si para la vida piscícola.

Nitritos y Nitratos.- Los nitritos y los nitratos constituyen una segunda y tercera etapa del ciclo del nitrógeno, al que se llega por la acción de bacterias aerobias, los nitrosomas y los nitrobacter.

Fósforo Total.- Elemento imprescindible para el desarrollo de los microorganismos en las aguas y para el proceso de la depuración biológica.

El contenido de nitrógeno en las aguas se debe a los vertidos urbanos (detergentes, fosas sépticas).

Temperatura.-El aumento de la temperatura puede ocasionar; el incremento de bacterias, y reducción del contenido de oxígeno.

Aceites y Grasas.- Disminuye la luz necesaria para la fotosíntesis, Ocasionando daños en los ecosistemas marinos.

Metales pesados.- Daños en el ecosistema y a la salud humana, Cáncer a la piel.

3.7 NORMAS LEGALES

3.7.1 NORMAS NACIONALES.

La Constitución Política de 1993.- Es la norma legal del País en donde resalta que el ambiente es un bien o valor de nuestra sociedad considerada como prioritario para proteger y promocionar al más alto nivel jurídico. El marco general de la política ambiental se rige por el art. 66, 67 y 68 en el cual el Estado determina la política nacional ambiental y promueve la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

Ley General del Medio Ambiente Nº28611 13-10-2005.- Establece políticas e instrumentos de gestión ambiental, destaca el respeto de la dignidad humana y la mejora continua de la calidad de vida de la población, incentiva al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

El art. 90 Del recurso de agua continental, indica que el estado promueve y controla el aprovechamiento de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentra, promueve la inversión y participación del sector privado y el aprovechamiento sostenible del recurso.

En el art.101 De los ecosistemas Marinos y Costeros; el estado promueve la conservación de los ecosistemas marinos y costeros, como espacios proveedores de recursos naturales, fuente de diversidad biológica marina y de servicio ambiental de importancia nacional, regional y local.

En el art. 31 indica que el estándar de la calidad ambiental es la medida que establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire agua o suelo en su calidad de

cuerpo receptor que no represente riesgo significativo, para la salud de las personas y el ambiente, la que podrá ser expresada en máximos mínimos o rangos.

El art. 32 indica que los límites máximos permisibles es la medida de la concentración o grados de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos y biológicos que caracteriza un efluente o una emisión que al ser excedida puede causar daño a la salud al bienestar humano y al ambiente, el Límites Máximos Permisibles (LMP) guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que establecen los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA).

Ley General de Aguas promulgada por decreto supremo nº17752 del 29 de julio de 1969 y los reglamentos de los títulos de dicha ley.-Determina para los efectos de protección de las aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y pesca Recreativa o Comercial los límites máximos permisibles, el art. 26 De los usos de las aguas; indica que los usos de las aguas son aleatorias y se encuentran condicionados a la disponibilidad del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destinen. La calidad de aguas en general ya sea terrestre o marítima del país se clasifica respecto a sus usos de la siguiente manera:

Aguas de abastecimiento doméstico con simple cloración.

Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento y procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración, cloración. Aprobados por el Ministerio de Salud.

- III Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baño y similares)
- V Águas en zonas de pesca (marisco, bivalvos)

VI Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

En el título III De los usos de agua Texto D.S. N°007- 82, 83-S.A. Para efectos de la protección de aguas de los siguientes usos regirán los siguientes límites con la finalidad de preservar los cuerpos de agua del País.

Límites máximos permisibles que se muestran en los cuadros 3.1; 3.2; 3.3; y 3.4 (Anexos).

Protocolo de efluentes líquidos R.M. N° 026-2000-ITINCI-DM 28/02/2000.-
Establece procedimientos para la preservación de muestras de agua.

Protocolo para el monitoreo de efluentes y cuerpo marino receptor R.M. 003-2002-PE, 13/01/02.- Indica los procedimientos para monitoreo en cuerpo Marino receptor, tomando de referencia sólo para niveles superficiales.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DECRETO SUPREMO N° 023-2009-MINAM

Artículo 1º.-Objetivo.

Aprobar las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Artículo 2º. Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se deberán tener en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL.

CATEGORIA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS.

CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES.

CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO.

CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO.

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles ó áreas naturales protegidas y zonas de amortiguamiento.

