



UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

**PROPUESTA DE GESTIÓN DEL RIESGO SANITARIO
BACTERIOLÓGICO DE LAS AGUAS RECREACIONALES
DE LA BAHÍA DE COQUIMBO, CHILE**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión Ambiental

Javier Alejandro Ormeño Rojas

Profesor Guía: M.Sc. Niris Cortés Pizarro

COQUIMBO, septiembre de 2017



FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Los miembros de esta comisión designada para revisar la tesis de Magíster de JAVIER ALEJANDRO ORMEÑO ROJAS, la han encontrado satisfactoria y recomienda que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Magíster en Gestión Ambiental

Fecha : __ de _____ de 2017

Aprobado Comisión de Calificación

Dr. Juan Macchiavello Armengol
Decano

M.Sc. Niris Cortés Pizarro
Profesor Guía

Dr. Alonso Vega Reyes
Profesor Corrector

M.Sc. Claudia Galli Garrido
Profesor Corrector



FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

DECLARACION DEL AUTOR

Se permiten citas breves sin permiso especial de la Institución o autor, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente. En cualquier otra circunstancia, se deberá solicitar permiso de la Institución o el autor

Javier Ormeño Rojas

Firma

RESUMEN

Las aguas costeras suponen un desafío importante en términos de gestión ambiental, al confluir en ellas una serie de intereses, tanto productivos como recreacionales. En ese contexto, existen factores de riesgo sanitario asociados a la exposición con agentes infecciosos presentes en la materia fecal proveniente de fuentes difusas y puntuales de contaminación bacteriana sobre los cuerpos de agua. El riesgo sanitario por contaminación fecal es un problema de salud pública que exige medidas de gestión de riesgos en todas las fases del ciclo de manejo del riesgo, que permitan evitar o disminuir los impactos negativos de la pérdida de calidad bacteriológica de las aguas recreacionales sobre la salud de las personas que realizan actividades de baño.

En el presente estudio se plantea la problemática asociada a la gestión de factores de riesgo sanitario identificados en la Bahía de Coquimbo, caracterizada por cuerpos de agua marinos, estuarinos y de agua dulce proveniente de un sistema de drenaje agrícola que circula hacia el mar a través de colectores. Se denominó muestras No Conformes, a aquellas muestras donde la cantidad de coliformes fecales como indicador de contaminación bacteriana sobrepasa los límites normativos. La calidad bacteriológica de la Bahía de Coquimbo muestra una marcada estacionalidad en cuanto a las muestras no conformes, siendo la época invernal la que presenta menor calidad bacteriológica que la época estival, de acuerdo al programa de monitoreo de la SEREMI de Salud de la Región de Coquimbo(2002-2010), por otro lado el muestreo e inspección in situ del sistema de drenes agrícolas de la Bahía demostró que este sistema es una importante fuente puntual de contaminación bacteriológica de las aguas recreacionales, particularmente se detectó tres drenes con una alta carga bacteriológica. Debido al riesgo sanitario identificado, se plantea la necesidad de implementar medidas de control de este riesgo, a través de medidas tales como: saneamiento territorial, diseño del programa de monitoreo, selección de indicadores y procedimientos de comunicación de riesgos y alertas, todas ellas relacionadas a las normativas vigentes de reducción de riesgos en Chile.

ABSTRACT

The coastal waters are challenging in terms of environmental management, due the conjunction of several interests, like commercial or recreational purposes. In this sense, there are sanitary risk factors related to the exposition of people to infectious agents of fecal matter, originated from punctual and diffuses sources of bacteriological contamination over the water bodies. The sanitary risk emerges as a public health issue that it requires risk management under the entire framework of the risk management cycle, to avoid or mitigate the harmful effects of the bacteriological impairment of the recreational waters over the people who do bath activities.

This study poses a problematic about the management of the identified sanitary risk factors of the recreational waters of the Coquimbo Bay, represented by coastal marine waters, estuarine waters and agricultural drainage waters that run to sea through pipes from land. The impairment, called "NC"(Not conformity to regulatory levels) about amount of fecal coliform as indicator shown that the Coquimbo Bay has long-term impairment in two seasons of the year, Winter and Summer, wherein, the Winter season has the high levels of NC samples in a nine years monitoring program by the Undersecretary of Public Health of Coquimbo (2002-2010). On the other hand, the in situ inspection and sampling showed the higher influence of the agricultural drainage waters over the coastal waters quality, and this has been identified as a punctual source of bacteriological pollution. Particularly has been an identified 3 drain channel with a high input of impaired waters to the coastal recreational waters.

Due to the mentioned risk to the people health, is needed to implement control measures of the sanitary risk, by: sanitary measures, site selection and prioritization, sampling design, indicator selection and risk communication ways, all of these linked to the risk reduction laws of Chile.

Índice

	Página
1. Introducción	9
1.1. Objetivo general	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. Materiales y Métodos	13
2.1. Área de estudio	13
2.2. Análisis histórico del área de estudio	13
2.2.1. Caracterización hidrogeológica del área de estudio	14
2.2.2. Caracterización antrópica del área de estudio	14
2.2.3. Caracterización de la calidad bacteriológica de las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo	15
2.3. Análisis de marco normativo aplicable a aguas recreacionales	15
2.4. Análisis de calidad bacteriológica in situ de las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo (drenes)	16
2.5. Análisis de riesgos por contaminación bacteriana fecal en las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo	16
2.6. Propuesta de gestión del riesgo bacteriológico en las aguas superficiales de uso recreacional de la Bahía de Coquimbo.	17
3. Resultados	19
3.1. Análisis histórico del área de estudio	19
3.1.1. Caracterización hidrogeológica del área de estudio	19
3.1.2. Caracterización antrópica del área de estudio	19
3.1.3. Caracterización de la calidad bacteriológica de las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo	20
3.2. Análisis de marco normativo aplicable a aguas recreacionales	22
3.3. Análisis de calidad bacteriológica in situ de las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo(drenes)	24
3.4. Análisis de riesgos por contaminación bacteriana fecal en las aguas	25

recreacionales de la Bahía de Coquimbo	
4. Propuesta de gestión del riesgo bacteriológico en las aguas superficiales de uso recreacional de la Bahía de Coquimbo.	27
4.1. Medidas preventivas	27
4.1.1. Saneamiento territorial	27
4.1.2. Priorización de sitios	28
4.1.3. Selección de indicadores	28
4.1.4. Diseño del programa de monitoreo	29
4.1.5. Comunicación de riesgos	30
4.2. Medidas de respuesta a excedencias	30
4.2.1. Establecimiento de un sistema de alerta a la comunidad	30
5. Discusión	32
6. Conclusiones	37
7. Referencias	38
8. Anexos	42

Tablas	Página
I. Valores guía para la calidad microbiológica de las aguas recreacionales en estimación de riesgo de enfermedad	52
II. Ejemplos de niveles máximos de coliformes fecales en normativa internacional para aguas recreacionales de uso por contacto primario	52
III. Resultados de calidad bacteriológica de los drenes del área de estudio, (SEREMI de Salud 2002-2010)	53
IV. Resultados de calidad bacteriológica de aguas litorales del área de estudio (SEREMI de Salud 2002-2010)	55
V. Categorías de peligro del sistema de drenes, total período 2002-2010	57
VI. Categorías de peligro del sistema de drenes, temporada de Baño o estival, período 2002-2010	57
VII. Categorías de peligro de aguas litorales marinas de la Bahía de Coquimbo, total período 2002-2010	58

VIII. Categorías de peligro de aguas litorales marinas de la Bahía de Coquimbo, temporada de baño o estival, período 2002-2010	58
--	----

Figuras	Página
1. Área de estudio	43
2. Área del sistema de drenes	44
3. Zona de muestreo “A” del sistema de drenes	44
4. Zona de muestreo “B” del sistema de drenes	45
5. Mapa hidrogeológico del área de estudio	46
6. Mapa de vulnerabilidad del acuífero del área de estudio	47
7. Mapa de uso de suelo en el área de estudio	48
8. Fuentes de contaminación en sistema de drenes	48
9. Frecuencia porcentual de muestras no conformes de los drenes, período de análisis histórico (2002-2010)	49
10. Resultados de muestreo in situ de dren 4	49
11. Resultados de muestreo in situ de dren 5	50
12. Resultados de muestreo in situ de dren 6	50
13. Esquema general de la dinámica de los coliformes fecales en el área de estudio	51

1 INTRODUCCION

En las aguas de uso recreacional, playas, ríos, embalses, se desarrolla un amplio rango de actividades, siendo amplio también el rango de amenazas a la calidad de dichas aguas, especialmente ante la existencia de fuentes puntuales o difusas de contaminación bacteriana fecal. Estas amenazas pueden variar de un sitio a otro, como asimismo la naturaleza y extensión de la exposición (WHO, 2003). La diversidad de actividades trae consigo una conjunción de intereses y conflictos derivados del uso que se le va a dar a las aguas, sean estas para riego, agua potable o recreación, casos en los cuales la calidad de ellas va a ser un factor dominante en las regulaciones y normativas diseñadas para su manejo y control, particularmente lo que dice relación con la calidad microbiológica por presencia de niveles peligrosos de entero bacterias para la salud humana.

Respecto a las infecciones derivadas de la contaminación fecal de las aguas recreacionales es posible identificar las siguientes amenazas, cuyos efectos pueden provocar incapacidad a corto y largo plazo (WHO, 2003):

- Ingestión, inhalación o contacto con bacterias patogénicas, virus, hongos y parásitos depositados por los bañistas, animales o naturalmente presentes, incluyendo aquí los aportes de aguas contaminadas de origen domiciliario, agrícola o industrial a través de cursos de agua superficial.
- Picaduras de insectos vectores de enfermedades

De acuerdo a lo anterior se ha observado en el mundo un gran interés en el control de las amenazas microbiológicas en aguas recreacionales, en particular de riesgos a la salud asociados con contaminación del agua por descarga de aguas servidas y fecas, los que se manifiestan en enfermedades gastrointestinales, aunque también incluyendo eventos de fiebre, insuficiencia respiratoria e infecciones a ojos y oídos entre otras (Sanborn, 2013; WHO, 2003). Se reconocen impactos agudos de la exposición a dichos agentes infecciosos, no siempre severos y secuelas a largo plazo de los patógenos

característicos en eventos de contaminación bacteriológica (Pond, 2005).

En el contexto sanitario del uso recreacional de las aguas tanto de agua dulce como de agua de mar, existen riesgos asociados a la exposición directa con agentes infecciosos, este riesgo para la salud pública según consigna el Reglamento Sanitario Internacional (OMS, 2005) es “la probabilidad de que se produzca un evento que puede afectar adversamente a la salud de las poblaciones humanas, considerando en particular la posibilidad de que se propague internacionalmente o pueda suponer un peligro grave y directo”. La adopción de medidas de control y monitoreo por parte de los países conlleva una serie de estrategias para evitar o disminuir los daños para las personas, tales como los producidos por brotes infecciosos por contacto o ingestión con aguas contaminadas con agentes infecciosos en su mayoría de origen fecal. Una de las medidas preventivas básicas es la adopción de límites permisibles de coliformes fecales en los cuerpos de agua de uso recreacional que determinen alertas de riesgo sanitario para bañistas y otros usuarios de las aguas o bien que determinen acciones de control tales como prohibiciones de baño, detección de fuentes de contaminación, entre otras formando parte de programas integrales de calidad bacteriológica de aguas recreacionales. El uso de organismos indicadores de contaminación bacteriana es el mecanismo de control más extendido a nivel mundial para abordar la gestión de la calidad de las aguas recreacionales, no existiendo además un único enfoque al respecto.

En términos de gestión del riesgo, a nivel mundial se cuenta con recomendaciones y normativas que dan cuenta de la necesidad de manejar los factores de riesgo en pos de la Salud Pública, Chile cuenta con varios cuerpos normativos que establecen las bases y requisitos para aquello, lo que motiva que diversos organismos públicos realicen programas de vigilancia de las aguas en los términos señalados, tales como los de Seremi de Salud y Dirección General de Territorio Marítimo. No obstante lo anterior no ha existido en nuestra realidad nacional, y regional en particular el establecimiento de medidas de gestión concretas que den cuenta de todas las actividades necesarias dentro del ciclo de manejo del riesgo, lo que supone una alta vulnerabilidad

en términos de gestión institucional y de adecuado resguardo de la salud de la población, uno de los pilares fundamentales de las políticas públicas de salud.

La Bahía de Coquimbo, que posee fuentes puntuales (emisarios submarinos y sistemas de drenes agrícolas) y difusas (personas, animales silvestres y domésticos, sentinas de embarcaciones) de contaminación fecal y un alto interés de uso para fines recreacionales y de explotación acuícola es un buen ejemplo y oportunidad para proponer e implementar medidas de gestión de los factores ambientales naturales y antrópicos frente al peligro que representan los agentes infecciosos en el agua y los efectos no cuantificados sobre las personas que tienen los eventos de excedencia normativa.

De acuerdo a lo anterior el presente estudio presenta un análisis de riesgo sanitario y propone medidas que fortalezcan el rol del sector salud dentro del Sistema de Protección Civil.

1.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de gestión del riesgo sanitario bacteriológico de las aguas de uso recreacional de la Bahía de Coquimbo.

1.2. Objetivos específicos

1.2.1. Recopilar y analizar la información histórica hidrogeológica, antrópica y de calidad bacteriológica de las aguas recreacionales en el área de estudio entre los años 2002-2010.

