

GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

ORD. N° 091128 /

002685

ANT.: Revisión norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Decreto Supremo N°90/2000.

MAT.: Cita a reuniones ordinarias y extraordinarias del Comité Operativo en el mes de abril 2009.

SANTIAGO, 02 ABR. 2009

DE : HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

En relación con el proceso de revisión de la "**Norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, Decreto Supremo N°90/2000**", se invita a los representantes del Comité Operativo a participar de las reuniones ordinarias y extraordinarias del mes de abril, las cuales se realizarán según el siguiente cuadro:

| REUNIÓN                  | FECHA                | HORA          | UBICACIÓN   | TEMAS  |
|--------------------------|----------------------|---------------|---|--|
| Extraordinaria           | Martes 07 abril 2009 | 10:30 a 13:00 | CONAMA<br>Teatinos 258<br>Piso 4                                      | - Lagos<br>- Estuarios<br>- Cuerpo fluvial<br>afluente de<br>cuerpo lacustre |
| Ordinaria<br>22° Reunión | Martes 14 abril 2009 | 10:30 a 13:00 | CONAMA<br>Teatinos 258<br>Piso 4                                      | - Parámetros<br>- Otros  |
| Ordinaria<br>23° Reunión | Martes 28 abril 2009 | 10:30 a 13:00 | DIRINMAR<br>Subida<br>Cementerio<br>N°300, Playa<br>Ancha, Valparaíso | - Métodos de<br>medición<br>- Control y<br>monitoreo<br>- Otros              |

Agradeceré a usted confirmar su asistencia a la Srta. Claudia Galleguillos C., profesional del Departamento Control de la Contaminación de CONAMA Central, Teléfono: 02-2405706, correo electrónico: [cgallequillos@conama.cl](mailto:cgallequillos@conama.cl)

Sin otro particular, saluda atentamente,

  
HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

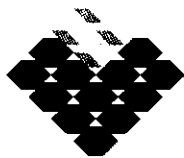
  
GSC/CSC/aat

## DISTRIBUCIÓN:

- Sra. Nancy Cepeda, Encargada de la Unidad de Normas, Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
- Sra. Mesenia Atenas V., Jefa del Departamento de Conservación y Protección de los recursos Hídricos, Dirección General de Aguas (DGA)
- Sra. Teresa Agüero T., Profesional del Departamento Políticas Agrarias de ODEPA.
- Sr. Juan Berasaluce, Capitán de Navío Litoral, Dirección del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR)
- Sr. Fernando Baeriswyl Rada, Jefe División Protección Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
- Sra. Rossana Brantes Abarca, Profesional de de Dirección de Estudios de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO)
- Sr. Pedro Riveros, Dpto. Salud Ambiental, Ministerio de Salud (MINSAL)
- Sr. Juan Ladrón de Guevara, Asesor de Medio Ambiente, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- Sr. Cristian Andaur, Departamento de Administración Pesquera, Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA).
- Sr. Rodrigo Iglesias A., Secretario Ejecutivo Comisión Nacional de Energía.
- Sr. Pablo Lagos, Departamento de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA).
- Sra. Carmen Rivera Mardones, Profesional EVYSA, Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)
- Sr. Miguel Stutzin, Jefe Departamento RRNN, CONAMA Central.

## c.c:

- Dirección Ejecutiva CONAMA
- Archivo Departamento Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Norma DS 90



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

ORD. N° ~~091129~~ /

ANT.: Revisión norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Decreto Supremo N°90/2000.

MAT.: Cita a reunión por el proceso de revisión del DS90.

SANTIAGO,  
02 ABR. 2009

DE : HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

En relación con el proceso de revisión de la **“Norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, Decreto Supremo N°90/2000”**, se invita a participar de reunión el día miércoles 22 de abril 2009, en CONAMA ubicada en Teatinos N°258, Piso 4.

El objetivo de la reunión es tratar los temas relacionados con “Métodos de Análisis” y “Monitoreo y Control” del proceso de revisión de la norma.

Agradeceré a usted confirmar su asistencia a la Srta. Claudia Galleguillos C., profesional del Departamento Control de la Contaminación de CONAMA Central, Teléfono: 02-2405706, correo electrónico: [cgallequillos@conama.cl](mailto:cgallequillos@conama.cl)

Sin otro particular, saluda atentamente,

HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

GLS/CGC/aat  
DISTRIBUCIÓN:

- Sra. Nancy Cepeda, Encargada de la Unidad de Normas, Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
- Sra. Mesenia Atenas V., Jefa del Departamento de Conservación y Protección de los recursos Hídricos, Dirección General de Aguas (DGA)
- Sr. Juan Berasaluce, Capitán de Navío Litoral, Dirección del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR)
- Sr. Fernando Baeriswyl Rada, Jefe División Protección Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
- Sr. Alexander Chechilnitzky, Director AIDIS CHILE
- Sr. Aldo Tamburrino T., Jefe de División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente del Dpto. Ingeniería Civil de la Universidad de Chile
- Sr. Jacobo Hornsi, Consultora Kristal

## c.c:

- Elizabeth Echeverría, AIDIS
- María Pía Mena, AIDIS
- Ana María Sacha, División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente del Dpto. Ingeniería Civil de la Universidad de Chile
- Dirección Ejecutiva CONAMA
- Archivo Departamento Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Norma DS 90