Límites máximos permisibles que se muestran en los cuadros 3.5 (Anexos)

i. Lagunas y lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, corresponde a aguas en estado lentic, incluyendo humedales.

ii. Ríos

Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lotico.

*** Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.

*** Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes; en las zonas meándricas.

iii. Ecosistemas marino costeros.

*** Estuarios**

Entiéndase como zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos, hasta el límite superior del nivel de marea; incluye marismas y manglares.

*** Marinos.**

Entiéndase como zona del mar, comprendida desde los 500 m de la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precítese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero -medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas; y las aguas residuales tratadas para reusó.

3.7.2 NORMAS INTERNACIONALES

Resolución Conama N° 20 Brasil 1986.- Establece Límites Máximos Permisibles para clase de agua VI: pH, Zinc, Cobre, Hierro y Manganeso.

Norma de calidad de agua y control de descargas ag–cc-01 republica dominicana 2001.- Establece Límites Máximos Permisibles para clase de agua G: Temperatura y Aceites y/o Grasas.

Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (marpol) (1973), incluyendo la modificatoria de 1978.- Instrumento jurídico internacional encargado de prevenir la contaminación del medio marino producida por buques ya sea en el normal transcurso de sus actividades económicas o por accidentes marítimos.

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES.- Los materiales que se utilizaron para el trabajo fueron:

Trabajo de Gabinete.- Para el estudio realizado se utilizó: Una computadora material bibliográfico, Normas de calidad, trabajos realizados, revistas, Tesis, trabajo de investigaciones e informes de las diferentes instituciones El Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima(SEDAPAL) ,La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y normas de calidad .

Trabajo de Laboratorio.- Balanza analítica, estufa, equipo de DBO, y Espectrofotómetro de absorción atómica.

Técnicas de recopilación de datos. Para el desarrollo del presente trabajo se ha utilizado información muy diversa, tanto de trabajos realizados, los cuales se mencionan en la parte teórica, como la información obtenida de los estudios realizados por IMARPE, DIGESA y APROCALLAO.

Técnicas de Laboratorio.- Para determinar los parámetros de calidad se utilizaron, las técnicas normalizadas.

4.2 METODOLOGÍA.- La metodología empleada fue la siguiente:

4.2.1 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO.- El universo para el presente estudio fue el agua de mar comprendida entre el río Rímac y río Chillón a lo largo del litoral de la Bahía del Callao, determinándose la zona de estudio, en función a las coordenadas UTM con referencias del Río Rímac y del Río Chillón a lo largo del litoral de la Bahía del Callao. Ver Planos 1, 2 y 3.

4.2.2 DETERMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN.- Se visitó la zona de estudio, para identificar las fuentes de contaminación y el caudal que cada una de ellos descarga en el mar. En la Figura 1, se muestra la zona de estudio y las fuentes de contaminación.

4.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EFLUENTES.- Las características de los efluentes que descargan sus aguas residuales en el mar de la Bahía de Callao, se determinó en función a las evaluaciones realizadas periódicamente por El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) – Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) – DIGESA, que muestran las características de las aguas residuales de los colectores domésticos, así mismo muestran las características de las aguas que descargan el río Rímac y río Chillón a la Bahía del Callao.

4.2.4 PROGRAMA DE MONITOREO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DE MAR (CUERPO RECEPTOR).- El Programa de Monitoreo Ambiental se realizó de acuerdo con en el Protocolo para Monitoreo de efluentes y Cuerpo Marino Receptor (R.M. N° 003-2002-PE del 13/01/2002), que indica los procedimientos para monitoreo en cuerpo Marino receptor, tomando de referencia sólo para niveles superficiales. Con el propósito de caracterizar adecuadamente la calidad del cuerpo receptor, se preparo un monitoreo que permita tener una visión global de las características físico-química y bacteriológica del agua de mar.

4.2.5 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO.- Para seleccionar las estaciones de monitoreo, se tuvo en cuenta la naturaleza del cuerpo receptor determinándose 12 puntos para la bahía del Callao, 4 puntos río Rímac y 5 puntos río Chillón. Las muestras se tomaron, considerando las corrientes marinas, frente a la descarga de cada colector. Como se muestra cuadro N° 5.1 (Apéndice) Las estaciones de monitoreo se identificaron en el plano y se referenciaron en coordenadas UTM WGS84 ZONA 18S.