1.2.2. Realizar análisis in situ del sistema de drenes agrícolas de la Bahía de Coquimbo con una frecuencia porcentual superior al 15% de no conformidades a normativa vigente en el parámetro coliformes fecales

1.2.3. Analizar el marco normativo aplicable a aguas recreacionales

1.2.4. Realizar un análisis de riesgo asociado a la calidad bacteriológica de las aguas de la bahía de Coquimbo

1.2.5. Elaborar una propuesta de gestión del riesgo bacteriológico en las aguas superficiales de uso recreacional de la Bahía de Coquimbo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El área de estudio correspondió a un sector de la zona litoral de la Bahía de Coquimbo, cuyo ámbito geográfico (Figura 1) se caracteriza por terrenos de playa y un sistema de 8 drenes que desembocan en el mar, desde el sector el faro de La Serena hasta el sector de Peñuelas, entre los vértices, según coordenadas UTM (Datum WGS84): 280443 E / 6689490 S, 282031 E / 6689453 S, 278647 E/ 6684885 S, y 279899 E/ 6684446 S. El área indicada tiene correspondencia con las playas aptas para baño por contacto directo en la Bahía de Coquimbo y concentra gran afluencia de personas en especial durante la época estival.

Para efectos de riesgo sanitario para la salud pública, el área de estudio es relevante por cuanto es activamente utilizada para diversas actividades, entre ellos las actividades recreativas de baño, siendo el sistema de drenes una fuente identificada de aporte de aguas con carga bacteriana, entre otras fuentes, pudiendo afectar la calidad de las aguas en las que se desarrollan las actividades indicadas.

La evaluación sanitaria del área de estudio contempla la recolección de datos de calidad bacteriológica de aguas litorales (zonas de baño) como asimismo del sistema de drenes agrícolas característicos de la Bahía de Coquimbo, que en determinadas circunstancias se constituyen en espacios de baño por parte de las personas que hacen uso del borde costero.

2.2 Análisis histórico del área de estudio

Se utilizó el marco conceptual de la metodología AIDEP (ONEMI, 2010), basada en la recopilación de información sobre riesgos y recursos para identificar amenazas y establecer cursos de acción en torno al ciclo de manejo del riesgo.

Se recopiló información previa del área de estudio en lo referido a su caracterización hidrogeológica, antrópica, y calidad bacteriológica de aguas costeras de la Bahía de Coquimbo, utilizando para ello información de diversas fuentes disponibles, entre ellas del Programa de observación del ambiente litoral (POAL) llevado a cabo por la Dirección General de Territorio Marítimo y del Programa de Control Bacteriológico de Aguas Recreacionales realizado por la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Coquimbo. En dichos análisis se tiene al grupo de los coliformes fecales como organismos indicadores de contaminación bacteriológica. Se tomó como parámetro relevante las muestras que presentaron excedencia sobre la Norma Chilena N° 1333 cuyo valor máximo permitido es de 1000 UFC (Unidades formadoras de colonias) NMP (Número más probable)/100 mL, siendo denominadas como “muestras no conformes” (NC) para efectos del presente estudio.

2.2.1 Caracterización hidrogeológica

Para establecer las características hidrogeológicas del área de estudio se consultó el Mapa Hidrológico Nacional (DGA, 1991) y el mapa de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos de la Región de Coquimbo (Espinoza, 2005) de tal manera de contar con información que permita identificar las condiciones favorables a la dispersión y persistencia de agentes contaminantes o que deterioran la calidad bacteriológica, entre ellos los agentes bacterianos fecales.

2.2.2 Caracterización antrópica

Se investigó el origen del sistema de drenes y uso actual del suelo en el área de estudio, esto último identificando las diferentes zonas según el uso residencial-comercial, agrícola y otros mediante fotografías satelitales utilizando software gratuito Google Earth y cotejo en terreno. Se contó además con el mapa de la red de recolección de aguas servidas del área de estudio proporcionado por la empresa sanitaria de la Región de Coquimbo, Aguas del Valle.

2.2.3 Caracterización de la calidad bacteriológica de las aguas recreacionales

Se contó con protocolos de monitoreo mensuales de calidad bacteriológica realizados entre los años **2002 - 2010** por el Departamento de Acción Sanitaria de la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud de la Región de Coquimbo. Dichos protocolos forman parte de un programa permanente de control bacteriológico de las Bahías de Coquimbo y La Herradura, con total de ocho (8) drenes muestreados en la Bahía de Coquimbo, además de las aguas litorales de playa, entre el sector de Peñuelas y Faro de La Serena, para contar con una estimación de la tendencia del comportamiento interanual y estacional de la calidad bacteriológica presente en las aguas recreativas, tanto marinas como agua dulce. Para el análisis estacional se consideró dos épocas, desde Abril a Septiembre como época invernal, y entre Octubre y Marzo como época estival. De manera complementaria se contó con los datos de monitoreo del POAL realizado entre los años **2002-2010**.

Junto con lo anterior se contó con los resultados de un muestreo realizado por la Seremi de Salud a la columna de agua en distintas profundidades y a moluscos bivalvos de la Bahía (SEREMI de Salud Región de Coquimbo, 2009).

2.3 Análisis de calidad bacteriológica *in situ* del sistema de drenes

Para complementar los datos históricos, se realizó el análisis *in situ* de la condición bacteriológica del sistema de drenes de la Bahía de Coquimbo, se realizó entre el 10 y 16 de diciembre del año 2008 el muestreo de los drenes que presentaron una mayor frecuencia histórica en muestras no conformes a la Norma Chilena 1.333 (exceden el valor máximo permitido de 1000 UFC NMP/100 mL), con valores por sobre el 15% en el programa de control microbiológico de las aguas recreacionales durante el período 2002-2010. El ámbito geográfico de los drenes identificados (drenes 4, 5 y 6) se indica en la figura 2. Se distinguió dos **zonas: A**, desde la Av. El Santo por el este hasta la Ruta 5 Norte, y **zona B**, desde la Ruta 5 Norte hasta la Avenida del Mar (Figuras 3 y

4). Los vértices del área mencionada según coordenadas UTM (Datum WGS84) son: 279173 E/ 6685481 S, 279773 E/ 6684473 S, 280041 E/ 6687163 S, 281548 E/ 6686571 S.

El diseño de muestreo consideró la revisión de la continuidad física del dren objetivo, de tal manera de distinguir este de los canales de regadío y otras obras hidráulicas existentes en el área de estudio, como asimismo la dirección de las aguas. Una vez identificada en terreno la extensión y alcance de los drenes, se procedió a establecer los puntos de muestreo de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Toma de muestras de agua en diversas zonas de los drenes a lo largo de su extensión hasta la desembocadura en el terreno de playa
- c) Toma de muestras en canales de regadío que presentaron aporte de agua hacia los drenes.

Una vez colectadas las muestras fueron derivadas a Laboratorio del Ambiente de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de Coquimbo, para el análisis bacteriológico.

2.4 Análisis de marco normativo aplicable a aguas recreacionales

Se recopiló información de normativas nacionales asociadas al control de la calidad microbiológica de las aguas recreativas, haciendo un paralelo con algunas normativas internacionales sobre la materia, de tal manera de contar con elementos de comparación en lo relativo a los límites permitidos de indicadores bacteriológicos en agua de uso recreacional por contacto directo.

2.5 Análisis de riesgos

En aguas de uso recreacional el riesgo para la salud de las personas está dado por la ingestión accidental de agua u otra vía de ingreso al organismo (heridas en la piel, ulceraciones) durante las actividades desarrolladas en dichas aguas y por tanto asociado a las actividades de recreación por contacto directo. El análisis de riesgos contempló la identificación de las rutas de exposición y de los factores que inciden en la dinámica de los microorganismos entéricos en el ambiente costero, desde su ingreso al sistema hasta su llegada al organismo receptor, que en este caso serían las personas. Por otro lado se realizó la estimación de categorías de peligro de las zonas de baño, se utilizó la categorización de riesgo para aguas recreacionales propuesta por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2003). Se hizo la distinción entre el análisis global por dren y el análisis específico para la temporada de baño (estival), típicamente representada por los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Los parámetros de categorización dicen relación con el peligro que representan los distintos niveles de concentración de coliformes fecales para la Salud Pública, propuestos de acuerdo al cálculo del percentil 95 (p95) para toda la serie de datos de muestreo (Tabla I). Para efectos de esta categorización se consideró como una sola unidad el dren y el litoral marino de su desembocadura, denominándose esta unidad como “zona de baño”.

2.6. Propuesta de gestión del riesgo bacteriológico en las aguas superficiales de uso recreacional de la Bahía de Coquimbo.

La gestión del riesgo está definido como el proceso eficiente de planificación, organización, dirección y control, dirigido a la reducción de riesgos, el manejo de desastres y la recuperación ante eventos ya ocurridos (OPS, 2004).

Dentro del contexto enunciado se contempla la elaboración de una propuesta gestión del riesgo sanitario con base en tres principios (OPS, 2010):

- a) **Prevención:** Proceso de carácter permanente destinado a eliminar el riesgo, en este caso el riesgo determinado por la amenaza de enfermedades graves producto del contacto con aguas de uso recreacional contaminadas con coliformes fecales, en especial de aquellos grupos vulnerables de la población. Este procesos incluye la identificación y eliminación de fuentes de contaminación, implementación de un programa de monitoreo, y establecimiento de límites críticos de emergencia sanitaria.

- b) **Respuesta:** Las medidas de respuesta tienden al control de la contingencia por contaminación bacteriana de las aguas recreacionales, en especial en época de mayor afluencia de usuarios de dichas aguas, en los meses de verano. Serán medidas de mitigación frente al riesgo para la salud de las personas.

- c) **Recuperación.** Una vez que haya acontecido un evento de contaminación microbiológica que determine niveles de emergencia y estos hayan sido controlados, la recuperación incluirá la restauración de los niveles de calidad del agua recreacional, cuyos niveles de riesgo estén dentro de los márgenes establecidos como sanitariamente aceptables para el resguardo de la salud de la población que accede a las aguas recreacionales.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis histórico

3.1.1 Caracterización hidrogeológica

Hidrogeológicamente el área de estudio se encuentra conformada por sedimentos de origen cuaternario no consolidados (Figura 5), con una gran variedad granulométrica, que va desde arcillas a gravas de origen glacial, aluvial o glacial lo que unido a una alta permeabilidad (DGA, 1991) permiten que el acuífero subyacente presente una alta saturación de agua en la capa subsuperficial del suelo, dando origen a los terrenos denominados genéricamente como vegas y humedales.

El tipo de acuífero descrito presenta por tanto una gran importancia hidrogeológica, al igual que el resto de sitios originados por depósitos fluviales, presentando niveles estáticos someros en un rango de 7 a 15 m. de profundidad, con una recarga debida principalmente a cursos de agua superficiales (Espinoza, 2005), siendo posible la identificación de niveles someros inferiores a los 3 m. de profundidad en vastos sectores del área de estudio (obs. personal). Lo anterior le otorga al Sistema Bahía Coquimbo una **alta a muy alta** vulnerabilidad a la contaminación (figura 6) por la facilidad de migración de elementos contaminantes, aunque los procesos de dilución son muy importantes en la zona saturada (superficial y subsuperficial) debido a la dispersión hidrodinámica del flujo de agua subterránea, pero con una alta permanencia en el sistema debido a la baja velocidad de agua superficial observada.

3.1.2 Caracterización antrópica del área de estudio

El área de estudio posee un sistema de drenes construido a mediados de los años cincuenta durante el gobierno del Sr. Gabriel González Videla, obras correspondientes a un programa de desecación ejecutado por la dirección de obras hidráulicas de la época, de lo que hoy se conoce como Vegas Sur y parte de sector La Pampa, adscrito al Plan

Serena en el año 1951(Cazaux, 1998) con fines turísticos del sector conocido como Avenida del Mar y para facilitar la actividad agrícola(parcelación) tanto en las Vegas Sur como en el sector Pampa, resultando en 2000 hectáreas para uso agrícola en los citados sectores. Este sistema de drenes, un total de 8 desde el Faro de La Serena hasta el sector de Peñuelas, conducen agua dulce descargada por el acuífero de forma natural unido a numerosos canales de regadío derivados de la actividad agrícola. Los usos actuales del suelo en esta área corresponden a actividad agrícola, residencial y comercial, además de sitios eriazos, en donde resalta el hecho que gran parte del sector de vegas sur correspondiente a las zonas **A** y **B** (Figura 2) no posee conexión a la red pública de alcantarillado para evacuación de las aguas servidas(Aguas del Valle, 2009), salvo la franja alledaña a la avenida del mar, por donde circula la matriz colectora de aguas servidas (Figura 7), y algunos sectores de la zona **B**, debiendo el resto ser evacuadas por tanto mediante un sistema de alcantarillado particular (SAP), consistente básicamente en una cámara de decantación (fosa séptica) y un sistema subsuperficial de drenes que dispersan el agua sobrenadante en el terreno. Bajo ciertas exigencias técnicas estos sistemas de alcantarillado particular son aprobados por la SEREMI de Salud de la Región de Coquimbo.

Durante las visitas a terreno fue posible verificar fuentes puntuales y difusas de contaminantes de origen fecal, tales como evacuación directa de aguas servidas hacia el sistema de drenes o a los canales de regadío. Otras situaciones presentes dicen relación con la presencia de desechos de diversos tipos, predominando los de tipo orgánico, tales como restos agrícolas o pesqueros además de la influencia de animales domésticos (vacas, cabras, caballos, perros) y silvestres (aves) (Figura 8).

3.1.3 Caracterización de la calidad bacteriológica de las aguas recreacionales del área de estudio

De acuerdo a los protocolos de análisis pertenecientes a la SEREMI de Salud de Coquimbo, para el período evaluado se obtuvo que la contaminación fecal del sistema de

drenes que desembocan en la Bahía de Coquimbo presenta una frecuencia porcentual de **42,8 %** de muestras no conformes según la Norma Chilena N°1333. Cabe señalar que el período 2002-2005 presenta el más alto número de campañas de muestreo mensual no realizadas, que anualmente debiera ser de 96 muestras, regularizándose los muestreos a partir del año 2006, situación que de acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson presenta una correlación positiva entre el universo muestral total y las muestras no conformes ($r= 0.734$; $p= 0.024$) en todo el período de tiempo que abarca el presente estudio, indicando tal vez una posible subestimación muestral de las no conformidades detectadas (a mayor universo muestral se esperaría un mayor registro de muestras NC). No obstante lo anterior, se puede postular que la Bahía de Coquimbo posee una baja calidad bacteriológica basal en el área de influencia del sistema de drenes, tomando en consideración la frecuencia de muestras no conformes.