**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : SISS- Nancy Cepeda  
e-mail : [ncepeda@siss.cl](mailto:ncepeda@siss.cl)  
Fecha : Viernes, 03 abril 2009  
Hora : 16:54 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO   |
|----|---|
| 1  | Parámetros Temperatura, SSED, Poder espumógeno y Coliformes Fecales |

---

**De:** Cepeda R. Nancy [mailto:ncepeda@siss.gob.cl]  
**Enviado el:** Viernes, 03 de Abril de 2009 16:54  
**Para:** Claudia Galleguillos  
**Asunto:** RE: DS90

Claudia, esto es lo que entiendo sobre el tema de los parámetros Temp, SSed, Poder espumógeno y CF:

- EL DS 90 vigente considera como fuente emisora (FE), cualquier descarga de residuos líquidos que exceda los valores de la Tabla para los parámetros con valor característico, independiente del caudal descargado.
- En reunión del CA se planteó que la calificación como FE, para efectos de estos parámetros, se debe fundamentar en un volumen de descarga de aguas servidas para 100 habitantes, en forma similar a lo establecido para los demás parámetros de la Tabla de FE, cuyo límite está en términos de carga contaminante media diaria. En este contexto, se propuso que el volumen debiera ser 10 m<sup>3</sup>/día, que correspondería al volumen de aguas servidas de 100 habitantes, considerando los consumos medios país al 2007 según información SISS.
- Al respecto, lo que hemos analizado/conversado en el CO:
  - Es necesario establecer una condición adicional al lím. máx. de los parámetros con valor característico, para evitar que descargas muy pequeñas califiquen como FE
  - Si para establecer el volumen de descarga, se considera el criterio del volumen equivalente de aguas servidas de 100 habitantes, para mantener la coherencia que está implícita en los valores de carga contaminante media diaria de los demás parámetros de la Tabla, correspondería considerar 16 m<sup>3</sup>/día
  - Se debe tener presente, que cualquier descarga inferior al volumen (m<sup>3</sup>/día) que se proponga en la norma, podría tener los parámetros de valores característicos superiores a los límites de la Tabla y no calificaría como FE
  - Se ha estimado prudente considerar un volumen inferior al equivalente a 100 habitantes, para lo que se ha propuesto 5 m<sup>3</sup>/día

Saludos,

---

Comisión Nacional del Medio Ambiente  
División Jurídica

Memorándum N°72

DE: Rodrigo Guzmán Rosen  
Jefe División Jurídica

A: Hans Willumsen Alende  
Jefe Departamento Control de la Contaminación

MAT: ZPL

Fecha: <sup>06</sup>02 de abril de 2009

---


Se ha consultado a esta División Jurídica sobre la factibilidad jurídica de la propuesta de modificación al D.S. N°90 relativa a la Zona de Protección Litoral, en particular la disposición que establece que dicha modificación no afecta a las fuentes que cuentan con autorización para descargar sus residuos líquidos conforme a la ley.

Al respecto, puedo informar a Ud. que no existe obstáculo legal para establecer respecto de determinadas fuentes un régimen diferenciado de aplicación de las norma de emisión, siempre y cuando dicha diferenciación no implique una discriminación arbitraria, es decir, que la distinción sea razonable, que persiga una finalidad, y que las consecuencias derivadas de esa distinción sean adecuadas y proporcionales a dicho fin. Bajo ese contexto las fuentes existentes generalmente son objeto de un mayor plazo para el cumplimiento de las normas o se les exime de tal exigencia, y el fundamento de tal proceder normalmente está asociado al impacto económico y social de la medida. En todo caso, las normas de emisión deben revisarse cada cinco años, por lo que tal criterio podría modificarse precisamente por existir nuevos antecedentes o circunstancias que exijan cambiarlo.

Sin perjuicio de lo anterior, hago presente a Ud., que una consideración de tal tipo, no puede basarse exclusivamente en que una fuente cuente con el otorgamiento de un permiso o autorización, pues el criterio del impacto económico y social de la medida exige que se trate de una fuente ya construida, es decir de una fuente respecto de la cual se ha generado un gran costo económico, que se considera pertinente tomar en consideración, por lo que se debe incluir tal criterio en la disposición en cuestión.

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.

  
Rodrigo Guzmán Rosen  
Jefe División Jurídica

  
APR/CRE  
CC.  
Archivo

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : Grupo 2 Comité Ampliado- CORMA- Pedro Navarrete  
e-mail : [pnavarrete@celulosa.cmpc.cl](mailto:pnavarrete@celulosa.cmpc.cl)  
Fecha : Lunes, 06 de abril 2009  
Hora : 16:21 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO  |
|----|--|
| 1  | Reiteran observaciones al borrador 6 de la norma, las cuales fueron enviadas por CORMA, a través de un correo electrónico con fecha lunes 23 de marzo 2009, a las 11:32 hrs. |

**De:** Pedro Navarrete ( CMPC Celulosa G.Tecnica) [mailto:pnavarrete@celulosa.cmpc.cl]

**Enviado el:** Lunes, 06 de Abril de 2009 16:21

**Para:** Claudia Galleguillos

**CC:** Mariela Arevalo; Carlos Decourvieres G.; xrojas@salmonchile.cl; Carolina Vargas Gonzalez; Ximena Molina; alfonso.guijon@poch.cl; claudio.perez@essbio.cl; cqilodr@labchile.cl; Cesar Peredo L. (Esval S.A.); portiz@carozzi.cl; c\_alex\_quilodran@yahoo.es; JUAN LARENAS; María Pía Mena; Gladys Vidal; olga.espinoza@sag.gob.cl; jeanine.hermansen@sag.gob.cl; Maria Pia Mena

**Asunto:** RE: DS-90

**Importancia:** Alta

Estimada Claudia,

No había tenido un minuto para referirme a nuestra participación en la última reunión del Ampliado. Este correo tiene esa finalidad.