4.2.6 MUESTREO.- Para el muestreo, se utilizaron botellas de polietileno, vidrio o de material especial de preferencia de plástico, por ser más manipulables. Las botellas de vidrio se utilizaron para análisis microbiológicos, aceites y grasas.

-Volúmenes de Muestra.- Se tomó un volumen de muestra de 1 a 2 litros para análisis químicos simples y de 1 litro para análisis bacteriológicos. Para análisis de metales u otros elementos, se tomó muestra de 2 litros.

-Preservación y almacenamiento.- La preservación y almacenamiento de muestras se realizó en función al Protocolo de Efluentes Líquidos (R.M. N° 026-2000-ITINCI-DM) (28/02/2000), Las muestras se conservaron en refrigeración a 4°C, dependiendo del tipo de análisis. En el cuadro N° 5.2 (Apéndice), se muestra la conservación y almacenamiento de la muestra para el análisis Físico-químico, en el cuadro N° 5.3 (Apéndice) se muestra la conservación y almacenamiento de la muestra para el análisis microbiológico, en el cuadro N° 5.4 (Apéndice), se muestra la conservación y almacenamiento de la muestra para el análisis de metales pesados.

Toma de Muestras. Las colectas de las muestras se realizaron, en turnos de mañana y tarde, en los periodos septiembre 2010 al diciembre 2011, con la finalidad de conocer los niveles de contaminación físico-químico y microbiológico de la Bahía del Callao y ríos Rímac y Chillón.

4.2.7 PARÁMETROS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DE MAR. Los parámetros Físico-Químicos-Microbiológicos, que se seleccionaron para evaluar el cuerpo receptor (mar de la Bahía del Callao) fueron: Temperatura, demanda bioquímica de oxígeno y grasas y aceites, plomo, cadmio, zinc, cobre y hierro.

4.2.8 TECNICAS EXPERIMENTALES PARA EVALUAR LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE MAR.- Para evaluar los parámetros de calidad del agua de mar se utilizaron las técnicas experimentales, que se indican en el cuadro 5.8 (Apéndice).

V RESULTADOS

5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.- La zona de estudio para determinar la calidad de agua de mar se ubica entre los márgenes de los ríos Rímac y Chillón, localizada en el litoral de la Bahía del Callao, distrito del Callao, provincia Constitucional de Callao. Ver Planos 1, 2 y 3.

COORDENADAS UTM

BAHIA DEL CALLAO

Norte : 8665321

Este : 263860

RÍO CHILLÓN

Norte : 8679791

Este : 266919

RÍO RÍMAC

Norte : 8668437

Este : 268491

5.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN.- Las principales fuentes de contaminación que se encontraron en la zona fueron: La descarga de Colectores domésticos, descarga de efluentes industriales, la descarga de acequias, la desembocadura de los ríos Rímac (Figura4) y Chillón (Figura5).

5.3 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO.- Se seleccionaron 21 puntos de muestreo los cuales se muestran en el cuadro N° 5.1 (Apéndice) y en el Planos 1, 2 y 3 y la Figura N°1.

5.4 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD.- Los resultados de los parámetros físico-químico-microbiológico y de metales pesados realizadas en las estaciones de monitoreo se muestran en los cuadros N° 5.5, 5.6, 5.7. (Apéndice).

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contaminación del agua de la Bahía del Callao.- Las playas de la bahía del Callao se encuentran altamente contaminadas presencia de colectores urbanos y por las descargas de los efluentes de la actividad industrial; estas pueden considerarse como las principales fuentes que provocan la contaminación de las aguas costeras. Sánchez (2006), indica que la bahía del Callao presenta una zona crítica de contaminación fecal, especialmente en la franja costera entre el río Chillón hasta río Rímac, influenciada por la desembocadura del emisor Callao y colectores. Evaluaciones realizadas tanto, en el mes de septiembre 1998 y en agosto 1999 dieron valores de coliformes termotolerantes de $1,0 \times 10^8$ a $1,0 \times 10^9$ NMP/100mL respectivamente, sobrepasando ampliamente el límite fijado por la Ley General de Aguas para los usos del agua de mar de las clases IV, V y VI. Tendiendo a crear un ambiente anóxico, que llevaría a tener un ecosistema biodegradado con tendencia a la eutricación y con posibles cambios en las estructuras celulares de la biomasa. Así mismo, la presencia de compuestos metálicos como plomo, cadmio y zinc en los ecosistemas acuáticos, pueden ser transferidos de un nivel trófico a otro y afectar directamente la salud humana.