En cuanto al aporte individual de cada dren identificado durante el período de tiempo antes indicado, se obtuvo que los drenes N°4 (17.7 % del total de NC) , N° 5 (21,8% del total de NC) y N° 6 (18,4% del total de NC) presentan el más alto número de muestras no conformes en el período evaluado, con niveles de excedencia muy superiores al límite normativo en un número importante de muestras.

Respecto de la estacionalidad para el período evaluado (2002-2010), la tendencia de muestras no conformes a normativa vigente (NC) del sistema de drenes de la Bahía de Coquimbo arrojó que durante la temporada estival tuvo un menor número de muestras no conformes de **39%** en relación a la época invernal, que tuvo un **61%** de muestras no conformes (Figura 9). En tanto para las aguas litorales, se observó un **26.7%** de no conformidades en la época estival y un **73.3%** en la época invernal, con un **3.5%** de no conformidades en todo el período evaluado

De acuerdo a los datos históricos del POAL 2002-2010, no se advierte incumplimiento normativo de las aguas litorales, datos coincidentes con los del muestreo realizado por la SEREMI de Salud el año 2009 a la columna de agua y moluscos

bivalvos.

A la luz de los datos obtenidos es posible establecer que existe un perfil estacional bacteriológico definido en la Bahía de Coquimbo, donde el sistema de drenes agrícolas se presenta como la principal fuente de aporte de carga bacteriológica a las aguas recreacionales. No obstante lo anterior no se puede descartar otras fuentes.

3.2. Análisis de marco normativo aplicable a aguas recreacionales

Cuerpos normativos de calidad primaria de aguas superficiales son aplicables en la gestión del riesgo por contaminación bacteriológica de la Bahía de Coquimbo, existiendo aspectos comunes a todos ellos, tales como el límite de coliformes fecales establecido en **1000 UFC NMP/100 mL**. y la definición de aguas de uso recreativo. A continuación una reseña y análisis de sus principales aspectos:

a) Norma Chilena 1333 of. 78: Establece normas de calidad de aguas para diferentes usos, entre ellas las dedicadas a recreación por contacto directo, donde el parámetro microbiológico es el de coliformes fecales como indicador, con un límite de 1000 UFC NMP/100 mL. (mismo valor para aguas destinadas al riego agrícola). Un aspecto interesante es que consigna que la autoridad competente puede determinar modificaciones al límite indicado, debiendo para ello sustentarlo en diversas consideraciones, aunque no define a qué organismo estatal corresponde la ejecución de esa tarea. Cabe señalar que en el ámbito terrestre la jurisdicción de las aguas es municipal, en tanto que litoral marino es de jurisdicción de la Gobernación Marítima.

b) Decreto 143/2008: Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo. Esta norma es aplicable solo a las actividades en las cuales el cuerpo humano está en contacto directo con el agua, entendiéndose aquello como contacto directo de la piel desnuda con el agua, aplicando entonces a los tramos de drenes que cruzan los terrenos de playa hacia el mar,

no obstante siendo de tipo estuarina en la zona de mezcla.

Este decreto establece como límite de cumplimiento un máximo de 1000 UFC NMP/100 mL., indicando un nivel de emergencia que se establece una vez que se ha sobrepasado este nivel de acuerdo al cálculo del percentil 100, en el muestreo anual, señalando que “no se considerarán sobrepasadas las normas de calidad cuando la calidad natural de un cuerpo de agua continental superficial exceda los valores establecidos en el presente decreto, sin perjuicio de las medidas que para proteger la salud de la población deba adoptar la Autoridad Sanitaria a su respecto”. La calidad natural a la que hace referencia se podría interpretar como un estado basal de la calidad bacteriológica del cuerpo de agua, para lo cual se requeriría realizar un estudio retrospectivo con datos de varios años de muestreo continuo (Tabla III). Este decreto establece además la necesidad de contar con un programa de vigilancia que considere, entre otros aspectos frecuencia de muestreo diferenciada para las épocas de baño con respecto a los otros meses del año (algo que se hace actualmente), monitoreo de la densidad de bañistas, ubicación de puntos de muestreo y existencia de programa permanente durante el año.

c) Decreto 144/2008: Establece normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo. Esta norma establece los mismos niveles de calidad en lo que respecta a coliformes fecales (1000 UFC NMP/ 100 mL.), como asimismo los niveles que determina situaciones de emergencia ambiental, dado por la excedencia de los valores sobre dicho límite durante un día como unidad temporal. De acuerdo al cálculo del percentil 100 de los datos de muestreo de aguas litorales marinas, solo dos años del período evaluado estuvieron conforme a normativa, en tanto que el resto mostró niveles de excedencia a la norma respecto de los coliformes fecales, con valores mínimos de 1300 y máximo de 16000 UFC NMP/100mL.(Tabla IV)

d) Comparación con límites internacionales: En el ámbito internacional (Tabla II), para aquellos países que usan los coliformes fecales como indicadores de contaminación

fecal, el límite máximo permisible para aguas recreacionales de uso directo, es en general inferior al de nuestro país, con límites que van desde 150 hasta los 400 UFC NMP/ 100 mL., siendo el valor de 1000 UFC NMP/ 100 mL el límite correspondiente a las aguas recreacionales de contacto secundario (sin contacto directo con la piel).

Los datos históricos analizados y los datos recogidos in situ permiten evidenciar que se han presentado a lo largo del tiempo eventos de excedencia normativa, y por tanto de incumplimiento a los decretos anteriormente mencionados.

3.3 Análisis *in situ*

3.3.1 Evaluación de calidad bacteriológica del sistema de drenes

De un total de 25 puntos de muestreo correspondientes a los drenes D4, D5 y D6 de la Bahía de Coquimbo, solo 6 puntos de muestreo (**24%**) tuvieron niveles conformes (NCH 1333), siendo dos de ellos canales de regadío, quedando en evidencia la contaminación fecal de los drenes de las dos zonas muestreadas. El sector **A** concentró el **40%** de las muestras no conformes en tanto que el sector **B** concentró el **36%** de las muestras en tal condición (Figuras 10, 11 y 12).

Fue posible verificar que existe mezcla de aguas de riego agrícola con agua de los drenes debido al escurrimiento superficial desde los canales de riego y por conexión directa con los drenes en sectores irrigados. Destaca que un canal de regadío con influencia sobre el dren 5 muestra un alto contenido de coliformes fecales (5400 UFC NPM/100 mL), sugiriendo en primer término una descarga directa de aguas servidas al canal, o bien posiblemente efecto de la descarga natural del acuífero, en cuyo último caso daría cuenta de una situación más compleja, difícil de elucidar en este estudio, por la posibilidad de contaminación bacteriana del acuífero subyacente.

3.3.2 Análisis de factores de riesgo, vías de exposición y categorías de peligro

La dinámica de las bacterias entéricas en el medioambiente está sujeta a las condiciones que le imponen diversos factores de riesgo (Figura 13), que para el caso de estudio serían:

- a) **Dispersión**, mediante procesos hidrodinámicos desde la fuente de origen de la contaminación, pudiendo ser esta animal o antrópica o bien puntual o dispersa. Entre dichas fuentes se cuentan las asociadas a los drenes tales como los sistemas de alcantarillado particular, campos de cultivo, animales domésticos, animales silvestres, descargas directas de agua servidas, filtraciones desde sistema público de recolección de aguas servidas, escurrimientos superficiales luego de lluvias. Otra vía de dispersión es en el ambiente litoral, desde la descarga del emisario de aguas servidas de La Serena, desembocadura de Estero El Culebrón y Río Elqui, zonas de descanso de aves costeras en la franja intermareal, bañistas, mamíferos marinos, entre otras.
- b) **Sedimentación**, de la carga bacteriana de acuerdo al tipo de circulación del agua en las zonas de dispersión, donde la baja velocidad del flujo de agua es preponderante, con valores entre $0.0167 \text{ m}^3/\text{s}$ como mínimo y $0.156 \text{ m}^3/\text{s}$ como máximo (Leighton, 2008).
- c) **Condición del compartimiento ambiental**, donde se aprecian dos compartimientos ambientales, agua dulce y salada, suelo arenoso a franco arenoso y contenido variable de materia orgánica tanto en los sedimentos como en suspensión, y la presencia de organismos predadores tales como protozoos y otros grupos de bacterias compitiendo por el mismo sustrato. Lo anterior establece un diferencial en la supervivencia de la carga bacteriana entre ambos compartimientos ambientales. En el

caso del suelo se puede presentar resuspensión bacteriana por aumento de la turbulencia del agua, particularmente en época invernal.

d) **Factores de estrés físico**, que inciden sobre la supervivencia de las bacterias ya sea en la entrada al sistema o bien durante la dispersión. Factores tales como temperatura, radiaciones UV, nutrientes, oxígeno disuelto y salinidad van a incidir directamente sobre las respuestas fisiológicas de los microorganismos entéricos una vez que salen del sistema intestinal de animales de sangre caliente. En este sentido, la radiación solar es un factor que podría explicar en parte el menor número de eventos de excedencia verificados en la época estival.

e) **Personas**, que son el foco de los esfuerzos desplegados en términos de Salud Pública pues son finalmente las personas el receptor final de niveles variables de microorganismos cuando desarrolla actividades recreativas por contacto directo en aguas de baño. Considerando que no solo están presentes coliformes fecales sino también virus, hongos y protozoos de interés sanitario en las aguas recreacionales, se debe tener en cuenta que existen grupos vulnerables a la adquisición de enfermedades por la vía de la ingestión, tales como niños, adultos mayores e inmunodeprimidos.

En cuanto a las categorías de peligro, el análisis realizado para el período evaluado 2002-2010 muestra que el sistema de drenes presenta un nivel de **peligro tipo D, muy alto**, tanto en general como para la temporada de baño (Tabla V y Tabla VI). El número de no conformidades es coincidente con estos niveles de peligro, confirmando los drenes **4,5 y 6** como los drenes históricamente con menor calidad bacteriológica de sus aguas, correspondiendo a su zona de influencia litoral, las playas con mayor afluencia de bañistas en la época estival. De los drenes evaluados, dos de ellos, drenes **1 y 2** se ubican en zonas denominadas como no aptas para baño por la autoridad marítima, aunque en la práctica no pasa de ser un tecnicismo dado que prácticamente todo el litoral entre la Playa Changa y el sector norte del Faro de La Serena se utiliza para actividades de baño por contacto directo.

Para las aguas marinas litorales en tanto, no obstante presentó bajos niveles de no conformidades, se presenta predominancia de condición de **peligro tipo D (Muy alto)** basada en el cálculo de percentiles. Respecto de lo mismo, para la temporada de baño se tiene predominancia de condición de **peligro tipo B (medio)** (Tabla VII y Tabla VIII).

4.0. Propuesta de gestión del riesgo bacteriológico en las aguas superficiales de uso recreacional de la Bahía de Coquimbo.

El plan de gestión de riesgos, a la luz de los resultados obtenidos debiera estar enfocado en la mitigación del riesgo para la salud pública que representan las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo. Dado que existen identificadas variadas fuentes puntuales y dispersas de contaminación bacteriológica que inciden en una pobre calidad bacteriológica, es que la fase de prevención es prioritaria, junto con las actividades de respuesta frente a excedencias normativas. Entre las medidas preventivas propuestas está el saneamiento territorial, la priorización de sitios, la selección de indicadores y el diseño del plan de monitoreo. Por otro lado, las medidas de respuesta debieran enfocarse a la adecuada comunicación de riesgos a la comunidad usuaria de las aguas recreacionales frente a eventos de excedencia.

4.1. Medidas preventivas

4.1.1 Saneamiento territorial

Corresponde a la minimización de las fuentes de contaminación puntuales por materia fecal, que en el área evaluada en primer término corresponderían a los sistemas de alcantarillado particular distribuidos en amplios sectores del sector de las Vegas Sur, que carece de redes públicas de alcantarillado, salvo ciertos sectores de reciente urbanización, aledaños a la Av. del Mar, por donde circula el colector de aguas servidas costero. El mejor escenario sería la urbanización completa del área, especialmente de la

zona poniente, donde en los últimos años ha aumentado la construcción de cabañas y casas no conectadas a la red pública de alcantarillado.

Por otro lado la actividad agrícola de la zona oriente de Vegas Sur provee de aguas de regadío cargadas de nutrientes, agroquímicos y fecas animales, lo que sin duda favorece la proliferación y supervivencia bacteriana. El control de las actividades agrícolas sobre el área, dada su complejidad, requerirá identificar fuentes puntuales que puedan resultar en contaminación tanto de canales de regadío como del sistema de drenes y de acciones de sanitización de los mencionados cursos de agua. Frente a la contaminación de fuentes difusas lo que cabría es la intervención de los drenes, ya sea canalizándolos hacia un curso común o realizar sanitización en algún punto de su recorrido.

4.1.2 Priorización de sitios

La priorización de sitios debe estar acorde a las zonas con mayor densidad de bañistas en cada temporada, los drenes con mayor carga bacteriana histórica, y la identificación de aquellos puntos en los cuales un programa de monitoreo puede proveer información para el manejo efectivo de la calidad bacteriológica de las aguas litorales de uso recreacional, tales como puntos cercanos a fuentes puntuales de aporte de materia orgánica o contaminación fecal, y en particular de acuerdo a los datos de muestreo, las playas que tienen cercanía a los drenes 4,5 y 6.. Se propone establecer perfiles de calidad bacteriológica para todas playas aptas para baño por contacto directo de la Bahía de Coquimbo, entre la Playa Changa y el Faro de La Serena.

4.1.3 Selección de indicadores

Se propone complementar el actual monitoreo de la calidad bacteriológica de las aguas recreacionales basado en el grupo de los coliformes fecales, con la utilización de indicadores específicos fecales, como es el caso del grupo de bacterias gram positivas

del genero *Enterococcus* o la gram negativa *E. coli*, principalmente para otorgar información relevante al momento de analizar las implicancias de eventos de excedencia, dada su connotación patogénica y por tanto favorecer la toma de decisiones en la gestión del riesgo en salud pública.