#### 1. Presentación del GR2

Nuestros puntos fueron:

- a) Ya ´hemos hecho llegar comentarios a otras versiones del AP por lo que sólo nos referimos al Borrador # 6
- b) Consideramos que las aguas lluvia no pueden quedar incorporadas en el DS-90 por- ser de naturaleza completamente distinta de los RL (esporádicas, dentro de una época precisa del año calendario); variables en cantidad. No nos oponemos a que su calidad deba ser regulada, si la Autoridad lo estima; sin embargo creemos que esto es el resultado de un proceso dedicado a ello, ajustado al procedimiento estipulado en la LBGMA.
- c) Nos preocupa que la metodología para la determinación del caudal de dilución no haya quedado formalmente referenciada, ya sea como estuvo en versiones anteriores del AP o bien explicitando el documento que la contiene.
- d) No estamos de acuerdo con que la actual versión solicite caracterizar los efluentes de todas las fuentes emisoras porque ésto es algo que ya fue realizado por las fuentes que cuentan con Resoluciones de Monitoreo de la SISS emitidas en el contexto de un proyecto sometido al SEIA. Creemos que solamente deben caracterizar sus efluentes aquellas fuentes que no lo hayan hecho antes.
- e) Nada de lo que el Comité Ampliado en pleno comentó sobre la no pertinencia del concepto contaminación, contaminante y otras expresiones similares, en el AP. En la versión # 6 sigue apareciendo tal como antes del comentario y no hemos recibido ninguna comunicación (ni notas al margen) que nos indique las razones de su no consideración ó bien se indique el estado de análisis en que se encuentra dicha moción.
- f) Creemos que es necesario dedicar más tiempo que una parte de una reunión al tema económico.
- g) Solicitamos se dejara constancia en el Acta de que el Comité Ampliado ha perdido 2 reuniones (Enero y Febrero 09) para dialogar con las autoridades, recibir información y/o hacer presente comentarios debido a la suspensión de dichas sesiones que nos fuera informada por Conama.

Sobre el punto f), designamos a don Carlos Descourvieres nuestro representante en el Grupo que se organizó en esta reunión del Ampliado, para integrarse al equipo de trabajo con el consultor Kristal.

#### 2. Fichas del GR-2 con comentarios al Borrador # 6

Son las mismas que te envié con el correo adjunto sólo que ahora representan no sólo a Corma sino que al Grupo completo.

Para evitar malos entendidos, adjunto las fichas que representan al Grupo 2.

002692

**Pedro Navarrete Ugarte**  
Superintendente de Gestión Ambiental  
Gerencia de Medio Ambiente y Asuntos Públicos  
CMPC Celulosa S.A.

Fono: 56-43-403930 -3979  
Fax: 56-43-403914  
Mail: [pnavarrete@celulosa.cmpc.cl](mailto:pnavarrete@celulosa.cmpc.cl)



Dirección Ejecutiva  
Departamento Control de la Contaminación

**MEMORÁNDUM N° 136/2009**

De : HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

A : RODRIGO GUZMAN ROSEN  
Jefe División Jurídica  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

Mat. : Solicita análisis jurídico para el concepto "contaminante", en el marco del proceso de revisión del DS. 90.

Fecha : 06 de abril 2009

Por medio de la presente, solicito a usted, tenga a bien realizar un análisis respecto a la factibilidad jurídica de cambiar el concepto "contaminante", en el marco del proceso de revisión del DS 90.

La consulta se realiza en el contexto de las observaciones recibidas por parte de miembros del Comité Ampliado (las cuales se deben responder formalmente), quienes entregan los siguientes fundamentos:

- No es etimológicamente correcto identificar como "contaminante" al pH, la temperatura y otros elementos químicos y/ compuestos listados en las distintas Tablas del Anteproyecto.
- La Ley 19.300 define como Contaminante a todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Por lo tanto, en estricto rigor la palabra "contaminante" implica que la concentración del elemento es superior a la que puede constituir un riesgo para las personas o el medio ambiente.

- Desafortunadamente, la palabra "contaminante" conlleva un carácter peyorativo en el lenguaje común, que se asocia indefectiblemente a la actividad regulada por el DS-90, lo que es injustificable toda vez que la emisión en cantidades inferiores a los límites – que es la obligación legal de las fuentes emisoras – no tiene dicho carácter.
- El actual proceso de revisión y mejoramiento del DS-90 ofrece la oportunidad para rectificar este aspecto, que si bien no modifica los objetivos de regulación requiere cambios en gran parte del documento.