6.2 Fuentes de contaminación en la zona.- La zona recibe las descargas de colectores domésticos, acequias, ríos, efluentes industriales, botaderos de residuos sólidos y la presencia de muelles en la rada del Callao.

- **Descarga de ríos.-** Los ríos que desembocan en la Bahía del Callao, son el río Rímac y río Chillón que en época de invierno presenta coloraciones diferentes que muestran el alto grado de contaminación de los ríos en la zona.

6.3 Influencia de los ríos que descargan sus aguas en la zona.- Los ríos que descargan sus aguas al mar en la Bahía del Callao son el Rímac y Chillón y traen

consigo restos de pesticidas y herbicidas, así como residuales de las minas y de colectores clandestinos domésticos e industriales que transportan consigo residuos tanto orgánicos como inorgánicos. Los altos contenidos de coliformes, que se muestran mayores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la ley general de aguas, correspondientes a las clases IV, V, VI, indican que no son aptos para aguas de zona pesca, aguas de zonas recreativas de contacto primario y Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa comercial, debido a la gran aportación de nutrientes de las descargas de desagües que reciben a lo largo de su recorrido.

6.4 Influencia del sector industrial. La Dirección General de Capitanía y Guardacostas – DICAPI, la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA y el Ministerio de la Producción – PRODUCE, son los responsables de controlar la contaminación del mar, brindar la autorización de la descarga de vertimientos; a través de estudios ambientales.

6.5 Calidad del agua de mar en la zona costera de la Bahía del Callao (zona de estudio).- La calidad del agua de mar está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes factores físico-químicos como Temperatura compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. Las actividades antropogénicas son las responsables de la alteración de estos factores, por la disposición de residuos líquidos y sólidos en los cursos de aguas superficiales continentales y marinos.

Evaluaciones realizada por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) 2006 en la línea costera (playas) de la Bahía del Callao Convenio Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)- El Instituto del Mar del Perú (IMARPE)I (Verano-Invierno 2006), muestran que los niveles de oxígeno en la zona intermareal, se mantuvieron dentro de lo normado por la Ley General Aguas de aguas para la

clase IV y V, que el 68,80 % de de la DBO, de los valores muestreados estuvieron por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP), para calidad de agua de clase VI, Asimismo indican que la zona presenta valores elevados de coliformes totales y termotolerantes, encontrando los valores más elevados en zona de mezcla de los colectores.

- **Temperatura.**- La temperatura se encuentra dentro de lo esperado para la estación con un promedio de 16,8°C época de invierno (julio- 2007), los que se muestran en el Gráfico 5.3 (Apéndice). Temperatura promedio del mar de la zona invierno (16-17 °C) según El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) (2006).

Demanda Bioquímica de Oxígeno.- La carga orgánica medida a través de la DBO₅ variaron de 21,7 mg/L estaciones 21 y 23 del río Rímac hasta 29,9 mg/L estación 9 del río Chillón. En los cuadros 5.6 y 5.7. Se aprecia, que los puntos muestreados supera los Límites Máximos Permisibles (LMP), debido a la alta Carga Orgánica y la carencia de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía del Callao. Estos resultados fueron similares a los reportados por IMARPE (2006) donde indica que el 68 % de los resultados obtenidos en la época de invierno superaron los Límites Máximos Permisibles (LMP). Para los usos de aguas de clase IV; V; VI establecidos en la Ley General Agua.

- **Indicadores Microbiológicos.**- La línea costera se encuentra afectada por fuentes de contaminación por colectores de aguas residuales domésticas e industriales y la desembocadura de los ríos Rímac y Chillón, así como las actividades del Terminal pesquero y la rada del Callao según Sánchez (2002). Los coliformes totales en el monitoreo presentaron valores en el rango de 2×10^6 NMP/100mL a valores mayores a 6×10^7 NMP/100mL registrándose valores máximos río Rímac el estación 21 ; de igual manera los coliformes termotolerantes también presentaron valores que

superan los Límites Máximos Permisibles (LMP), de 2×10^7 NMP/100mL río Rímac y río Chillón 8×10^5 NMP/100mL, la mayoría de los puntos de muestreo se encuentran por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP)L. Reportes realizados por IMARPE (2006), indican que los coliformes totales y termotolerantes fluctuaron entre $1,5 \times 10^2$ NMP/100mL hasta $2,4 \times 10^{12}$ NMP/100mL en zona de mezcla del colectores superando los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la Ley General Agua.