4.1.4 Diseño del programa de monitoreo

Se debiera considerar la modificación del actual programa de monitoreo de aguas recreacionales, que se basa en tomar muestras en la zona final de los drenes que descargan en la bahía y de las aguas litorales de las playas inmediatamente adyacentes, sin considerar que hay factores que sobredimensionan el esfuerzo de muestreo tales como la toma de muestras en zonas litorales no aptas para baño; que la zona de descarga de los drenes en la bahía es un área sometida a diversas fuentes de contaminación fecal proveniente de animales que utilizan las playas como área de descanso y alimentación (aves costeras, perros) lo que podría estar influyendo en los resultados de muestras no conformes. En cuanto a los drenes, se debiera analizar cada dren como parte de un sistema mayor y por tanto obtener muestras de agua a diversas distancias desde su origen dentro del área de estudio para aumentar la representatividad de lo muestreado.

Un aspecto relevante en el análisis de los datos según el percentil 95 o percentil 100, es la densidad de datos por cada sitio evaluado, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009), la menor número de muestras podría conducir una inadecuada clasificación de la calidad bacteriológica y a la adopción de medidas de gestión que no serán coherentes con los requisitos de salud pública.

Junto con lo anterior, además de la toma de muestras de agua, debiera establecerse un set de muestras de sedimentos de aquellos sectores con niveles históricos de excedencia de la norma, de tal manera de identificar posibles fuentes de contaminación bacteriológica en el área, dado que los sedimentos proveen condiciones de sobrevivencia a las poblaciones bacterianas presentes en el agua. Además,

considerando el alto nivel freático de la zona de estudio y la vulnerabilidad del mismo a eventos de contaminación, se debiera monitorear la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas que originan las vegas de la zona de estudio. Tanto la evaluación de sedimentos como la de agua subsuperficial permitiría generar un perfil base más acabado de la Bahía de Coquimbo como sistema en la que interactúan ambientes salinos y de agua dulce. El monitoreo por tanto consideraría muestras de agua dulce, un set de muestras de agua de mar hasta la batimetría de 5 metros de profundidad, con una frecuencia diferencial entre épocas del año definidas en el presente estudio, y según lo indican los cuerpos normativos vigentes en la materia.

4.1.5 Comunicación de riesgos

Es relevante establecer mecanismos y protocolos permanentes de comunicación de riesgos a las personas que utilizan las aguas recreacionales, en toda época del año, y con refuerzo durante la época de mayor densidad de bañistas. Este proceso debe ser bidireccional considerando la entrega de información clave a la comunidad y la capacidad de recibir las consultas e inquietudes de esa comunidad.

4.2 Medidas de respuesta a excedencias

4.2.1 Establecimiento de un sistema de alertas a la comunidad

Para evitar la exposición de los bañistas a eventos de excedencia bacteriana, se propone dos vías, una física y otra virtual. En la primera instancia se puede contar con medios visuales informativos del perfil bacteriológico de un sector de playa, estableciendo además niveles de cumplimiento normativo conocidos por todos. La otra vía es a través del uso de plataformas tecnológicas tales como página web, redes sociales, o aplicaciones móviles. Dado que los intereses son múltiples sobre un territorio, con varias instancias de gestión se debe tener un trabajo multisectorial, integrando a

servicios públicos, concesionarios de playa, comercio local y otros grupos de interés, pero siendo liderado desde el Sector Salud.

Las alertas deben a su vez responder a criterios y estrategias consensuadas y pertinentes tanto a la época del año, como al universo muestral y a los niveles de riesgo que se pretenden abordar. Hay que considerar, que a menos que se presente un brote masivo de interés epidemiológico con origen identificado en las aguas recreacionales, tanto el monitoreo como la emisión de alertas a la comunidad van a tener un carácter de gestión correctiva, al promover la adquisición de medidas preventivas y de mitigación frente a riesgos existentes. En este tipo de estrategia se plantean desafíos en torno a lograr vencer la reticencia de la comunidad y autoridades frente a posibles cierres temporales de playas, lo que acarrea ciertamente pérdidas económicas directas e indirectas a nivel local. Para hacer efectivo lo anterior necesariamente se debe establecer el número de muestras mínimo para decretar un estado de riesgo para la población, el cual debe ser representativo del universo muestral para un determinado período de tiempo.

5. DISCUSIÓN

Calidad sanitaria bacteriológica de la Bahía de Coquimbo

La revisión de antecedentes históricos a nivel territorial provee una visión amplia sobre el comportamiento de los sistemas a lo largo del tiempo y permite identificar relaciones de causa entre los efectos adversos sobre la salud de las personas y actividades y su probabilidad de ocurrencia (Molak, 1997). En el caso de estudio, permite inferir que las aguas recreacionales tienen una calidad bacteriológica “base”, que no ha sufrido grandes variaciones a pesar de la gran presión de uso que ha tenido durante el período evaluado, por un lado el uso turístico y por otro el uso productivo. Como indican Covello y Mumpower (1985) la perspectiva histórica en el análisis de riesgo sugiere ciertas tendencias que se pueden esperar en un futuro próximo, sin embargo es posible que la tendencia obtenida en los datos recogidos, al ser de orden multifactorial, no sea la misma al variar tanto los métodos de estudio, como las condiciones de los factores de estrés sobre el ambiente estudiado.

Gestión del riesgo sanitario

En relación a los límites establecidos por la normativa nacional vigente, esta es bastante más holgada en cuanto a los límites permisibles de coliformes fecales en los programas de monitoreo respecto de otros países. Indudablemente que esto no se condice con el uso turístico de la Bahía de Coquimbo, con el productivo por las áreas de cultivo de moluscos bivalvos ni con los intereses de resguardo de la salud de las personas que utilizan las aguas recreacionales, más aun considerando los niveles de peligro identificados en relación a la adquisición accidental de enfermedades gastrointestinales y respiratorias a los que se exponen los usuarios de las aguas recreacionales de esa Bahía.

Dada la complejidad ecológica del ambiente litoral marino y a la gran cantidad de fuentes puntuales y difusas de contaminación detectadas en el presente estudio, se

debe establecer un enfoque multicriterio para enfrentar las situaciones de interés sanitario, más allá de los resultados de un grupo de muestras no conformes en una campaña de monitoreo, y considerar que la Bahía de Coquimbo posee un carácter bacteriológico consistente en el tiempo analizado. Se han alcanzado históricamente niveles de excedencia que configuran la necesidad de establecer medidas coherentes con el resguardo de la Salud Pública, empezando por contar un plan de monitoreo con objetivos claros y con un universo muestral representativo.

Respecto de los riesgos identificados, queda claro el factor estacional de este, no obstante el peligro es una condición permanente. Era esperable que las aguas de los drenes en la zona de estudio presentasen una alta carga bacteriana, considerando las diversas actividades que se desarrollan sobre esta y a que la cuenca posee características que inciden en la cantidad y persistencia de los componentes bacterianos de la carga fecal en aguas superficiales y subterráneas (Pommeputy, 2005). En el caso de la actividad agrícola identificada en el área, el control de las poblaciones de organismos patógenos aportados dependerá casi exclusivamente de las estrategias de manejo de dicha actividad, donde una de las principales rutas de transmisión corresponde a las aguas utilizadas para irrigación de los cultivos (Jones *et al*, 2002), seguida del aporte bacteriano por heces del ganado bovino, donde cabe destacar la presencia de una cepa altamente patogénica de *E. coli*, la O157:H7, reportada como de alta persistencia ambiental en aguas superficiales (Amábile, 2008; Jenkins *et. al.*2011; Lejeune *et. al.* 2004) Por otro lado los eventos de lluvias poseen una fuerte relación con la prevalencia de coliformes fecales en el ambiente (Crowther, *et. al.*, 2001), fenómeno que favorece la re suspensión desde la matriz sedimentaria y acuática, lo que explicaría en parte la tendencia de muestras no conformes en la época invernal.

Con respecto al manejo de las rutas de transmisión, el consumo accidental de agua contaminada durante actividades de recreación es particularmente preocupante en la temporada estival, donde el flujo de turistas aumenta de manera considerable. Jones y cols. (2002) enumeran una serie de rutas mediante las cuales el agua de la bahía se

contamina con patógenos entéricos, dentro de los cuales, como pudo ser verificado en el área de estudio, está la contaminación por flujo de agua desde campos agrícolas a través del sistema de drenes.

Selección de indicadores y análisis

Una vía que queda aún por evaluar en el área de estudio es la que dice relación con la contaminación de aguas subterráneas por el movimiento vertical de agua previamente percolada a través de los citados campos agrícolas, en los cuales el uso de fertilizantes conteniendo fosforo provee de condiciones favorables para la retención de coliformes fecales en el sedimento sometido a irrigación, un factor relevante en la supervivencia de los organismos bacterianos. En esa misma línea se debe considerar además la matriz sedimentaria, se ha reportado que los sedimentos, tales como la arena de playa en zonas costeras pueden comportarse como reservorio de coliformes fecales, siendo menor su decaimiento que en el agua subyacente (Craig *et al*, 2000; Davies *et. al.*, 1995), más aún la obtención de muestras desde el agua superficial puede subestimar de manera considerable el riesgo de exposición a microorganismos patogénicos en aguas recreacionales,(Craig *et. al*, 2000).

Respecto de la selección de indicadores complementarios, *Enterococcus* es un género de organismos bacterianos de alta importancia sanitaria tanto en entornos hospitalarios como agente de enfermedades nosocomiales y como indicador de contaminación fecal en aguas recreacionales (Amábile, 2008; Díaz *et al*. 2010; Suarez 2002; Farnleitner *et al*, 2010). Estos organismos poseen una alta persistencia ambiental (Díaz *et al.*, 2010; Yamahara *et.al* 2009), superior al grupo de los coliformes fecales, siendo además, dos especies de este género *E. faecium* y *E. faecalis* altamente prevalentes en las heces fecales humanas. Dadas las características ambientales y antrópicas del área de estudio, este indicador parece ser el más apropiado, pudiendo ser útil para determinar eventos de contaminación de larga data, a diferencia del grupo de los coliformes fecales que dan cuenta de eventos de contaminación reciente, tal es el

caso de *E. coli* dentro de este grupo (Craig *et. al* 2002; Ress *et al*, 1998; WHO, 1999). Se ha citado por diversos autores que *Enterococcus* es más apto para aguas marinas en tanto que *E. coli* para agua dulce. Es necesario sopesar los resultados obtenidos de la identificación de *Enterococcus* en un muestreo puntual, dado que autores han indicado que puede estar afecto a procesos de re suspensión desde la matriz sedimentaria (Ferguson, *et al*. 2005). La utilización de métodos analíticos que permitan identificar la fuente de la contaminación bacteriana puede ser aún más relevante que la sola estimación de posible contaminación fecal (Kesteloot *et. al* 2012; Yan *et. al* 2007), es así que para el caso de *Enterococcus* ha sido reportado como un confiable predictor de norovirus en relación al riesgo para la salud humana, mediante análisis de PCR (Reacción en cadena de polimerasa) (Muruleedhara *et. al* 2012).

Comunicación de riesgos

En cuanto a la comunicación de riesgos en salud pública, esta contribuye a mejorar la eficacia y la eficiencia de la colaboración multisectorial (Lowbridge and Leask, 2011; Qiu *et al*. 2016;) y, por lo tanto, puede ser una herramienta ideal para los expertos y el público en general para mejorar la gestión de los eventos de Salud Pública, siendo además una parte esencial de cualquier respuesta en este ámbito (OMS, 2016). El manejo adecuado de pautas de comunicación, disminuye los niveles de incerteza, permitiendo la consecución de los objetivos de la gestión de riesgos en salud pública fortaleciendo la confianza y colaboración por parte de los grupos de interés, reduciendo las limitaciones obvia de intereses diversos, percepciones de riesgo sesgadas y de sistemas de gestión compartimentalizados (sin estrategias intersectoriales integradas).

Las estrategias de comunicación de riesgos deben adaptarse al tipo de gestión de acuerdo al análisis global de situación en la calidad bacteriológica de la bahía, de acuerdo a Ulloa (2011), esto es gestión de tipo correctiva, tipo prospectiva, y de tipo reactiva. Para la gestión correctiva corresponde acciones de promoción y mitigación para reducir la vulnerabilidad y riesgos actuales; para la gestión prospectiva se debe

entregar conocimientos e información para identificar y planificar adecuadamente riesgos futuros, y finalmente en una gestión reactiva enfocada en la comunicación de iniciativas que propenden a la resiliencia comunitaria y el fortalecimiento institucional frente a eventos adversos.

Las estrategias comunicacionales al abordar un tema de alto contenido técnico deben ser simples, sin descuidar algunos principios guías fundamentales: generar y mantener confianza, comunicar los estados de incerteza (especialmente cuando se toman decisiones, por ejemplo de cierre de actividades de baño en plena época estival), ser transparente ante las contingencias, oportunos en la información, entre otros (OMS, 2016). Ejemplos de lo anterior son interesantes de replicar, por citar algunos: la aplicación web y móvil del programa de monitoreo de playas de Barcelona, España (www.barcelona.cat, aplicación móvil “platges cat”; el programa de vigilancia “BeachGuard” de Ogden Dunes en Michigan, EEUU., que publica en web el perfil de cada playa monitoreada, incluyendo los resultados de las campañas de muestreo (<https://extranet.idem.in.gov/beachguard/beachdetail>); o el sistema de alertas del departamento de salud de Lago Superior de Minnesota, EEUU, a través de su programa de monitoreo de playas (www.mnbeaches.org).

Finalmente, cualesquiera que sean las estrategias de gestión que se adopten, estas deben estar enmarcadas en los ejes estratégicos de las normativas nacionales de Reducción de Riesgos de desastres tales como la “Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres” (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2016) y el Plan Nacional de Emergencias (Ministerio del Interior y Seguridad Pública /2017), de tal manera de contar con un sistema coherente de gestión de las variables de riesgo sanitario en el territorio.