La propuesta de cambio realizada por el Comité Ampliado de la norma, es la siguiente:

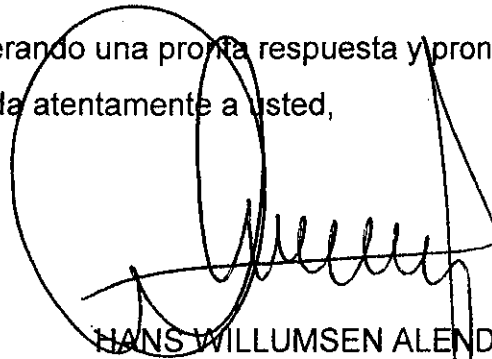
1. Reemplazar el título actual de la Norma por "Norma de Emisión para la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales"
2. Reemplazar la palabra "Contaminante" por "Parámetro", "Compuesto", "Composición" y "Propiedad Física" a lo largo del texto del AP, utilizando cada una de estas palabras en consonancia con el sentido del artículo específico de que se trate.
3. Reemplazar primer párrafo del Artículo Primero por: "Establécese la siguiente norma de emisión para la regulación de descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales."
4. Reemplazar OBJETIVO DE PROTECCION AMBIENTAL Y RESULTADOS ESPERADOS por: "La presente norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República mediante el control de la calidad de los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se logra proteger la calidad ambiental de estos ecosistemas marinos y terrestres,



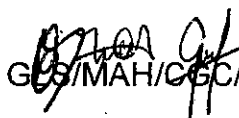
de conformidad a lo establecido en la Constitución y en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.”

5. Reemplazar DISPOSICIONES GENERALES por: “La norma establece los límites de emisión a los que deben ajustarse los parámetros, compuestos, la composición o propiedad física, de los residuos líquidos descargados por fuentes emisoras fijas a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.”

Esperando una pronta respuesta y pronunciamiento jurídico frente a esta consulta, saluda atentamente a usted,



HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

  
GES/MAH/CSC/aat

Distribución:

- Archivo Departamento Control de la Contaminación.

c.c.:

- Alejandra Precht R., División Jurídica, CONAMA
- Conrado Ravanal F., División Jurídica, CONAMA.

**MEMORÁNDUM N° 136/2009**

De : HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

A : RODRIGO GUZMAN ROSEN  
Jefe División Jurídica  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

Mat. : Solicita análisis jurídico para el concepto "contaminante", en el marco del proceso de revisión del DS. 90.

Fecha: 06 de abril 2009

Por medio de la presente, solicito a usted, tenga a bien realizar un análisis respecto a la factibilidad jurídica de cambiar el concepto "contaminante", en el marco del proceso de revisión del DS 90.

La consulta se realiza en el contexto de las observaciones recibidas por parte de miembros del Comité Ampliado (las cuales se deben responder formalmente), quienes entregan los siguientes fundamentos:

- No es etimológicamente correcto identificar como "contaminante" al pH, la temperatura y otros elementos químicos y/ compuestos listados en las distintas Tablas del Anteproyecto.
- La Ley 19.300 define como Contaminante a todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Por lo tanto, en estricto rigor la palabra "contaminante" implica que la concentración del elemento es superior a la que puede constituir un riesgo para las personas o el medio ambiente.

- Desafortunadamente, la palabra "contaminante" conlleva un carácter peyorativo en el lenguaje común, que se asocia indefectiblemente a la actividad regulada por el DS-90, lo que es injustificable toda vez que la emisión en cantidades inferiores a los límites – que es la obligación legal de las fuentes emisoras – no tiene dicho carácter.
- El actual proceso de revisión y mejoramiento del DS-90 ofrece la oportunidad para rectificar este aspecto, que si bien no modifica los objetivos de regulación requiere cambios en gran parte del documento.

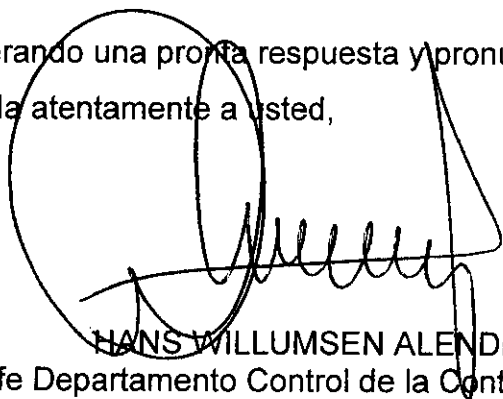
La propuesta de cambio realizada por el Comité Ampliado de la norma, es la siguiente:

1. Reemplazar el título actual de la Norma por "Norma de Emisión para la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales"
2. Reemplazar la palabra "Contaminante" por "Parámetro", "Compuesto", "Composición" y "Propiedad Física" a lo largo del texto del AP, utilizando cada una de estas palabras en consonancia con el sentido del artículo específico de que se trate.
3. Reemplazar primer párrafo del Artículo Primero por: "Establécese la siguiente norma de emisión para la regulación de descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales."
4. Reemplazar OBJETIVO DE PROTECCION AMBIENTAL Y RESULTADOS ESPERADOS por: "La presente norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República mediante el control de la calidad de los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se logra proteger la calidad ambiental de estos ecosistemas marinos y terrestres,

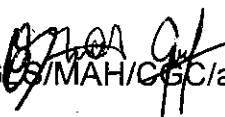
002700  
de conformidad a lo establecido en la Constitución y en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.”