- **Contaminación por Metales Pesados.**- Las actividades mineras, y el sector industrial, en las diferentes etapas del proceso, generan residuos de minerales que son transportados por las aguas a través de colectores, ríos, acequias, que son vertidas finalmente al mar; estos elementos son tóxicos y peligrosos, para el ecosistema marino y la salud humana como plomo, cadmio, mercurio y arsénico.

Los análisis de metales en el agua de mar a nivel superficial, en la zona de estudio, registraron valores cadmio y zinc, que no superaron lo normado por la ley general de aguas de clase VI como podemos ver en el cuadro 5.4 (Apéndice), en cambio los niveles de plomo, hierro y cobre superaron los Límites máximos permisibles.

El Plomo.- Los valores de plomo registrado en la bahía del Callao es 0,028 mg/L en estación 07, río Chillón en estación 8 es 0,326 mg/L y río Rímac es estaciones 21 y 23 promedio es 0,135 mg/L, superaron lo normado por la Ley general de aguas de clase VI (0,03mg/L). Como podemos ver en los cuadros 5.5, 5.6 y 5.7 (Apéndice), presencia que se debe a las aguas residuales que el sector industrial descarga al mar a través de colectores, río y acequias.

El Hierro.- Tiene la característica de ser poco soluble en agua de mar, pero tiende a agruparse en torno a partículas orgánicas que precipitan. Es beneficioso en concentraciones bajas debido a que es un componente básico para la realización del

metabolismo de plantas y otras especies acuáticas, sin embargo al acumularse en altas concentraciones éste produce problemas de eutricación ya que produce una aceleración en la actividad metabólica, lo cual causa aumento de masas de organismos y su posterior muerte originando putrefacción. Como se observa en el Gráfico cuadro 5.6 (Apéndice), el hierro supera los Límites Máximos Permisibles (LMP) en estaciones 21,22, 22-A y 23 del río Rímac contribuyendo a incrementar alta concentración de carga orgánica en el cuerpo receptor.

EL COBRE.- Los valores de cobre registrado en río Rímac 0,060 mg/L registrado en estación 21 y 0,058 mg/L en estación 22 cuadro 5.7 (Apéndice), superaron lo normado por la Ley general de aguas de clase VI (0,05mg/L), presencia que se debe a las aguas residuales que el sector industrial descarga al mar a través de colectores y ríos.

VII CONCLUSIONES

7.1 Las estaciones E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 E9, E10, E11 y E12 de la bahía del Callao, estaciones del río Chillón y estaciones río Rímac sobrepasan los límites máximos permisibles de la Ley General Aguas para clase IV, tanto para coliformes totales como para coliformes termotolerantes.

7.2 La contaminación de los Recursos Hídricos es producida por presencia de niveles altos de carga orgánica y microorganismos del grupo coliforme: Coliformes Totales, Termotolerantes y Escherichia Coli, lo que altera y crea un desequilibrio en la vida acuática de los ríos y el mar.

7.3 Las aguas descargadas en el mar por los ríos Rímac y Chillón, presentan un alto grado de contaminación orgánica, con valores promedios de aceites y grasas de (8,46 mg/L), y valores de DBO₅ (22,90 mg/L), coliformes totales y termotolerantes que superan los LMP establecidos por la ley general de aguas, correspondientes a las clases IV, V, VI. Características que alteran los procesos naturales, disminuyendo la posibilidad de recuperación del ambiente marino costero.

7.4 La calidad del agua de mar en la zona de estudio presenta concentraciones de metales pesados (Plomo, zinc y hierro), superan los límites máximos permisibles para aguas de clase VI según la Ley general de aguas.

7.5 La calidad del agua de mar en la zona costera de la bahía del Callao, comprendida entre la desembocadura del Río Rímac y del Río Chillón, no cumple con el estándar de calidad ambiental (ECA).

7.6 La falta de educación sanitaria de los pobladores de las riberas en muchos casos genera la contaminación de los ríos, puesto que arrojan residuos sólidos y líquidos que causan el incremento de los microorganismos fecales, con la consiguiente contaminación y deterioro de la vida en los ríos.

