

ESTUDIO DE LA CONTAMINACION FECAL MENSUAL Y ESTACIONAL
EN LA ZONA COSTERA ADYACENTE AL EMISARIO SUBMARINO EN LA
BAHIA DE PUERTO MONTT

*STUDY OF MONTHLY AND SEASONAL FAECAL CONTAMINATION IN THE
COASTAL AREA ADYACENT TO THE SUBMARINE WASTEWATER DIFFUSER IN
THE BAY OF PUERTO MONTT*

Héctor Toledo¹, Claudia Hernández², Cristina Rodríguez³, Verónica Bittner²,
Luis Ferreira² & Francisco Orellana¹

¹Depto. de Recursos Naturales y Medio Ambiente, ²Instituto Tecnológico, Universidad de Los Lagos,
Casilla 557, Puerto Montt, Chile.

³Mariscope Chilena, Casilla 441. Puerto Montt, Chile.

RESUMEN

La zona costera del mar interior de la Décima Región, incluyendo principalmente el Seno de Reloncaví, es un área que desde que se instalaron los primeros habitantes en sus alrededores ha sido impactada por aguas residuales domésticas e industriales, así como también por la actividad agrícola, forestal y acuícola en los últimos 10 años. La zona costera de la bahía de Puerto Montt ha sido poco estudiada, sobre todo cuando se intenta evaluar el estado actual de las condiciones ambientales y más aún cuando se pretende conocer los posibles impactos que se estén generando con posterioridad a la instalación del emisario submarino de aguas servidas. El presente estudio pretende obtener un diagnóstico del estado de contaminación bacteriológica de la bahía de Puerto Montt, a través del índice de coliformes fecales. Se fijaron 5 estaciones de muestreo en la costa y 6 en aguas más profundas de la bahía, paralelas a la costa. Las muestras de la costa se tomaron en forma mensual y las de aguas profundas de la bahía, en forma estacional. Para el análisis bacteriológico de las muestras de agua se usó el método de los tubos múltiples (NMP), método cuantitativo que permite estimar la población de bacterias coliformes fecales presentes en el agua, inoculando series de 5 tubos en diluciones decrecientes de la muestra a medios de cultivos adecuados. Para el estudio de la información se aplicó un análisis de varianza paramétrico, el test de tukey y el test t de Student. La contaminación bacteriológica muestra rangos de coliformes fecales estacionales entre <2 y 1700 y mensuales entre 2 y >16000 NMP Cf/100 ml. Finalmente, se puede señalar, que la población de coliformes fecales en la Bahía de Puerto Montt se ha mantenido en relación a reportes anteriores. Sin embargo se considera imprescindible el monitoreo continuado del emisario, así como el estudio detenido de la oceanografía del Seno de Reloncaví, del cual se han realizado algunos registros mediante oceanografía satelital.

PALABRAS CLAVES: Coliformes fecales, emisario submarino, contaminación

ABSTRACT

The coastal area of the interior sea of the Tenth Region, including the Reloncaví Sound, is an area that since the first inhabitants settled down in their surroundings it has been impacted by domestic and industrial wastewater, as well as for agricultural, forestry and fish farming activities in the last 10 years. The coastal area of the bay of Puerto Montt has been little studied, mainly when someone tries to evaluate the current state of the environmental conditions and further more, when pretending to know the possible impacts generated after the installation of a submarine wastewater diffuser. The present study seeks to obtain a diagnosis of the state of bacteriological contamination of the bay of Puerto Montt, by using the faecal coliform index. Five sampling stations in the coast and six in deeper waters of the bay were established, the last six parallel to the first ones. Sampling in the coastal stations was performed monthly and seasonally in deep waters stations of the bay. For the bacteriological analysis of the water samples, the multiple tubes method was used (MPN), a quantitative method that allows to estimate the population of faecal coliforms bacteria present in the water, by inoculating series of 5 tubes in decreasing dilutions of the sample into proper cultivation media. For the analysis of the information, parametric variance analysis, Tukey test and test "t" of Student were performed. The bacteriological contamination shows ranges of seasonal faecal coliforms between <2 and 1700 and monthly between 2 and >16000 NMP fc/100 ml. Finally, it can be point out that the population of faecal coliforms in the bay of Puerto Montt has remained stable in relation to previous reports. However,

it is considered essential to continue with the monitoring of the submarine wastewater diffuser, as well as the detailed study of the oceanography of the Reloncaví Sound, of which they have been obtained some records by means of satellite oceanography.