5. Reemplazar DISPOSICIONES GENERALES por: “La norma establece los límites de emisión a los que deben ajustarse los parámetros, compuestos, la composición o propiedad física, de los residuos líquidos descargados por fuentes emisoras fijas a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.”

Esperando una pronta respuesta y pronunciamiento jurídico frente a esta consulta, saluda atentamente a usted,



HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

  
GC/MAH/CGC/aat

Distribución:

- Archivo Departamento Control de la Contaminación.

c.c.:

- Alejandra Precht R., División Jurídica, CONAMA
- Conrado Ravanal F., División Jurídica, CONAMA.

**Reunión EXTRAORDINARIA COMITÉ OPERATIVO  
“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 07 abril 2009  
Lugar : CONAMA CENTRAL, 4º piso  
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

**DOCUMENTOS DE REUNIÓN**

| Nº | CONTENIDO                |
|----|--------------------------|
| 1  | Tabla de Reunión         |
| 2  | Acta de reunión aprobada |
| 3  | Presentación DGA         |
| 4  | Presentación WWF         |
| 5  | Presentación RRNN CONAMA |
| 6  | Lista de Asistencia      |

Dirección Ejecutiva  
Departamento Prevención y Control de la Contaminación  
Sección Control Hídrico

**Reunión Comité Operativo**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 07 abril 2009  
Lugar : CONAMA CENTRAL, PISO 4  
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

**TABLA DE REUNIÓN**

| HORA  | CONTENIDO   | RESPONSABLE                    |
|-------|---|--------------------------------|
| 10:30 | Bienvenida  | Claudia Galleguillos<br>CONAMA |
| 10:40 | Presentación estudio para medir caudal de dilución en estuarios | Fernando Aguirre<br>DGA        |
| 11:00 | Presentación estudio de Lagos                                   | Paula Moreno<br>WWF            |
| 12:00 | Presentación de otros antecedentes                              | Ricardo Serrano<br>RRNN CONAMA |
| 12:45 | Cierre  | Claudia Galleguillos<br>CONAMA |

002702

**ACTA REUNIÓN**  
**REUNIÓN "GRUPO ESTUARIOS" COMITÉ OPERATIVO**  
**PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**

**Tema:** COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00

**Fecha:** 07 de abril 2009

**Lugar:** CONAMA CENTRAL, SALON DE REUNIONES 4° PISO

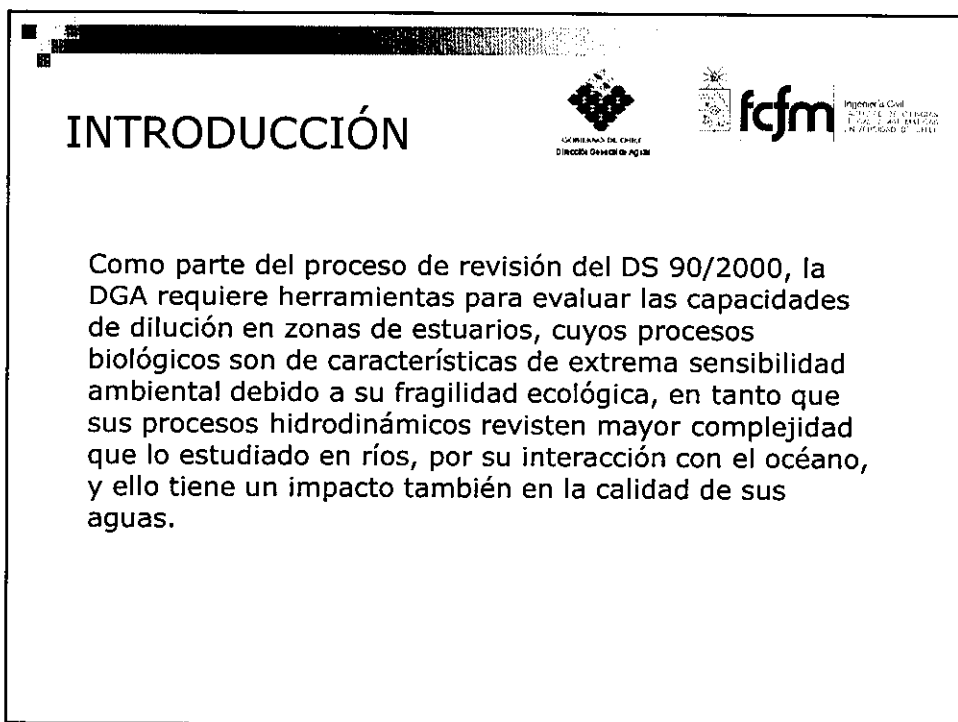
**Horario:** 10:30 hrs a las 13:00 hrs.