VIII REFERENCIALES

1. Aprocallao. (2006). Calidad del agua del mar en la Bahía del Callao. Informe Anual del Monitoreo de efluentes y Cuerpo Marino Receptor, 50.
2. Barreto, C., & Carranza, R. Efecto de los efluentes domésticos en la calidad del agua de mar para uso en la industria pesquera. Trabajo de Investigación UNAC, 2009.
3. Cabrera, C. (2003). Estudio de la Contaminación de las aguas costeras de la Bahía de Chancay, Tesis UNMSM, 400.
4. Conopuma, C. (1991). Las actividades antropogénicas y su incidencia en la pesca artesanal. En libro de resúmenes. III Seminario Latinoamericano de Pesca Artesanal. Imarpe-CIID. Canadá.
5. CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA. Informe Bahía del Callao. Web <http://www.contraloria.gob.pe/nea/interiores/cbach.marinas.htm>. Octubre, (2008) .
6. Chung. B. (2008). Control de los Contaminantes químicos en el Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 25(4), 413-418.
7. Díaz, C., Carrión, J., & González, J. (2006). Estudio de la Contaminación por Hg, Pb, Cd, y Zn en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 72(1), 19-31.
8. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL, *Monitoreo de la Bahía del Callao*, Informe DIGESA, 2005,
9. Echegaray, M., Guerin, C., Hinojosa, I., Zambrano, W., & Taype, L. (1988). Vigilancia de la contaminación marina por metales pesados en áreas críticas (moluscos bivalvos como indicadores). Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar.

10. Glynn, H. & Gary, H. (1999). Ingeniería Ambiental. Ed. Prentice Hall, México, 390.
11. Guillén, O., Asthu, V., & Aquino, R. (1980). Contaminación marina en el Perú. Informe IMARPE-PERÚ N°77:70.
12. Guillén et al. 1978. Contaminación en el puerto del Callao. Informe N°62.IMARPE. Callao.
13. Guzmán. M. (1996). Trazas de metales en elementos superficiales en la Bahía del Callao-Ventanilla. Informe Progresivo de IMARPE-PERÚ N° 37.
14. Orozco, R., Cordova, J., & Moren, O. (1998). Estado de la contaminación marina en la Bahía de Chancay entre 1995-1997. En Informe interno IMARPE.
15. PNUMA/CPPS. (1981). Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en el Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Colombia, Chile, Ecuador, Perú. En Serie Seminarios y estudios, Lima-Perú, 2.
16. Pinzón, M.L., García, A.K., & Cassanova, R.F. (2007). Seguimiento a la influencia de la marea, condiciones meteorológicas y factores antropogénicas sobre la variabilidad diaria de parámetros fisicoquímicos en la Bahía de Tumaco (Colombia). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas Universidad de Pamplona*, 5(5), 5-16.
17. Pis, M., Delgado, G., Martínez, S., Hernández, A., & Diez, J. (2008). Efecto de la emisión de residuales urbano – industriales en la ensenada de la Coloma, Costa Sur de Pinar del Río, Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(5), 1-9.
18. Romero, C., García A., Mendoza, G., Torres, C. & Ramírez, N. (2009) Contaminación por *Toxacara* spp. en Parques de Tulyehualco, México. *Revista Científica. (Maracaibo)*, 19(3), 253-256.

19. Romero, M., Colin, A., Sánchez, E., & Ortiz, Ma. L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 25(3), 157-167.
20. Sedapal. (2006). Estudio de impacto Ambiental de las Aguas de la Bahía de Callao.
21. TARAZONA, J., PAREDES, G., ROMERO, VL, BLASKOWICH, V., GUZMÁN, S., & SÁNCHEZ., S. (1985). Características de la vida planctónica y colonización de los organismos bentónicos durante el Fenómeno El Niño, 4, 55-63.
22. Teves, N. (1993). Erosion and accretion processes during the Niño Phenomenon of 1982-1983 and its relation to previous events. En *Boletín del Instituto de Estudios Andinos*, 22 (1), 99-111,
23. Valle, SONIA. (1998). Estructura del Macrobentos Marino frente a Lima y sus factores condicionantes. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. 97 Pág.
24. Vega, J.C. (2002). *Química del Medio Ambiente y de los recursos Naturales*. Ed. Universidad Católica de Chile.