KEYWORD: Faecal coliforms, submarine wastewater diffuser, contamination

INTRODUCCION

La bahía de Puerto Montt (41° 28' S; 72° 58' W) forma parte de la zona costera del Seno de Reloncaví, con una superficie aproximada de 9.122 km² y una profundidad promedio de 80 m, lo que implica un volumen aproximado de 53.506.502 m³. Este cuerpo de agua ha sido usado por varias décadas como un receptor de las aguas servidas provenientes de los habitantes de la comuna de Puerto Montt y poblaciones adyacentes, así también como los riles de las industrias pesqueras y otras industrias relacionadas con servicios asociados a la actividad acuicultura.

Puerto Montt en los últimos años ha duplicado su población, alcanzando una cifra de 175.938 habitantes según el censo del año 2002. Esto implica un crecimiento real de 90.396 nuevos habitantes para el período 1992-2002 (INE 2003). Este incremento está basado en el importante desarrollo de la industria acuícola-salmonera y turística de la zona.

Una de las desventajas que tiene el crecimiento poblacional tan acelerado, como ha sido el caso de la ciudad de Puerto Montt, es el aumento de los volúmenes de aguas servidas que de una u otra manera son evacuadas al mar. La carga bacteriana de las aguas servidas es siempre muy importante, puesto que tiene como promedio más de mil millones de bacterias por litro. Por otra parte, se considera que la emisión promedio de aguas usadas por habitante es de 150 a 300 l/día (Gauthier 1980), lo que para la ciudad de Puerto Montt hoy día equivaldría aproximadamente a 26.390.700 l/día (valor mínimo), mientras que según el estudio de impacto ambiental del emisario, la descarga sería de 54.864.000 l/día operando al 50 % de la capacidad de diseño (Hidrosan Ingeniería 2001). A contar de marzo del 2003 se inició el pretratamiento, que básicamente en el caso de aguas servidas domésticas consiste en la remoción de los sólidos de mayor tamaño y plásticos, para posteriormente evacuarlas a través de un emisario submarino a 1.000 m de la costa y a 100 m de profundidad. Con anterioridad a la instalación del emisario, varios puntos de la bahía permanecían contaminados con índices de

coliformes fecales sobre la norma (1000 Cf/100 ml; NCh 1.333), lo que provocaba el cierre de playas para uso recreacional y de zonas para la extracción de mariscos (Llanchipal 1984).

La bahía de Puerto Montt ha sido muy poco estudiada, existiendo datos esporádicos de los índices de coliformes desde 1984, tomados por el Servicio de Salud Llanchipal (1984). Estos datos fueron considerados exclusivamente para verificar si una zona costera está apta o no para fines recreacionales, permitiendo en algún momento clausurar playas que estaban varias veces sobre la norma, protegiendo así la salud de la población (Sepúlveda *et al.* 1996).

Los microorganismos llamados coliformes fecales pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*. Se caracterizan por ser de forma bacilar, Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, no forman esporas y fermentan el azúcar lactosa con producción de ácido y gas a 35° C dentro de 48 horas. A este grupo pertenecen bacterias del género: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. En particular, la bacteria *Escherichia coli* constituye aproximadamente un 10 % de los microorganismos intestinales del hombre y de animales de sangre caliente y debido a esto se ha utilizado como indicador biológico de contaminación fecal (Guinea *et al.* 1979). Estos coliformes fecales están asociados a varias condiciones infecciosas en humanos, tales como gastroenteritis, enfermedades de la piel, vaginitis e infecciones genitales entre otras.