| <b>LISTA DE ASISTENCIA</b> |                    |                             |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <b>NOMBRE</b>              | <b>INSTITUCIÓN</b> | <b>CORREO ELECTRÓNICO</b>   |
| Ricardo Serrano            | RRNN CONAMA        | rserrano@conama.cl          |
| Alejandra Figueroa         | RRNN CONAMA        | afigueroa@conama.cl         |
| Carmen Rivera              | EVYSA CONAMA       | crivera@conama.cl           |
| Gabriel Zamorano           | SISS               | gzamorano@siss.cl           |
| Verónica Vergara           | SISS               | vvergara@siss.cl            |
| Aldo Tamburrino            | U. Chile           | atamburr@ing.uchile.cl      |
| Yarko Niño                 | U Chile            | ynino@ing.uchile.cl         |
| Fernando Aguirre           | DGA                | Fernando.aguirre@mop.gov.cl |
| Paula Moreno               | WWF                | Paula.moreno@wwf.cl         |
| Pedro Riveros              | MINSAL             | priveros@minsal.cl          |
| Rossana Brantes            | COCHILCO           | rbrantes@cochilco.cl        |
| Carolina Gómez             | CNE                | cgomez@cne.cl               |
| Camila Vásquez             | CNE                | cvasquez@cne.cl             |
| Claudia Galleguillos C.    | CONAMA             | cgalleguillos@conama.cl     |

| <b>INASISTENTES</b> |                            |
|---------------------|----------------------------|
| <b>INSTITUCIÓN</b>  | <b>CORREO ELECTRÓNICO</b>  |
| Kristal             | jhoms@kristal.cl           |
| DIRECTEMAR          | nvillarroelr@directemar.cl |

| <b>TABLA DE LA REUNION:</b>  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis del tema estuarios en el DS 90</li> </ul>  |
| <b>ESTUARIOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>DGA: Realiza presentación respecto a los avances de la consultoría que se está ejecutando para medir caudal de dilución en estuarios. La presentación es realizada por el Sr. Fernando Aguirre de la DGA y el Sr. Yarko Niño de la Universidad de Chile.</li> </ul> |
| <b>LAGOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>WWF: La Sra. Paula Moreno realiza presentación respecto a estudio de la WWF denominado "Salomonicultura en los lagos del sur de Chile". Se adjunta presentación.</li> </ul>  |
| <b>OTROS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>RRNN CONAMA: Realiza presentación respecto a otros antecedentes que se deben considerar en el tema de lagos y estuarios. Se adjunta presentación</li> </ul>   |
| <b>COMPROMISOS ADOPTADOS:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li></li> </ol>   |

**FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO:**





## OBJETIVOS



### Objetivo General

Desarrollar una metodología para la determinación de caudales disponibles para dilución en zonas estuarinas del territorio chileno.

### Objetivos Específicos

- Clasificar o caracterizar tipos de estuarios a nivel nacional.
- Desarrollar una metodología para determinar caudales disponibles para dilución en estuarios del territorio nacional.
- Aplicar metodología en estuarios piloto
- Definir modelo hidrodinámico para validar met. en 2da etapa

## ALCANCES



Dotar a la DGA de metodologías claras y fundamentos técnicos para la determinación de caudales disponibles para la dilución en zonas estuarinas, de manera simplificada, a través de herramientas uniformes, proponiendo recomendaciones que den coherencia a las políticas que desarrollan los distintos servicios.

## ETAPAS



**Etapa 1:** Recopilación de antecedentes.

**Etapa 2:** Determinación de metodología para determinar los caudales de dilución, para cada tipo de estuario identificado

**Etapa 3:** Campañas de caracterización de sistemas seleccionados y aplicación piloto de metodología

**Etapa 4:** Definición preliminar del modelo hidrodinámico a utilizar para validación en segunda etapa.

**Etapa 5:** Conclusiones e Informe Final.

## PRODUCTOS



Como productos del presente estudio, se entregará:

- Una metodología para la delimitación de la zona estuarina.
- Una metodología para determinar caudales disponibles para dilución de acuerdo al tipo de estuario definido en la clasificación a nivel nacional.
- Una aplicación de las metodologías a casos piloto.

# REVISIÓN CLASIFICACIÓN DE ESTUARIOS

## ESTRATIFICACION

- Fuertemente estratificado
  - Río > marea
- Parcialmente estratificado
  - Curvas isosalinidad inclinada:
  - Mayor efecto de la marea.
  - Circulación baroclínica.
- Mezclado
  - Baja influencia del río

$$R = \frac{\Delta \rho g Q_R}{\rho W U^3}$$

S Concentración Salina / l

## PROPUESTA DEL SHOA

### PRISMA DE MAREA: Variación de volumen del estuario asociado a la marea

- Tipo 1: El agua dulce es mucho mayor que el prisma de marea. Normalmente son estuarios profundos y de cuña bien definida y pronunciada.
- Tipo 2: Prisma mayor que agua dulce. La cuña avanza hasta la cabeza del estuario. El efecto de Coriolis es importante y la interfaz se inclina hacia un costado del estuario. Normalmente esto sucede en los fiordos.
- Tipo 3: Similar al 2, pero con menor agua dulce, por lo que la cuña intercepta la superficie en un costado del estuario. En este caso se dan gradientes laterales de salinidad.
- Tipo 4: Con barra o umbral en la Boca a veces no son ni de tipo 1, 2 ni 3. En estos casos, difieren del resto, ya que los procesos de mezcla se dan sólo en la superficie.