6. CONCLUSIONES

La gestión del riesgo sanitario en las aguas recreacionales de la Bahía de Coquimbo ofrece la oportunidad de abordar el resguardo de la salud de la población desde una perspectiva coherente con la incerteza de no conocer efectivamente cuantas personas especialmente bañistas, enferman por contacto con aguas contaminadas bacteriológicamente, tomando en cuenta los altos niveles de peligro identificados y la multiplicidad de factores de riesgo que confluyen en el territorio costero analizado. La propuesta realizada busca por tanto alinearse con los ejes estratégicos de las normativas nacionales y recomendaciones internacionales en la materia de gestión del riesgo de desastres.

7. REFERENCIAS

Amábile, C. 2008. Diccionario de infectología y microbiología clínica. Bayewr de México, S.A.295 pp.

Cazaux, G.1998. A cincuenta años del visionario Plan Serena 1948-1998. 190 pp.

Covello, V. and Mumpower, J. (1985). Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective. *Risk Analysis*, 5: 103–120

Craig, D., Fallowfield H, Cromar N. 2002. Enumeration of faecal coliforms from recreational coastal sites: evaluation of techniques for the separation of bacteria from sediments. *Journal of Applied Microbiology* 93(4):557-565

Crowther, J., Kay, D. and Wyer, M. 2001. Relationships between microbial water quality and environmental conditions in coastal recreational waters: the Fylde coast, UK. *Water Research*.35(17): 4029-4038.

Davies, C., Long, J., Donald, M., and Ashbolt, N. 1995. Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(5): 1888–1896.

DGA (Dirección General de Aguas). 1991. Mapa hidrogeológico de Chile.

Díaz M, Rodríguez C, Zhurbenko R. 2010. Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 48(2):47-161.

Espinoza, C. 2005. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la Región de Coquimbo., Servicio Nacional de Geología y Minería, 30pp.

Farnleitner, A., Ryzinska-Paier, G., Reischer, G., Burtscher, M., Knetsch, S., Kirschner, A. and Sommer, R. (2010). *Escherichia coli* and enterococci are sensitive and reliable indicators for human, livestock and wildlife faecal pollution in alpine mountainous water resources. *Journal of Applied Microbiology* 109(5), 1599–1608.

Ferguson, D., Moore, D., Getrich, M. and Zhouwandai, M. 2005. Enumeration and speciation of enterococci found in marine and intertidal sediments and coastal water in Southern California. *Journal of Applied Microbiology* (99): 598-608

Jenkins, M., Fisher, D. Endale, D and Adams, P. 2011. Comparative die-off of *Escherichia coli* O157:H7 and fecal indicator bacteria in pond water. *Environ Sci Technol.* 45(5):1853-1858

Jones D., Campbell G., Kaspar C. 2002. Human enteric pathogens. *In:* P. Haygarth SJ, editor. *Agriculture, hidrology and water quality*: CAB International. p 133-147

Kesteloot, K., Azizan, A., Withman, R. and Nevers, M. 2012. New recreational water testing alternatives. *Park Science* (29)2: 6-12

Leighton, G., Salinas, I., Cáceres, M., Montoya, C., Gudiño, V., Pérez, A., Winckler, P., Olivares, A. y S. Avaria. 2008. Diagnóstico de los efectos de las descargas líquidas en Bahía de Coquimbo. Informe final Proyecto código BIP 300061296-0. Informes científicos y técnicos N°79/2008, Universidad de Valparaíso. 363 pp.

LeJeune, J., Besser, T., Rice, D., Berg, J., Stilborn, R., & Hancock, D. 2004. Longitudinal study of fecal shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in feedlot cattle: predominance and persistence of specific clones types despite massive cattle population turnover. *Appl Environ Microbiol* (70): 377-384.

Lowbridge, C., Leask, J. 2011. Risk communication in public health. NSW Public Health Bulletin. 22(1-2). 10.1071/NB10055

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. 2016. Decreto 1512. Aprueba política nacional para la gestión del riesgo de desastres

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. 2017. Decreto 1434. Aprueba Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

MINSEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia) 2009a. Decreto 144. Establece normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo.

MINSEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia) 2009b. Decreto 143. Establece normas de calidad primaria para la protección de las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.

Molak, V. 1997. Fundamentals of risk analysis and risk management. CRC Press Inc.451 pp.

Muruleedhara N.,Meredith B.,Asja K.,Zachery R. and Harwood,V.2012. Enterococci in the Environment. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 76(4): 685-706

Nwachuku, N., & Gerba, C. 2008. Occurrence and persistence of Escherichia coli O157.H7 in water. Rev. Environ Sci Biotechnol (7): 167- 273.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2016. Estrategias de comunicación de riesgos. Curso Comunicación de riesgos ante emergencias sanitarias-Modulo B3. [Online]: <http://www.who.int/risk-communication/training/es/> .última visita: junio de 2017.

OPS(Organización Panamericana de la Salud).2004. Manual de evaluación de daños y necesidades en salud para situaciones de desastre. Manuales y guías sobre desastres N°4. 8 pp.

OPS (Organización Panamericana de la Salud).2010. Guía de vigilancia epidemiológica de emergencias y desastres. 78 pp.

ONEMI (Oficina Nacional de Emergencia Ministerio del Interior) 2010. Manual Curso Operaciones de emergencias. Programa de formación en protección civil. 177 pp.

Pompey, M., Hervio-Heath, D., Caprais, M., Gourmelon, M., Le Saux, J.C., and Guyader, F. 2005. Fecal contamination in coastal areas: An engineering approach. *in* Oceans and Health: Patogens in the Marine Environment. New York: Belkin and Colwell. Pp 331-357.

Pond, K. 2005. Water recreation and disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality- Emerging issues in water and infectious diseases series. World Health Organization. 260 pp.

Qiu, W., Rutherford, S., Chu, C., Ayan Mao, A. and Hou, X. 2016. Risk communication and public health. GJMEDPH Vol. 5(4):1-11.

Rees,G.,Pond,K.,Hohal,K.,Pedley,S.and Rickards, A.1998. Microbiological analysis of selected coastal bathing waters in the U.K.,Greece,Italy and Spain. Water Research (32):, 2335–2340.

Sandborn, M. and Takaro, T.2013. Recreational water-related illness, Office management and prevention. Can Fam Physician (59):491-495

SEREMI de Salud Región de Coquimbo. 2009. Informe de Programa extraordinario de control bacteriológico de la Bahía de Coquimbo. 5pp.

Suárez, M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. Rev Cubana Hig Epidemiol 40(1):38-43

Ulloa, F. 2011. Manual de gestión del riesgo de desastre para comunicadores sociales. UNESCO, Perú. 69pp.

Yan, T., & Sadowsky, M. 2007. Determining sources of fecal bacteria in waterways. Environ Monit Assess (129): 97-106.

Wymer, L. 2007. Statistical Framework for Recreational Water Quality- Criteria and Monitoring. John Wiley & Sons Ltd. 249 pp.

World Health Organization. 1999. Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of a new approach (the 'annapolis protocol'), 50pp.

World Health Organization. 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters.253 pp

World Health Organization. 2009. Addendum to the WHO guidelines for safe recreational water environments, Volume 1, Coastal and fresh waters.32 pp

Yamahara, C. , Walters, S., Boehm, A.2009. Growth of enterococci in unaltered, unseeded beach sands subjected to tidal wetting. Appl Environ. Microbiol (75):1517-1524.

8. ANEXOS

Figuras

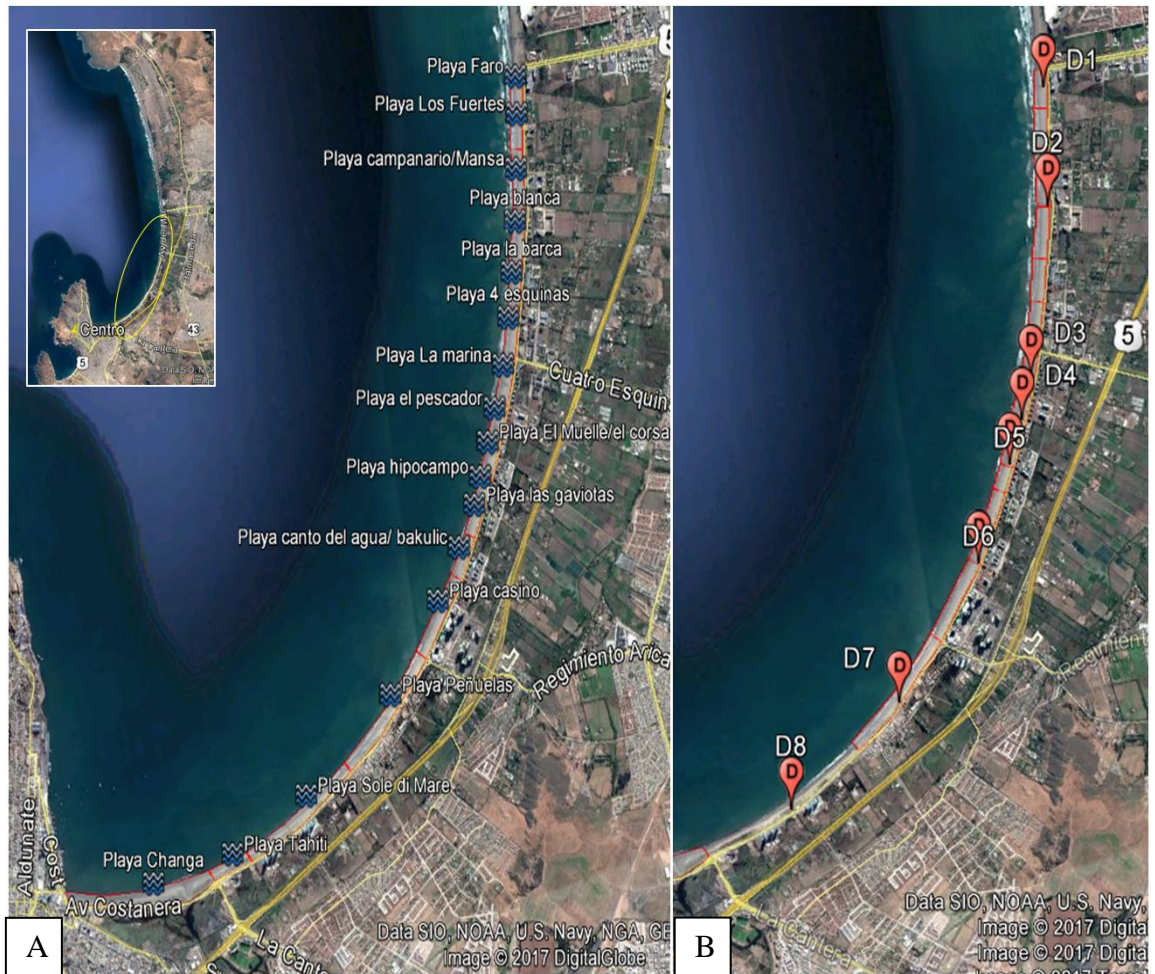


Figura 1: a) Área de estudio, Bahía de Coquimbo y sus playas. b) Sistema de drenes agrícolas.

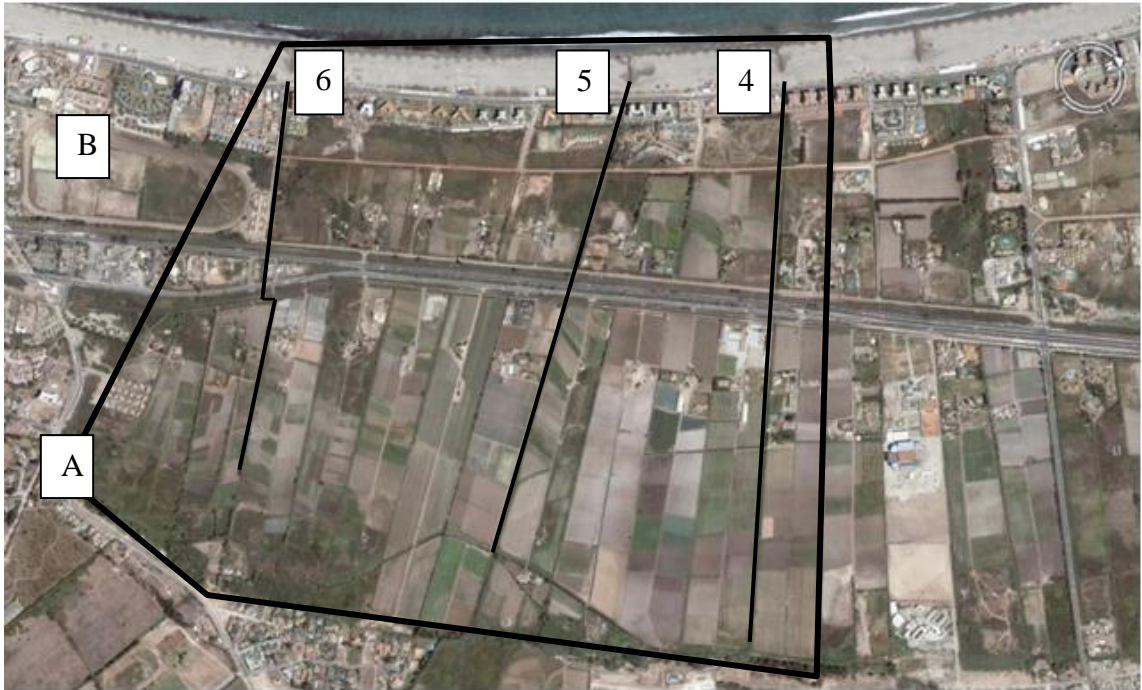


Figura 2. Área de los drenes 4,5 y 6. Se indican las dos zonas de muestreo A y B.