El presente estudio verificará que con la instalación del emisario, las concentraciones de coliformes fecales deberían aumentar en el área de descarga (área de sacrificio), disminuyendo en las estaciones de la playa, para lo cual se implementaron muestreos estacionales alejados de la costa y muestreos mensuales en estaciones costeras. Para determinar si los niveles de contaminación por coliformes fecales difieren de 1000 Cf/100 ml, las hipótesis planteadas fueron $H_0: \mu = 3$ y $H_1: \mu \neq 3$. Con esto se podrá establecer si las playas de la bahía de Puerto Montt se encuentran aptas para el baño y la recreación, protegiendo de esta manera la salud de la población.

MATERIALES Y METODOS

Se establecieron 6 estaciones de muestreo estacional alejadas de la costa y 5 estaciones de muestreo mensual en la zona costera a la orilla de la playa, en relación a los datos históricos que muestran que los niveles de coliformes por sobre 1000 Cf/100 ml siempre han sido encontrados en los puntos cercanos a la playa (Fig. 1). Las estaciones de muestreo se determinaron trazándolas sobre la carta en forma paralela al

emisario submarino (sentido norte-sur) para las primeras tres estaciones. La estación 4 se estableció en relación a la dirección que normalmente asumen las mareas vaciantes. La estaciones 5 y 6 se ubicaron en áreas donde aún existían ductos de aguas servidas en funcionamiento durante el período de muestreo. La posición de cada punto de muestreo se obtuvo con un GPS instalado en la plataforma de trabajo, buque Escuela Melipulli, y chequeados con distancia de radar hacia la costa (Tabla I).

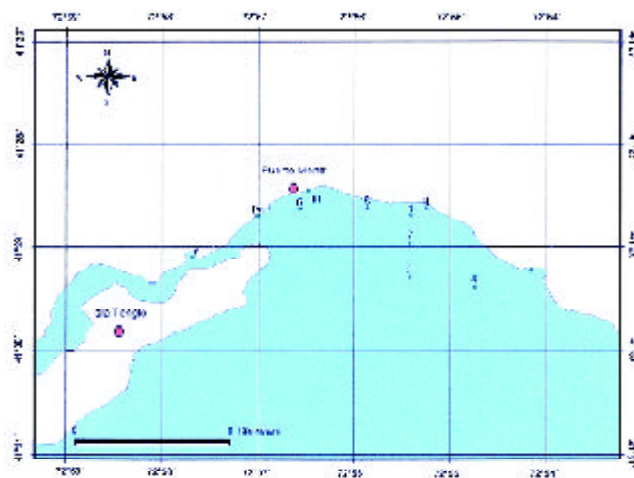


FIGURA 1. Estaciones de muestreo en la bahía de Puerto Montt.

FIGURE 1. Sampling stations in the bay of Puerto Montt.

TABLA I. Ubicación de las estaciones de muestreo estacionales y mensuales en la bahía de Puerto Montt.

TABLE I. Location of the stations of seasonal and monthly sampling in the bay of Puerto Montt.

| ESTACION | LATITUD | LONGITUD | UBICACIÓN |
|----------|---------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 41° 28.65' S | 72° 55.37' W | 40 m borde costero |
| 2 | 41° 28.93' S | 72° 55.38' W | 530 m borde costero |
| 3 | 41° 29.30' S | 72° 55.38' W | 700 m borde costero |
| 4 | 41° 29.43' S | 72° 55.69' W | 500 m borde costero playa Pelluco |
| 5 | 41° 28.58' S | 72° 55.82' W | 20 m del club de yates |
| 6 | 41° 28.59' S | 72° 56.53' W | 150 m del borde costero |
| I | 41° 29.231' S | 75° 54.128' W | Playa Pelluco |
| II | 41° 28.546' S | 72° 55.171' W | Caleta Pichipelluco |
| III | 41° 28.392' S | 72° 56.444' W | Plaza de Armas |
| IV | 41° 28.661' S | 72° 56.972' W | Terminal de Buses |
| V | 41° 29.159' S | 72° 57.728' W | Angelmó |

En este trabajo se muestra una imagen satelital del Seno de Reloncaví, la cual forma parte de la implementación de la observación operativa y en el tiempo real del océano desde el espacio, realizada por Rodríguez-Benito & Haag (2004).