002700

## CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

|                  |  |
|------------------|--|
| Valle inundado   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor aporte de río que de marea</li> <li>- Presencia de cuña salina</li> <li>- Relativamente someros</li> <li>- Normalmente amplios</li> </ul>   |
| De barrera       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor importancia de la marea</li> <li>- Barra estacional o semisumergida</li> <li>- La interacción se da a través de canales</li> <li>- Bien mezclados, por bajas profundidades</li> <li>- Alta salinidad</li> </ul> |
| Laguna costera   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marcada cuña de sal</li> <li>- Agua salina intercepta la superficie</li> <li>- Gradientes laterales de salinidad (Coriolis)</li> </ul>  |
| Fiordo           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Origen glacial</li> <li>- Profundos (B/h &lt;10)</li> <li>- Bordos pronunciados</li> <li>- Suelo rocos --&gt; bajos sedimentos</li> </ul>   |
| Origen tectónico | <ul style="list-style-type: none"> <li>- IX y X región, generados por hundimiento costero</li> <li>- Baja profundidad</li> </ul>   |

| TIPO      | NOMBRE DEL ESTUARIO | JUSTIFICACION                         |  |
|-----------|---------------------|---------------------------------------|--|
|           | Limari              | Marca Pequeña                         |  |
| ESTUARIO  | TIPO                | TIEMPO AUTOLIMPIEZA (hrs)             | LIMITES DE APLICACIÓN Desde boca límite hacia el río |
| Limari    | 1                   | S/I                                   | 4000   |
| Aconcagua | 1                   | 6.5                                   | 1000   |
| Maipo     | 2                   | 32.6                                  | 2000   |
| Cahuil    | 3                   | 60.8                                  | 3000   |
| Mataquito | 2                   | 66.7                                  | 7000   |
| Maule     | 2                   | 10.2                                  | 5000   |
| Bio-Bio   | 1                   | 22.8                                  | 5000   |
| Lobu      | 2                   | S/I                                   | 4000   |
| Imperial  | 5                   | 10.4                                  | 6000   |
| Queule    | 5                   | S/I                                   | 4000   |
| Lingue    | 5                   | S/I                                   | 5000   |
| Valdivia  | 1                   | 2.9                                   | Completo   |
| Mauñil    | 1                   | 115.9                                 | 12000  |
| Reloncaví | 4                   | S/I                                   | Completo   |
| Pudeto    | 1                   | S/I                                   | 8000   |
| Cumau     | 4                   | S/I                                   | Completo   |
| Palena    | 4                   | S/I                                   | 9000   |
| Gala      | 4                   | S/I                                   | 18000  |
| Cisnes    | 4                   | 1602                                  | Completo   |
| Aysén     | 4                   | 2506.5                                | Completo   |
| Baker     | 1                   | S/I                                   | 2000   |
| Yendegala | 4                   | S/I                                   | Completo   |
| Tipo 5    | Queule              | después del terremoto del año 60      |  |
|           | Lingue              | Se formó después del terremoto del 60 |  |
|           | Lingue              | Se formó después del terremoto del 60 |  |

## PROPUESTA PARA ESTE PROYECTO

Diferenciar principalmente por procesos hidrodinámicos:

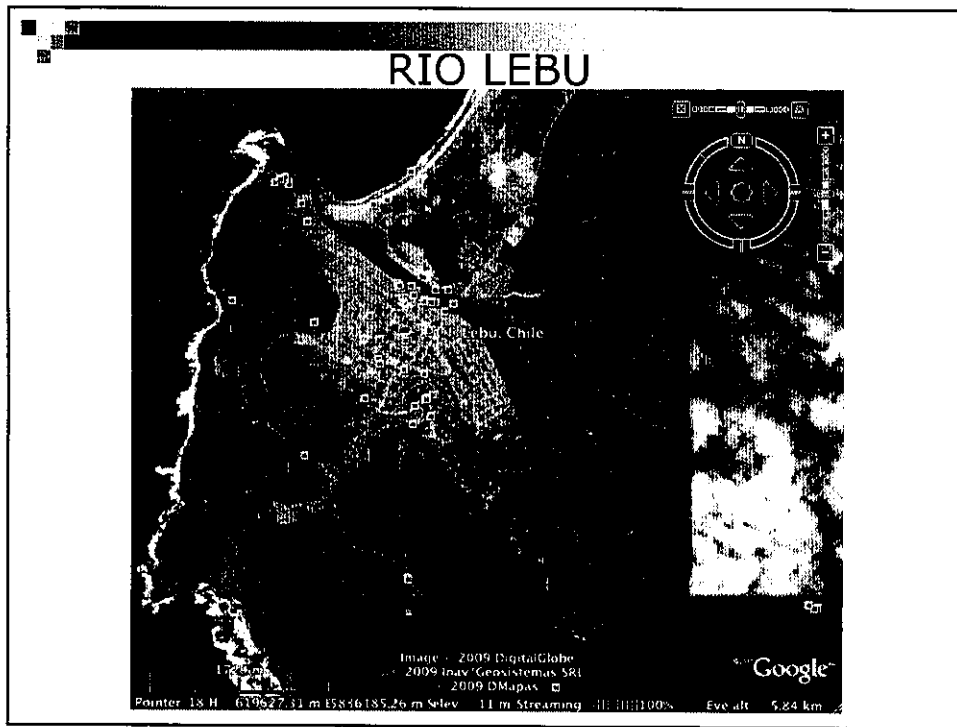
ESTRATIFICACION, PROCESOS DE MEZCLA,  
INTERCAMBIO DE MAREA; PRESENCIA DE BARRA

RIOS CON CUÑA O SIN CUÑA  
RIOS CON O SIN BARRA  
SISTEMAS GRANDES O PEQUEÑOS (FIORDOS O  
SISTEMAS COMPLEJOS V/S RIOS)