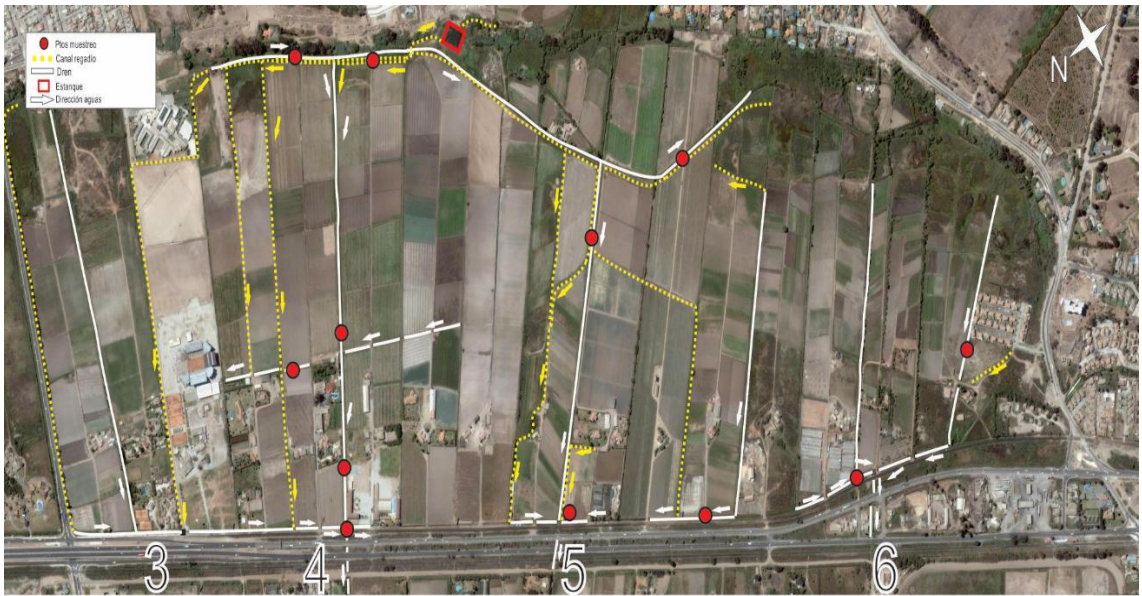


Figura 3. Zona de muestreo A, desde la Avenida El Santo hasta la Ruta 5 Norte

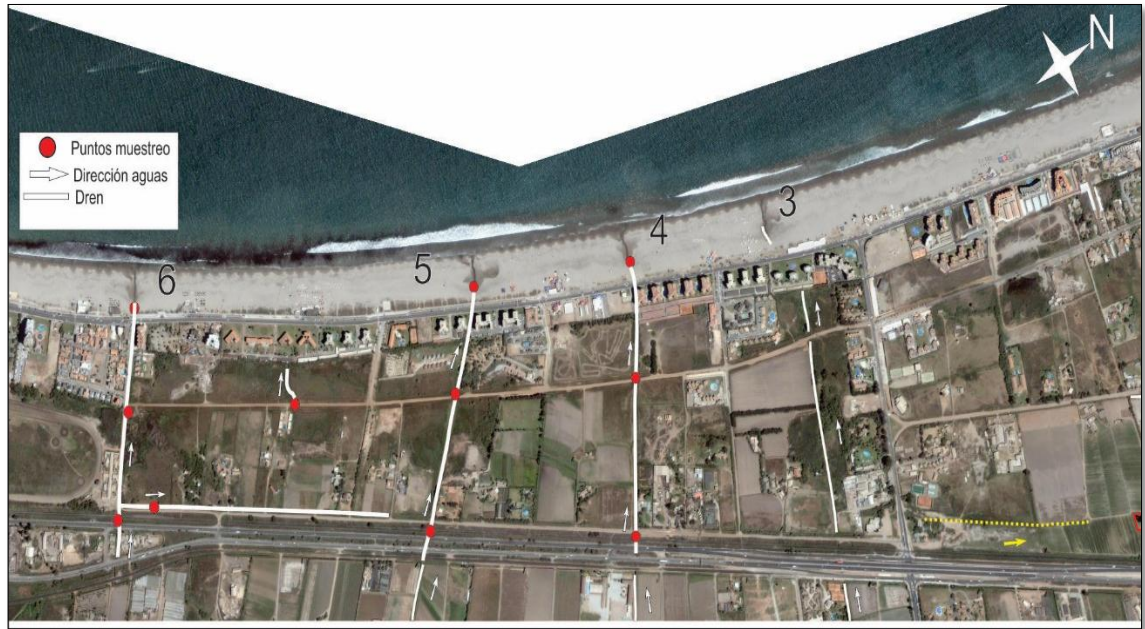


Figura 4. Zona de Muestreo **B**, desde la Ruta 5 Norte hasta la Avenida del Mar



Figura 5: Condición hidrogeológica del área de estudio (DGA, 1991) Las flechas azules indican la dirección del flujo de descarga de acuífero

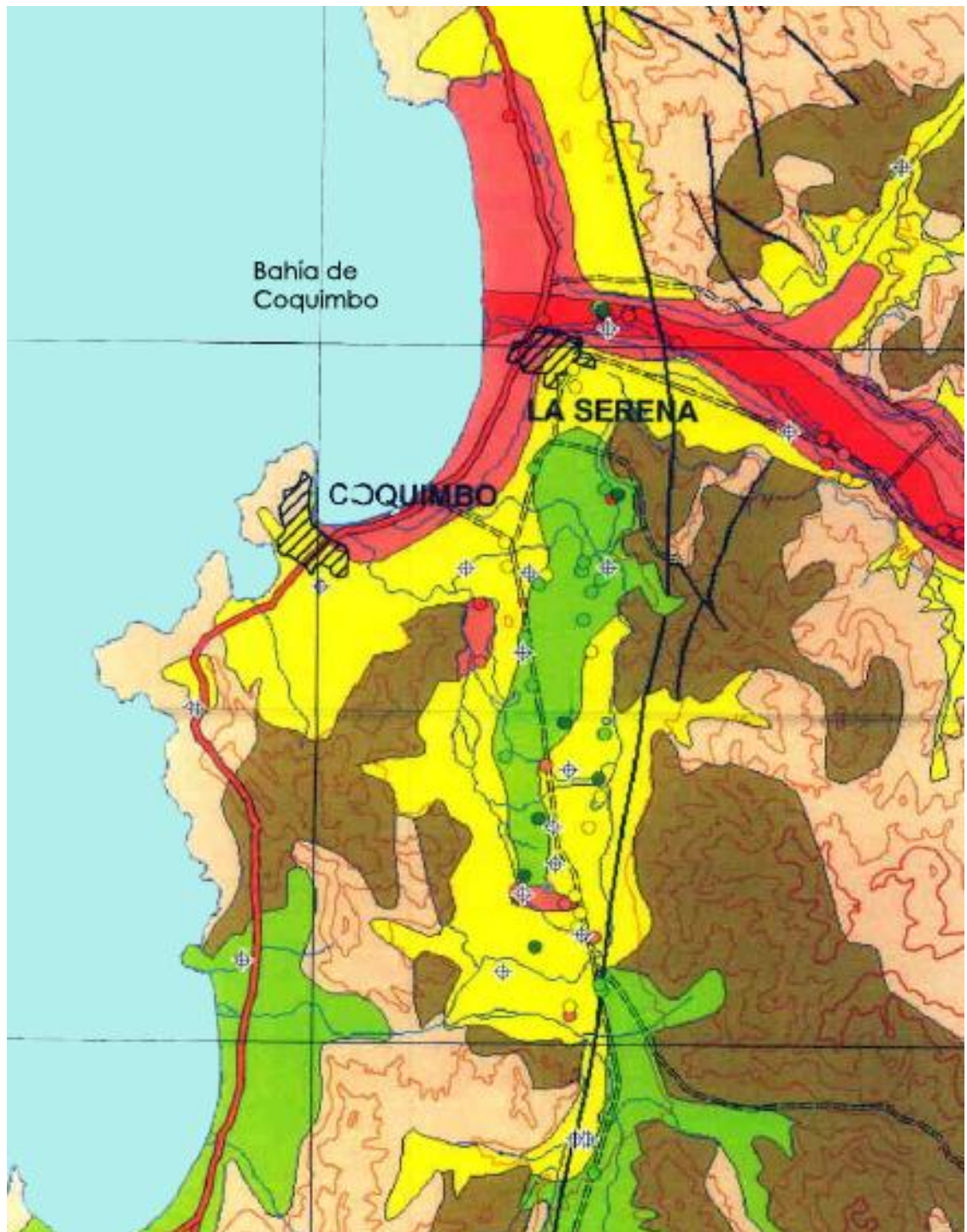


Figura 6. Mapa de vulnerabilidad del acuífero del área de estudio, las zonas rojas indican *muy alta* vulnerabilidad del acuífero a la contaminación (Espinoza, 2005)

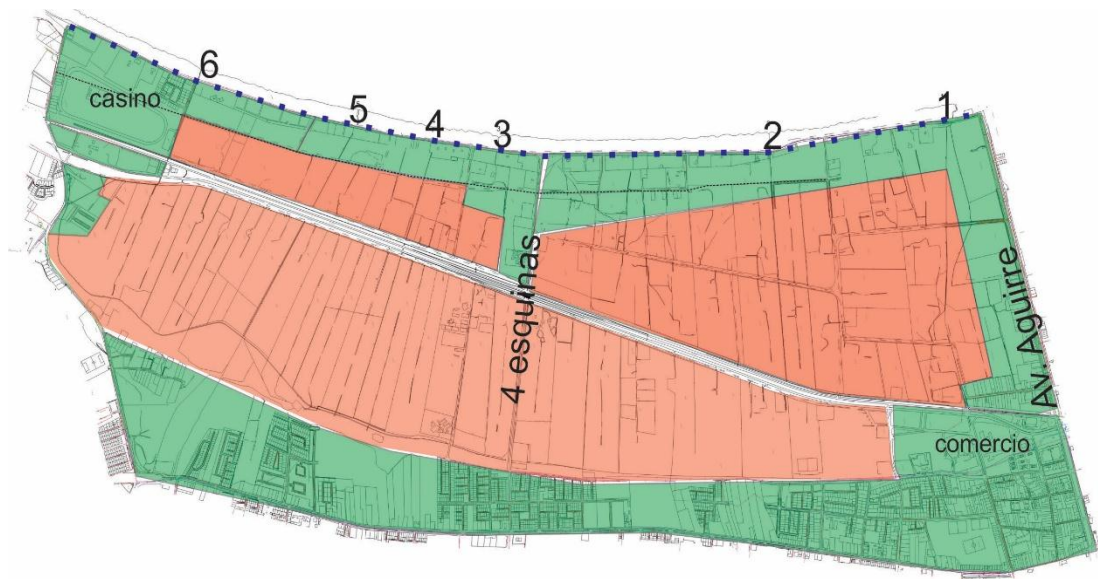


Figura 7. Uso de suelo. En rojo las áreas utilizadas con fin agrícola, sitios eriazos y comercial-residencial, no conectados a redes públicas de alcantarillado. En Verde zonas conectadas a redes públicas de alcantarillado, en su mayoría de uso residencial-comercial. 1-6: desembocadura de drenes. En línea punteada colector de aguas servidas

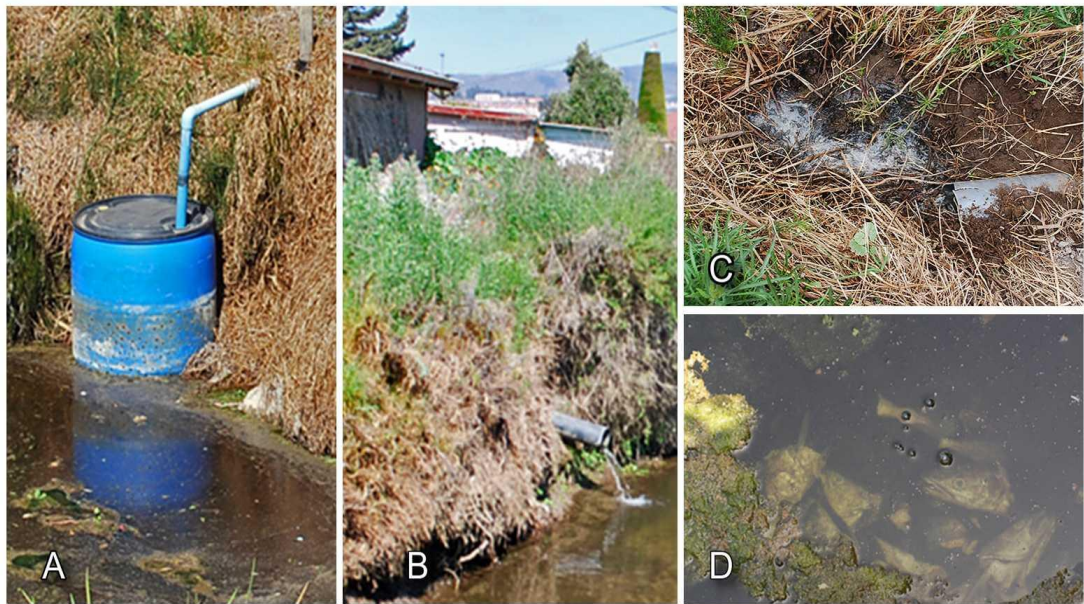


Figura 8. Situaciones observadas en sistema de drenes(A-B-C) descargas directas (D) restos de pescados en curso de agua.