La imagen procede del instrumento MODIS del satélite Terra de la NASA, corregida al 13/08/2003 y ha sido obtenida de los archivos del DAAC de la Agencia Espacial Estadounidense (NASA). Los datos se tomaron con una resolución espacial de 250 m y la imagen se muestra en color verdadero, para ello se ha realizado la combinación de los datos de 3 bandas radiométricas del instrumento. Los 3 canales corresponden a 1, 4 y 3 (670 nm, 561 nm y 476 nm) respectivamente.

Las muestras de agua fueron colectadas en botellas de vidrio estéril de 300 ml de capacidad y se trasladaron inmediatamente al laboratorio para su procesamiento. Para el análisis bacteriológico de las muestras de agua se usó el método del Número Más Probable (NMP), el cual se compone de dos fases: una presuntiva y otra confirmativa. En la fase presuntiva se aplicó un enriquecimiento selectivo orientado a dar fuerza a las bacterias de origen entérico, siendo esto logrado por el medio de cultivo lauril triptosa. Se sembraron por triplicado alícuotas de 10, 1 y 0.1 ml de agua, en tubos estériles con 9 ml de este medio, más la presencia de un tubo Durham invertido. Luego se incubaron a 37 ° C por un período de 48 horas. Una vez pasado este período se leyeron los resultados. Se tomaron como positivos los tubos que presentaron crecimiento y producción de gas, lo cual es evidenciado por la aparición de burbujas de gas atrapadas en los tubos Durham. El resultado negativo se evidencia por la ausencia de gas en el tubo Durham, aunque el medio presente crecimiento. En la fase confirmativa para la enumeración de coliformes totales (CT) y fecales (CF) se utilizaron los medios de cultivo verde brillante y específico para *Escherichia coli* (EC), respectivamente. Una vez finalizada la etapa confirmativa, los valores de abundancia se obtienen de la combinación de los resultados de los tubos positivos y negativos, lo que permite establecer un código, el cual se compara con una tabla del Número Más Probable establecida para este fin (Clesceri *et al.* 1998).

En el estudio de la información se utilizó un análisis de varianza a los datos transformados (\log_{10}), y para determinar cuáles estaciones diferían entre sí, se utilizó el método de comparaciones múltiples de Tukey. También se aplicó prueba de hipótesis individuales (t de Student) para determinar si la contaminación promedio en cada estación difería significativamente de 3 ($\log 1000$ Cf/100 ml), construyéndose intervalos de confianza para la media de cada una de las estaciones (Walpole *et al.* 1998).

RESULTADOS

Las tablas II y III muestran un resumen de los muestreos de los coliformes fecales estacionales y mensuales de 6 estaciones alejadas de la costa y 5 estaciones costeras a orilla de playa respectivamente, desde la playa de Pelluco hasta la caleta de Angelmó. La contaminación bacteriológica mostró rangos de < 2 a >16000 Cf/100 ml (Fig. 2).

En el análisis de varianza, previa a la verificación de normalidad y homocedasticidad para los datos anuales en las estaciones de muestreo, muestra un p-valor inferior a 0,01, por lo tanto, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de un nivel de la variable a otro, para un nivel de confianza de 99,0 % (Tabla IV).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey indica que la única estación que presentó una media diferente a las demás es la estación I (playa Pelluco) donde el promedio de coliformes fecales es inferior a 1000 Cf/100 ml. Las otras cuatro estaciones muestreadas en la bahía de Puerto Montt no presentan diferencias significativas en sus valores promedios (Tabla V).

La prueba t de Student mostró que solamente en la estación I (playa Pelluco) el valor t fue significativo por lo cual se rechazó la hipótesis nula (p-valor = 0,000047). En las otras cuatro estaciones, los valores t calculados no fueron significativos, por lo que no se puede afirmar que la contaminación en dichos puntos difiera significativamente de 3 ($\log 1000$ Cf/100 ml) (Tabla VI).

La imagen satelital analizada (Fig. 3) muestra un área donde se observa una estructura con forma de pluma a partir de la costa de Puerto Montt, indicando que la acción antropogénica va más allá de la zona de muestreo.

TABLA II. Concentración estacional de Cf/100 ml, alejado de la costa de la bahía de Puerto Montt.

TABLE II. Seasonal concentration of fc/100 ml, offshore from the bay of Puerto Montt.

| MONITOREO | E 1 | E 2 | E 3 | E 4 | E 5 | E 6 |
|------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 13.03.2003 | 11 | 27 | 11 | <2 | 17 | 27 |
| 18.06.2003 | 540 | 1700 | 49 | 14 | 40 | 170 |
| 24.09.2003 | 170 | 540 | 27 | 33 | 350 | 13 |
| 03.12.2003 | 78 | 210 | 7.8 | 4.5 | 20 | 22 |

TABLA III. Concentración mensual de Cf/100 ml en orilla de playa de la bahía de Puerto Montt.

TABLE III. Monthly concentration of fc/100 ml inshore of the bay of Puerto Montt.

| MONITOREO | E I | E II | E III | E IV | E V |
|------------|------|-------|--------|------|---------|
| 26.03.2003 | 49 | 1700 | 350 | 920 | > 16000 |
| 23.04.2003 | 140 | 430 | 5400 | 27 | 7000 |
| 04.06.2003 | 130 | 1100 | 9200 | 3500 | 350'0 |
| 02.07.2003 | 460 | 470 | 2400 | 130 | 240 |
| 27.07.2003 | 2 | 16000 | 5400 | 1300 | 350 |
| 27.08.2003 | 23 | 49 | 3500 | 350 | 5400 |
| 01.10.2003 | 2 | 5400 | 93 | 1100 | 220 |
| 29.10.2003 | 17 | 17000 | > 1600 | 2200 | 950 |
| 26.11.2003 | 1700 | 5400 | 5400 | 320 | 4600 |
| 24.12.2003 | 7.8 | 140 | 3300 | 1100 | 540 |
| 27.01.2004 | 33 | 700 | 21 | 390 | 400 |
| 24.02.2004 | 17 | 2600 | 1400 | 1100 | 2000 |
| 10.03.2004 | 33 | 280 | 1700 | 350 | 2400 |

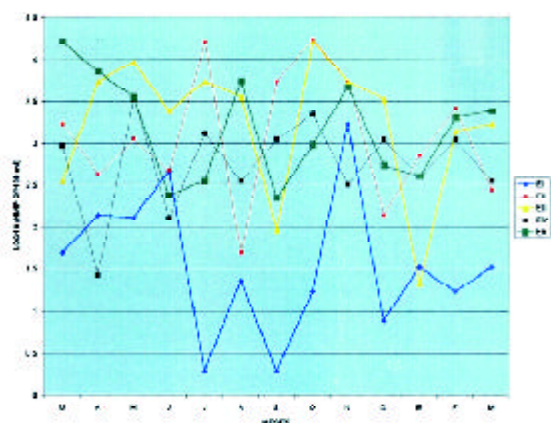


FIGURA 2. Variación mensual de Cf/100 ml en las estaciones Costeras de la bahía de Puerto Montt.

FIGURE 2. Monthly variations in fc/100 ml in coastal stations of the bay of Puerto Montt.

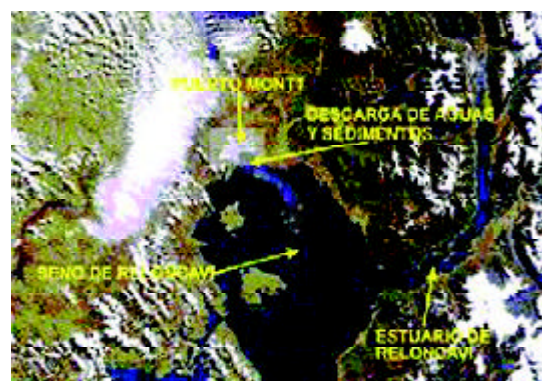


FIGURA 3. Imagen satelital del Seno de Reloncaví del 13/08/2003. (MODIS/TERRA). Fuente DAAC de NASA.

FIGURE 3. Satellite image of the Reloncaví Sound of 08/13/2003. Source (MODIS/TERRA) from DAAC NASA.

TABLA IV. Análisis de varianza para las estaciones de muestreo.