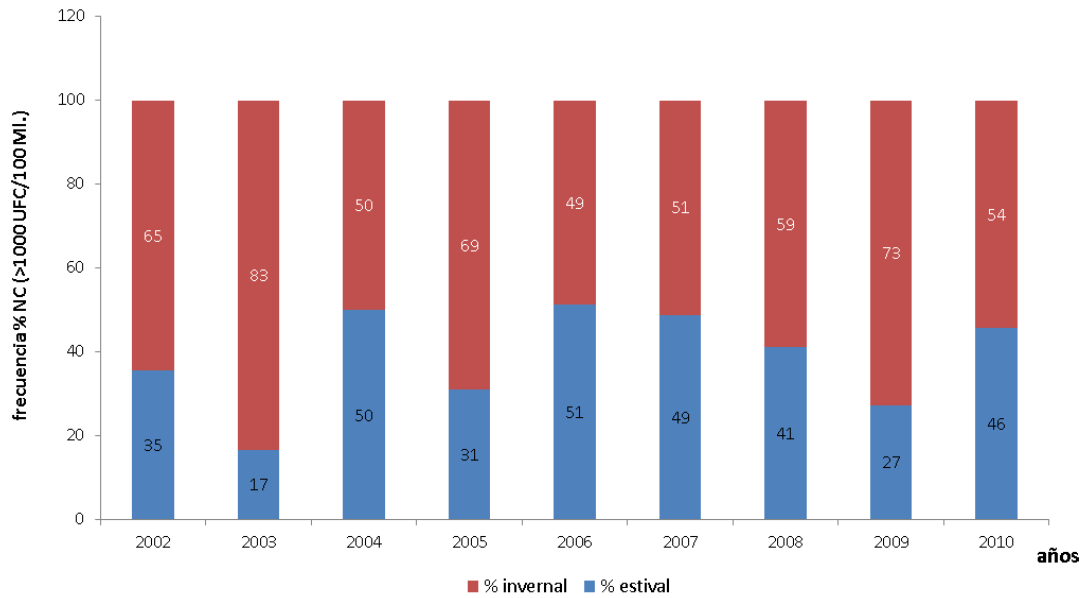


Figura 9. Frecuencia porcentual de muestras no conformes de los drenes, en período de análisis histórico (2002-2010).

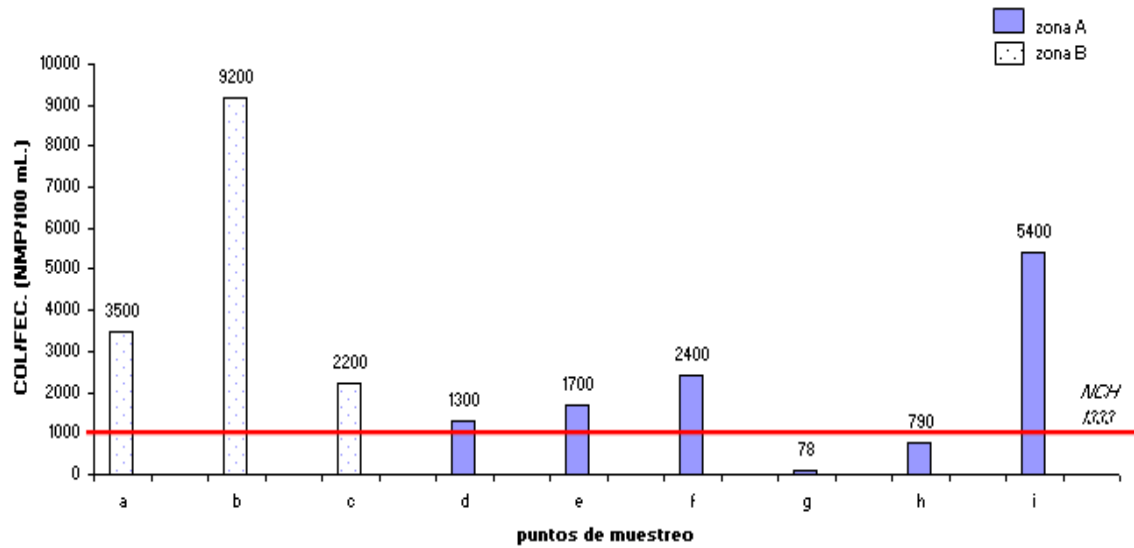


Figura 10. Resultados de muestreo *in situ* de dren 4

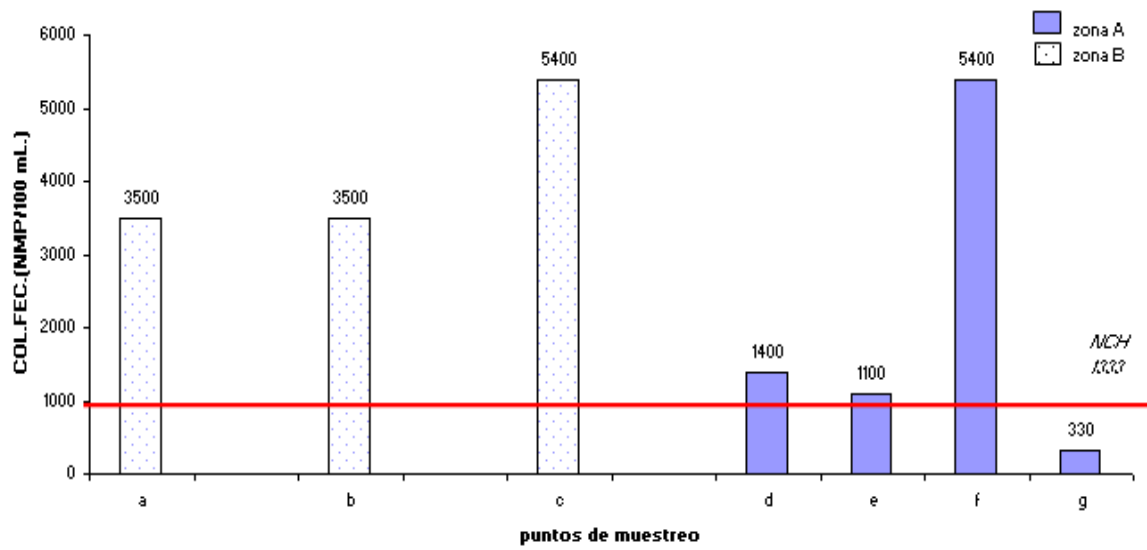


Figura 11. Resultados de muestreo *in situ* de dren 5

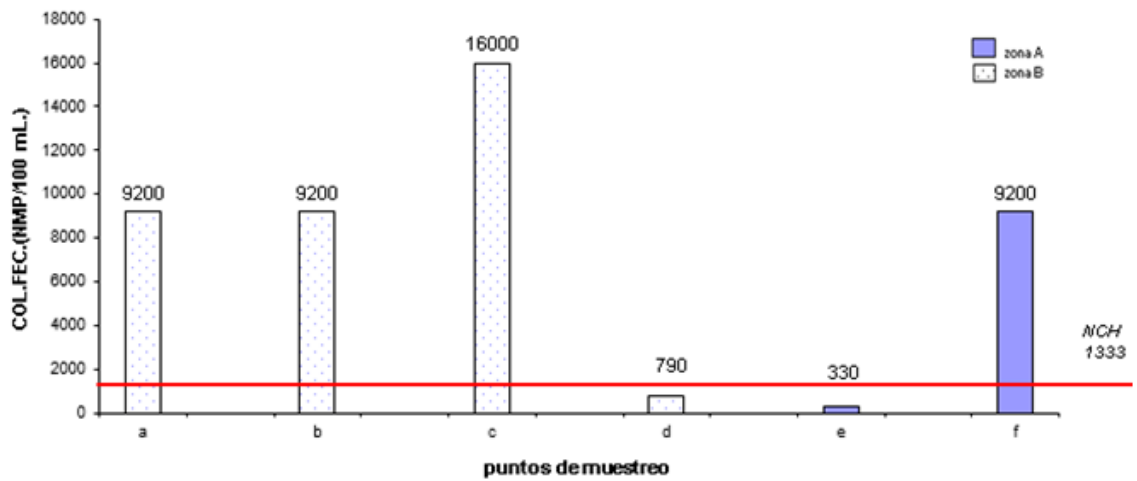


Figura 12. Resultados de muestreo *in situ* de dren 6

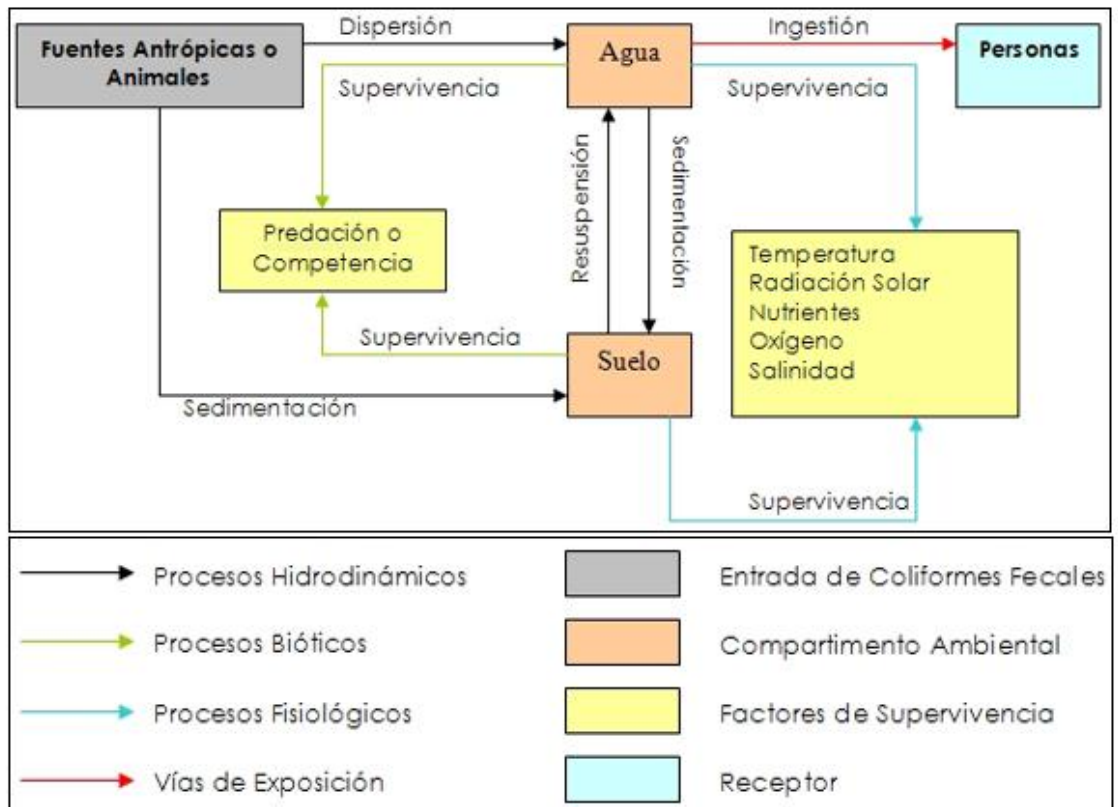


Figura 13: Esquema general de la dinámica de los coliformes fecales en el ambiente estudiado y sus factores condicionantes (Elaboración propia).

Tablas

Tabla I: Valores guía para la calidad microbiológica de las aguas recreacionales en estimación de riesgo de enfermedad (WHO, 2003)

Categoría de riesgo	Valor del percentil 95 (UFC /100mL)	Riesgo estimado
A (bajo)	≤ 40	< 1% GI < 0,3 % AFRI
B (medio)	41-200	1-5 % GI > 1,9 % AFRI
C (alto)	201-500	5-10 % GI 1,9-3,9% AFRI
D (muy alto)	>500	> 10 %GI > 3,9 % AFRI

GI= enfermedad gastrointestinal; **AFRI**= enfermedad febril respiratoria aguda

Tabla II: Ejemplos de niveles máximos de coliformes fecales en normativa internacional para aguas recreacionales de uso por contacto primario

País	Unidad de medida	Máximo en aguas contacto primario	Máximo en aguas contacto secundario
		Coliformes fecales	Coliformes fecales
Colombia	UFC/100 mL.	200	No indicado
Ecuador	UFC/100 mL	200	1000
Cuba	UFC/100 mL	200	1000
Perú	UFC/100 mL	200	1000
Venezuela	UFC/100 mL	200 en el 90% de las muestras consecutivas, 400 en el 10% restante	1000 en el 100% de las muestras
Nueva Zelandia	UFC/100 mL	150	1000

Tabla III. Resultados de calidad bacteriológica de los drenes del área de estudio, (SEREMI de Salud 2002-2010)

Año	Dren	Meses del año (UFC/100 ML.)											
		en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2002	1	490	330	1800	93	210	sd	16000	93	1300	sd	790	230
	2	1100	2400	1700	700	790	sd	3500	330	1300	sd	700	490
	3	230	9200	16000	5400	1700	sd	16000	78	790	sd	230	490
	4	9200	790	330	1700	460	sd	3500	130	3500	sd	130	230
	5	490	790	230	1300	1400	sd	9200	490	9200	sd	2400	5400
	6	490	490	330	1400	790	sd	16000	460	950	sd	790	130
	7	490	45	16000	210	790	sd	16000	130	490	sd	230	78
	8	330	490	3500	3500	1700	sd	9200	310	140	sd	330	220
2003	1	46	110	130	170	16000	110	220	230	79	sd	sd	sd
	2	260	230	78	1300	5400	1700	9200	3500	3500	sd	sd	sd
	3	330	1300	78	490	16000	1300	16000	16000	490	sd	sd	sd
	4	1300	16000	21	1300	16000	1700	16000	700	3500	sd	sd	sd
	5	3500	700	1700	2200	16000	1700	16000	790	2400	sd	sd	sd
	6	2400	330	330	1100	16000	5400	790	1300	5400	sd	sd	sd
	7	78	490	330	490	16000	110	330	220	88	sd	sd	sd
	8	18	790	790	490	9200	1100	330	790	2400	sd	sd	sd
2004	1	1100	110	78	170	170	330	170	68	40	78	68	230
	2	130	210	490	170	330	490	9200	1700	700	490	460	78
	3	220	45	790	1100	430	490	330	220	2200	490	2400	490
	4	490	230	5400	5400	9200	790	1700	790	2400	5400	3500	16000
	5	1700	16000	3500	790	3500	2400	2400	490	330	790	3500	1100
	6	2200	1700	700	1300	2400	1300	2200	790	3500	1300	5400	1700
	7	490	330	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
	8	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
2005	1	490	230	sd	130	140	170	1100	sd	93	1300	sd	sd
	2	330	330	sd	9200	310	1100	1100	sd	230	490	sd	sd
	3	790	3500	sd	1100	790	3500	2400	sd	230	5400	sd	sd
	4	230	1100	sd	18	1300	1300	1100	sd	2200	790	sd	sd
	5	460	2400	sd	18	5400	1100	1700	sd	2200	700	sd	sd
	6	1300	790	sd	18	2400	5400	1300	sd	5400	1600	sd	sd
	7	1300	490	sd	18	330	490	490	sd	230	230	sd	sd
	8	1700	490	sd	sd	330	1300	460	sd	330	330	sd	sd
2006	1	78	170	1300	490	330	330	170	170	78	170	230	220
	2	460	330	68	490	790	790	2400	9200	1300	330	330	790
	3	490	9200	9200	330	5400	2300	330	9200	460	2400	5400	140
	4	790	2400	230	330	1700	5400	1100	790	700	3500	1100	1300
	5	1100	2400	5400	2200	5400	5400	790	110	1100	2400	1700	3500