TABLE IV. Analysis of variance for sampling stations.

| Fuente | Sumas de cuadrados | Gl | Cuadrados medios | Cociente-F | P-valor |
|--------------|--------------------|----|------------------|------------|---------|
| Entre grupos | 24,4682 | 4 | 6,11704 | 11,78 | 0 |
| Intra grupos | 31,1504 | 60 | 0,519173 | | |
| Total | 55,6186 | 64 | | | |

TABLA V. Comparaciones múltiples de las estaciones muestreadas.

TABLE V. Multiple comparisons for sampling stations.

| Estación | Frecuencia | Media | Grupos Homogéneos |
|----------|------------|---------|-------------------|
| I | 13 | 1,55364 | X |
| II | 13 | 2,75524 | X |
| III | 13 | 3,07849 | X |
| IV | 13 | 3,15533 | X |
| V | 13 | 3,17297 | X |

TABLA VI. Estimación de medias y p-valores.

TABLE VI. Estimation of means and p-values.

| Estación | Media | Error estándar (individual) | Limite inferior | Límite superior | p-valor contraste t |
|----------|---------|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| E I | 1,55364 | 0,234102 | 0,838562 | 2,26871 | 0,00007 |
| E II | 3,07849 | 0,214832 | 2,42227 | 3,7347 | 0,721218 |
| E III | 3,15533 | 0,21389 | 2,50199 | 3,80866 | 0,329846 |
| E IV | 2,75524 | 0,154576 | 2,28307 | 3,2274 | 0,139303 |
| E V | 3,17297 | 0,170536 | 2,65205 | 3,69388 | 0,330479 |

DISCUSION

En los últimos 10 años ha existido una creciente preocupación por la introducción directa o indirecta de desechos en el medio ambiente marino. Cerca del 70% de la contaminación proviene de las actividades antropogénicas terrestres, en la cual los desechos domésticos, industriales y agrícolas son eliminados finalmente en las costas (Inda 1998). Estos efluentes son evacuados a través de emisarios submarinos que permiten reducir la contaminación orgánica y bacteriológica mediante difusores, los cuales, junto a las mareas, corrientes y mezcla, pueden diluir las aguas servidas (Gauthier 1991; Huanca *et al.* 1996). Sin embargo, hoy no existe consenso a nivel científico que el agua de mar, a través del estrés osmótico elimine toda la carga bacteriana. De esta manera se ha estado demostrando el daño a los recursos naturales que habitan en las aguas costeras, como señalan Leonardi & Tarifeño (1996) en especies de lenguados, *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) y *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) en la Bahía de Concepción. Del mismo modo, podrían representar un peligro para la salud humana, ya que estas descargas llevan una importante diversidad de bacterias patógenas que pueden causar graves enfermedades sobre la población (Braga *et al.* 2000), ya sea por contacto directo o por consumo de mariscos. Un ejemplo de estos efectos nocivos son la reciente aparición del *Vibrio parahaemolyticus* con más de 1.500 personas afectadas en enero del 2004 (Rodríguez-Benito *et al.* 2004).

Varios son los factores que pueden provocar efectos

sobre la sobrevivencia de los coliformes en el agua de mar, así por ejemplo: luz, salinidad, presencia de agentes tóxicos, predación, entre otros. A pesar de esto, las bacterias fecales han mostrado una alta sobrevivencia en el mar, hasta cierto punto una alta adaptación, pudiendo permanecer en el sedimento (Davis *et al.* 1995).

Si bien la bahía de Puerto Montt se puede considerar como una unidad para efecto de este estudio, puede ser dividida básicamente en tres sectores con actividades diferentes, de acuerdo al plan seccional: sector playa Pelluco (noreste), destinado a uso recreativo de baño principalmente (estaciones I y 4); sector frente al muelle de paseo (sur), básicamente corresponde al paseo costanera, destinado a recreación de vistas turísticas (estaciones III, II, 1, 2 3, y 5) y sector canal Tenglo y caleta Angelmó (oeste) que tiene uso portuario de naves mayores y embarcaciones artesanales respectivamente (Estaciones III, IV, V y 6). Los muestreos estacionales, que corresponden a las estaciones que están fuera de la costa, no muestran problemas de índices sobre la norma, excepto la estación 2, que en el período de otoño alcanza 1700 Cf/100 ml.

En los muestreos mensuales la estación I, que corresponde a la playa Pelluco, se encuentra siempre bajo la norma, sólo en el mes de noviembre se obtuvo un valor de 1700 Cf/100 ml; mientras que las estaciones II, III, y V presentan índices por sobre la norma en varias oportunidades durante los períodos de muestreo. Es posible replantearse que la descarga no esté lo suficientemente alejada de la costa y las corrientes de marea no sean lo suficientemente

importantes como para desplazarla fuera de la bahía, ya que los valores sobre la norma no están alrededor del emisario sino que en los puntos muestreados en la playa.

De acuerdo a los antecedentes recopilados y los reportes anteriores, no se observa una disminución de los índices de Cf/100 ml en el tiempo y las estaciones muestreadas. Esto es así ya que en 1986 se indica que los sectores más afectados eran Angelmó, Puntilla Tenglo, frente a la Plaza y caleta Pichi Pelluco, con valores superiores a 1600 Cf/100 ml (Bore *et al.* 1986). Así también otros autores (Toledo & Quilodrán 1994) señalan que el área comprendida entre la caleta Pichi Pelluco y Angelmó sería la zona costera con índices de contaminación bacteriológica más elevada (hasta 92000 Cf/100 ml), correspondiendo a todos los sectores aledaños a la playa.

Es muy importante considerar los valores de contaminación fecal de la bahía de Puerto Montt, ya que autores como Grunnet (1978) señalan que en concentraciones mayores de 1000 coliformes fecales/100 ml hay un 50% de probabilidad de encontrar *Salmonella sp.*

El supuesto de que el índice de contaminación por coliformes fecales en la zona costera de la bahía de Puerto Montt debería tener una tendencia hacia la baja, como resultado de la instalación y puesta en funcionamiento del emisario submarino, no queda claro, ya que los resultados están indicando que aún persisten niveles superiores a la norma en varios puntos muestreados (1000 Cf/100 ml).

A pesar de que no se pudieron realizar medidas contemporáneas en el mar, está ampliamente descrito que los cambios en la energía reflejada en los instrumentos ópticos dependen de las propiedades bioópticas de los componentes del agua y de este mismo elemento. En este caso asumimos que la procedencia es de la ciudad, tanto por el aporte humano como por canalizaciones de agua superficial, y por lo tanto el contenido es de materia en suspensión, el cual incluye todo el material particulado inorgánico, y material orgánico disuelto coloreado (sustancia amarilla), los cuales son, junto con el fitoplancton, los principales elementos que determinan las propiedades ópticas del agua (IOCCG, 2000).

Es posible, dada la naturaleza semicerrada de esta bahía, que la influencia del aporte antropogénico alcance más allá de los lugares previstos y se

integre en la dinámica general del Seno de Reloncaví.

Existen antecedentes de otras zonas de la costa de Chile en las cuales la instalación de un emisario submarino ha permitido mejorar y descontaminar las playas, pero la experiencia de la bahía de Puerto Montt es única ya que es cerrada y no corresponde a mar abierto como en los otros casos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Los antecedentes obtenidos de Cf/100ml en los diferentes puntos de muestreos de la bahía de Puerto Montt, durante el período de marzo del 2003 a marzo del 2004, indican que todas las estaciones aledañas a la playa aún tienen índices de coliformes fecales superiores a la norma (1000 Cf/100ml), aun cuando las diferencias no son estadísticamente significativas, exceptuando el sector de playa Pelluco, donde se rechaza la hipótesis nula debido a que los valores son inferiores a la norma. Por lo tanto, no existen evidencias significativas para demostrar que los puntos muestreados en la bahía de Puerto Montt, estén contaminados.