	6	5400	490	1300	16000	16000	1300	16000	3500	2400	490	790	1300
	7	5400	790	170	130	230	230	2400	170	45	790	460	2400
	8	1100	18	130	93	5400	460	460	230	170	1100	490	950
2007	1	330	310	790	790	330	110	230	78	150	2200	170	78
	2	790	210	78	2100	490	16000	460	1100	1700	3500	790	220
	3	1100	230	330	9200	490	130	1700	490	1700	1100	330	460
	4	45	5400	700	330	2400	1300	3500	230	330	16000	950	16000
	5	230	5400	5400	1300	1300	16000	790	1300	150	1700	16000	2200
	6	790	330	3500	1300	16000	9200	1300	3500	140	130	790	16000
	7	5400	9200	1300	790	1700	1,8	110	78	75	93	45	170
	8	16000	9200	9200	1300	2400	310	490	110	490	1300	220	790
2008	1	230	220	45	78	45	130	130	78	45	5400	330	490
	2	490	490	700	490	490	330	45	78	sd	130	790	230
	3	230	460	790	490	1700	16000	490	460	1700	230	490	700
	4	3500	790	5400	790	2200	5400	2400	790	700	3500	5400	5400
	5	3500	490	1700	9200	5400	3500	2200	1700	2200	5400	5400	460
	6	490	330	230	5400	9200	2200	1300	1300	1100	700	5400	790
	7	490		45	230	490	130	1300	680	78	170	78	220
	8	490	310	230	170	490	460	1700	230	sd	5400	1100	1400
2009	1	18	130	170	460	130	230	78	230	130	330	170	sd
	2	18	330	1100	16000	490	2400	330	2400	3500	230	45	sd
	3	18	170	110	310	1300	9200	5400	2400	3500	790	1300	sd
	4	18	330	1300	330	5400	2400	1700	490	9200	700	1700	sd
	5	18	2400	790	1100	1100	3500	5400	230	2400	330	2400	sd
	6	18	1300	790	2200	790	5400	2800	330	1700	790	3500	sd
	7	18	790	170	2400	110	18	330	sd	490	1700	sd	sd
	8	18	130	790	9200	330	330	270	sd	790	230	sd	sd
2010	1	110	18	20	20	170	2400	460	3500	sd	1800	93	1100
	2	700	130	490	490	2400	5400	1300	790	sd	16000	950	790
	3	330	130	130	790	9200	3500	5400	700	sd	490	5400	1300
	4	2400	5400	93	9200	18	480	790	16000	sd	49	sd	1100
	5	2200	5400	790	5400	18	1700	5400	1700	sd	790	sd	2400
	6	1100	1300	1300	330	18	2800	490	1200	sd	330	sd	490
	7	230	18	45	490	18	2400	45	1300	sd	140	640	210
	8	5400	3500	490	sd	20	5400	20	20	sd	91	45	seco

*sd=(sin dato)

Tabla IV. Resultados de calidad bacteriológica de aguas litorales del área de estudio (SEREMI de Salud 2002-2010)

Año	Sector	Meses del año (UFC/100 mL.)											
		en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2002	Punta Teatinos	18	230	18	18	110	sd	130	330	18	45	18	45
	Caleta San Pedro	18	130	18	18	45	sd	20	330	18	330	20	20
	Canal Maki Payi	18	220	18	18	45	sd	18	230	18	170	18	20
	El Faro	2200	18	18	230	78	sd	20	18	18	130	18	20
	4 Esquinas	790	18	220	170	230	sd	20	45	78	18	40	20
	Canto del Agua	1700	18	490	18	78	sd	40	18	110	68	20	45
	Balneario Peñuelas	3500	18	18	45	790	sd	330	18	20	45	18	18
	Caleta Peñuelas	1300	18	45	18	330	sd	460	45	40	18	18	18
	Playa Changa	1700	45	18	18	700	sd	78	45	40	45	20	18
2003	Punta Teatinos	18	18	230	130	sd	220	20	20	490	sd	18	sd
	Caleta San Pedro	18	48	330	130	sd	330	20	78	170	sd	20	sd
	Canal Maki Payi	19	32	330	170	sd	170	40	20	78	sd	18	sd
	El Faro	18	19	170	18	sd	310	18	61	170	sd	18	sd
	4 Esquinas	19	32	18	45	sd	330	230	20	16000	sd	18	sd
	Canto del Agua	19	18	20	78	sd	110	490	18	16000	sd	20	sd
	Balneario Peñuelas	19	19	18	130	sd	110	45	18	16000	sd	18	sd
	Caleta Peñuelas	19	18	18	490	sd	18	130	20	16000	sd	18	sd
	Playa Changa	32	33	18	20	sd	18	130	18	16000	sd	20	sd
2004	Punta Teatinos	18	20	18	18	18	20	sd	20	20	230	18	18
	Caleta San Pedro	18	18	18	20	45	45	sd	18	78	68	18	18
	Canal Maki Payi	18	18	18	18	18	20	sd	18	45	130	18	18
	El Faro	18	20	20	18	18	20	sd	18	45	78	18	20
	4 Esquinas	18	20	20	18	160	45	sd	45	78	18	18	18
	Canto del Agua	20	18	18	18	18	220	sd	18	78	18	18	18
	Balneario Peñuelas	18	20	18	18		45	sd	18	45	18	18	18
	Caleta Peñuelas	78	40	18	18	18	78	sd	sd	sd	18	18	18
	Playa Changa	68	40	18	45	18	78	sd	sd	sd	18	18	18
2005	Punta Teatinos	20	20	18	40	sd	18	230	1300	18	18	93	18
	Caleta San Pedro	18	45	20	78	sd	18	230	330	78	18	20	18
	Canal Maki Payi	18	45	18	45	sd	20	78	220	18	20	20	18
	El Faro	20	45	18	78	sd	230	110	170	18	18	230	230
	4 Esquinas	18	45	18	18	sd	490	18	330	18	20	18	140
	Canto del Agua	110	78	18	20	sd	230	18	110	18	18	20	78
	Balneario Peñuelas	130	45	20	78	sd	170	18	220	sd	18	18	68
	Caleta Peñuelas	45	78	18	20	sd	330	18	330	sd	18	18	130
	Playa Changa	20	20	18	20	sd	130	78	230	sd	18	18	130
2006	Punta Teatinos	sd	20	490	1300	130	18	78	16000	18	18	18	20
	Caleta San Pedro	sd	20	1100	490	45	45	20	16000	20	18	18	18
	Canal Maki Payi	sd	18	790	490	78	130	45	3500	20	18	18	18
	El Faro	sd	45	790	700	330	110	430	790	18	20	18	18

	4 Esquinas	sd	1700	790	490	330	78	460	78	18	78	88	20
	Canto del Agua	sd	1700	230	700	490	78	20	18	20	88	130	18
	Balneario Peñuelas	sd	790	61	130	490	130	45	330	45	18	45	20
	Caleta Peñuelas	45	790	20	140	130	130	45	330	20	18	45	45
	Playa Changa	18	330	18	170	490	45	78	230	110	20	20	18
2007	Punta Teatinos	18	170	18	18	sd	330	18	18	20	18	20	sd
	Caleta San Pedro	18	78	18	18	sd	78	18	18	110	18	18	sd
	Canal Maki Payi	18	130	20	20	sd	130	18	18	78	18	18	sd
	El Faro	68	78	20	490	sd	490	230	18	1100	18	18	sd
	4 Esquinas	45	18	20	170	sd	1300	170	18	170	18	20	sd
	Canto del Agua	78	45	18	490	sd	130	130	20	130	18	45	sd
	Balneario Peñuelas	20	45	18	170	sd	18	1700	40	93	18	18	sd
	Caleta Peñuelas	20	20	18	220	sd	78	330	18	170	18	20	sd
	Playa Changa	40	45	18	950	sd	20	1100	45	170	18	18	sd
2008	Punta Teatinos	18	20	18	18	130	220	18	330	18	45	18	18
	Caleta San Pedro	18	18	18	18	330	20	110	220	18	130	18	18
	Canal Maki Payi	18	18	18	18	130	45	18	130	20	45	20	20
	El Faro	18	18	18	45	330	220	78	230	20	20	18	18
	4 Esquinas	20	20	20	330	78	45	20	20	18	20	18	18
	Canto del Agua	40	20	18	700	2200	45	45	18	18	20	18	20
	Balneario Peñuelas	18	20	18	40	460	20	230	18	18	20	18	18
	Caleta Peñuelas	18	18	18	45	790	20	130	20	18	18	18	18
	Playa Changa	18	18	20	45	490	18	170	18	18	18	18	18
2009	Punta Teatinos	45	18	45	170	330	78	18	230	45	18	20	18
	Caleta San Pedro	18	18	45	130	330	68	170	40	18	18	45	18
	Canal Maki Payi	20	18	20	230	499	45	130	78	20	18	130	18
	El Faro	20	18	78	170	2400	130	45	45	20	18	20	18
	4 Esquinas	40	330	18	45	790	18	130	130	20	45	18	18
	Canto del Agua	490	61	20	68	2400	20	170	45	110	20	18	78
	Balneario Peñuelas	490	45	18	45	5400	18	18	130	20	20	18	45
	Caleta Peñuelas	330	20	18	1700	1300	18	20	20	18	20	18	45
	Playa Changa	170	20	18	1300	3500	18	18	sd	18	18	18	18
2010	Punta Teatinos	18	18	490	18	210	45	sd	170	18	sd	18	18
	Caleta San Pedro	18	18	790	20	460	45	sd	78	18	sd	45	18
	Canal Maki Payi	18	18	230	18	310	45	sd	330	18	sd	20	18
	El Faro	18	18	330	20	490	45	sd	130	20	sd	18	18
	4 Esquinas	18	18	230	45	310	78	sd	78	18	sd	18	18
	Canto del Agua	18	18	18	20	40	330	sd	220	18	sd	20	45
	Balneario Peñuelas	18	45	68	20	45	130	sd	170	18	sd	45	20
	Caleta Peñuelas	18	18	45	20	78	78	sd	170	20	sd	18	18
	Playa Changa	18	20	20	45	68	20	sd	68	20	sd	18	20

sd(sin dato)

Tabla V: Categorías de peligro del sistema de drenes, total período 2002-2010

	Dren1 UFC /100 mL	Dren2 UFC /100 mL	Dren3 UFC /100 mL	Dren4 UFC /100 mL	Dren5 UFC /100 mL	Dren6 UFC /100 mL	Dren7 UFC /100 mL	Dren8 UFC /100 mL
NC	14	33	44	56	69	58	16	26
P 95	2200	9200	16000	16000	9200	16000	5400	9200
CAT	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

NC=No conformidades NCH1333 (1000 NMP/ 100 mL.); P95= Percentil 95; CAT= Categoría de peligro

Tabla VI: Categorías de peligro del sistema de drenes, temporada de Baño o estival, período 2002-2010

	Dren1 UFC /100 mL	Dren2 UFC /100 mL	Dren3 UFC /100 mL	Dren4 UFC /100 mL	Dren5 UFC /100 mL	Dren6 UFC /100 mL	Dren7 UFC /100 mL	Dren8 UFC /100 mL
NC	3	4	7	14	18	11	7	7
P 95	1300	1700	9200	16000	5400	5400	9200	9200
CAT	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

NC=No conformidades NCH1333 (1000 NMP/ 100 mL.); P95= Percentil 95; MG= media geométrica; CAT= Categoría de peligro

Tabla VII: Categorías de peligro de aguas litorales marinas de la Bahía de Coquimbo, total período 2002-2010

	Punta Teatinos UFC /100 mL	Caleta Sn Pedro UFC /100 mL	Maki payi UFC /100 mL	El Faro UFC /100 mL	4 Esquinas UFC /100 mL	Canto del Agua UFC /100 mL	Balneario Peñuelas UFC /100 mL	Caleta Peñuelas UFC /100 mL	Playa Changa UFC /100 mL
Dren de referencia	-	-	-	D1	D3	D5	D6	D7	D8
NC	3	2	1	3	3	5	5	4	4
P 95	490	330	330	700	790	700	790	790	950
CAT	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

NC=No conformidades NCH1333 (1000 NMP/ 100 mL.); P95= Percentil 95;CAT= Categoría de peligro

Tabla VIII: Categorías de peligro de aguas litorales marinas de la Bahía de Coquimbo, temporada de baño o estival, período 2002-2010

	Punta Teatinos UFC /100 mL	Caleta Sn Pedro UFC /100 mL	Maki payi UFC /100 mL	El Faro UFC /100 mL	4 Esquinas UFC /100 mL	Canto del Agua UFC /100 mL	Balneario Peñuelas UFC /100 mL	Caleta Peñuelas UFC /100 mL	Playa Changa UFC /100 mL
Dren de referencia	NA	NA	NA	D1	D3	D5	D6	D7	D8
NC	3	2	1	3	3	5	5	4	4
P 95	230	330	230	330	790	490	490	330	170
CAT	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUYALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO

NC=No conformidades NCH1333 (1000 NMP/ 100 mL.); P95= Percentil 95; CAT= Categoría de peligro