2. Los resultados obtenidos hacen evidente que se debe continuar con los muestreos mensuales, con el objeto de poder determinar, en un período de tiempo mayor, si la contaminación por coliformes fecales de la bahía ha disminuido producto de la instalación del emisario submarino.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos a la tripulación del buque Escuela "Melipulli" de la Universidad de Los Lagos, dependiente del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, a Jaime Alvarado A., técnico asistente del Laboratorio de Ciencias Biológicas del Instituto Tecnológico de Puerto Montt y al alumno seminarista Juan Pablo Meza S., por su apoyo en los muestreos y análisis de laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- BRAGA, E., C. BONETTI, L. BURONE & J. BONETTI. 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista estuarine system-Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 40: 165-173.
- BORE, D., F. PIZARRO & X. CABRERA. 1986. Diagnóstico de la Contaminación Marina en Chile. CORFO-IFOP. 123 pp.
- CLESCERI, L. A. GREEGER & A. EATON. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. WEF/APHA/AWWA.
- DAVIS, C., J. LONG, M. DONALD & N. ASHOBOLT. 1995. Survival of faecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 1888-1896.
- GAUTHIER, M. 1980. Poluciones bacterianas en el medio marino. La polución de las aguas marinas. Ediciones Omega. Barcelona. pp. 11-23.
- GAUTHIER, M. 1991. Poluciones bacterianas en el medio marino. La polución de las aguas marinas. Ediciones Omega. Barcelona. pp. 126-138.
- GRUNNET, K. 1978. Selected microorganisms for coastal pollution. *Studies and Coastal Pollution Control*. 3: 759-75
- GUINEA, J., J. SANCHO & R. PARES. 1979. Análisis microbiológico de aguas. Aspectos aplicados. Universidad de Barcelona, Ediciones Omega. Barcelona. pp. 11-100.
- HIDROSÁN INGENIERÍA. 2001. Sistema de tratamiento integral de las aguas servidas de Puerto Montt. Segunda parte. Estudio de Impacto Ambiental. 263 pp.
- HUANCA, W., E. SANTANDER, L. PADILLA & M. MONDACA. 1996. Sobrevida de bacilos gram negativos en ambiente marino. *Gayana Oceanol.* 4 (2): 153-157.
- INDA, J. 1998. Gestión y clasificación de residuos líquidos y metodología de monitoreo. Editorial Universitaria de Valparaíso. pp 16-21.
- INE, 2003. Censo 2002.
- IOCCG. 2000. Remote sensing of ocean colour in coastal and other optically-complex waters. Sathyendranath, S. (Ed.). Reports of the International Ocean colour Coordinating Group, N° 3, IOCCG. Dartmouth, Canada.
- LEONARDI, M. & E. TARIFEÑO. 1996. Efecto de la descarga de aguas servidas por un emisario submarino en los lenguados, *Paralichthys microps* (Gunther 1881) y *Paralichthys adspersus* (Steindachner 1867) en la bahía de Concepción, Chile: Evidencias Experimentales. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 31 (1): pp. 23-44.
- LLANCHIPAL. 1984. Servicio de Salud Llanquihue, Chiloé y Palena. Informes técnicos de muestreos de estado de la contaminación fecal. 25 pp.
- RODRÍGUEZ-BENITO, C. & C. HAAG. 2004. Application of ENVISAT data in the south of Chile. Monitoring algal blooms and other coastal ocean features using MERIS and AATSR imagery. *Gayana* 68 (2): 508-513.
- RODRÍGUEZ-BENITO, C., M. FEA, J. VERGARA, P. VICENTE & C. HAAG. 2004. The use of remote sensing from ENVISAT satellite to prevent infections by *Vibrio parahaemolyticus*. *Proceeding Simposio Selper*, 22-26 Nov., Santiago, Chile. pp 1-10.
- SEPÚLVEDA A., H. TOLEDO & C. BRIEVA. 1996. Diagnóstico de la contaminación bacterio-lógica en la zona costera del Seno de Reloncaví y Chiloé, por descarga de aguas servidas domésticas e industriales. Cimar- Fiordo 1. Comité Oceanográfico Nacional- Chile. pp. 69-73.
- TOLEDO, H. & B. QUILODRÁN. 1994. Antecedentes ambientales de la bahía de Puerto Montt en primavera-verano. *Res. XIV Jornadas de Ciencias del Mar, Puerto Montt, Chile*. 166 pp.
- WALPOLE, R., R. MYERS & SH. MYERS. 1998. Probabilidad y estadística para ingenieros. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., México. 797 pp.

Fecha de recepción: 20/07/04
Fecha de aceptación: 21/01/05