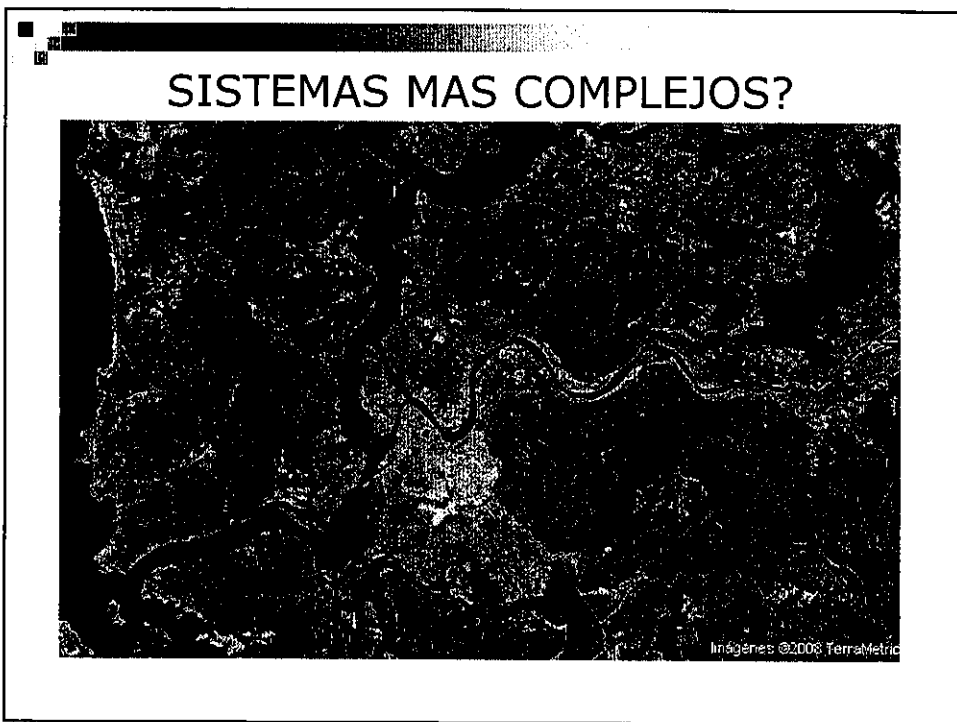
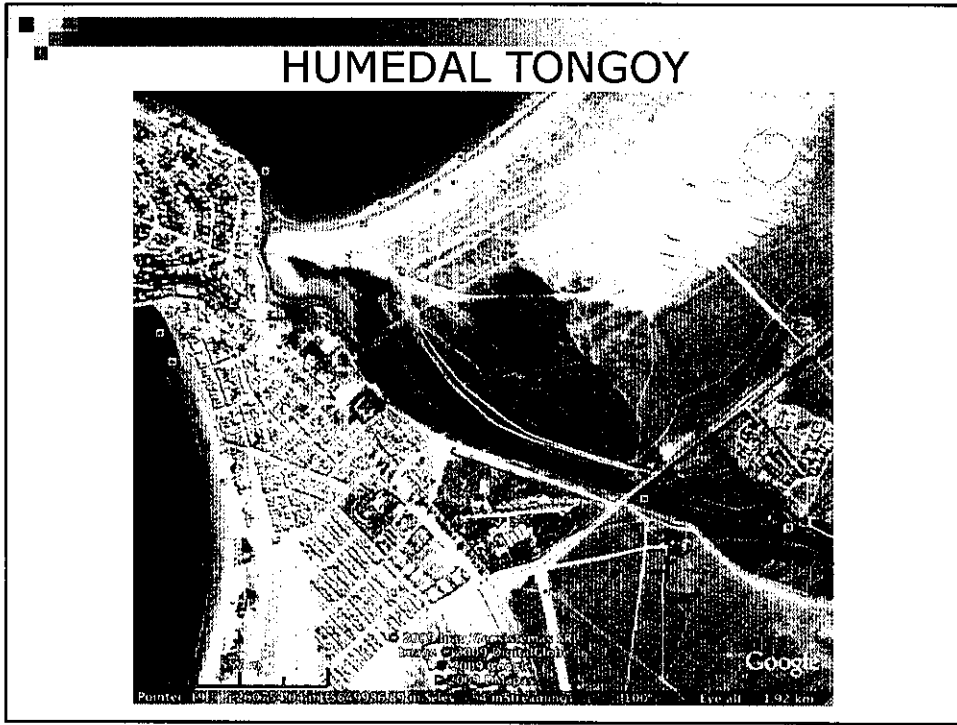
## SISTEMAS PROPUESTOS:

RIO LEBU  
RIO TOLTEN

HUMEDAL TONGOY



002715







## DESARROLLO DE METODOLOGIAS



## DEFINICION DE ZONA ESTUARIAL

### EFFECTO DE MAREA:

Variación de nivel o altura de escurrimiento

Variación de caudal

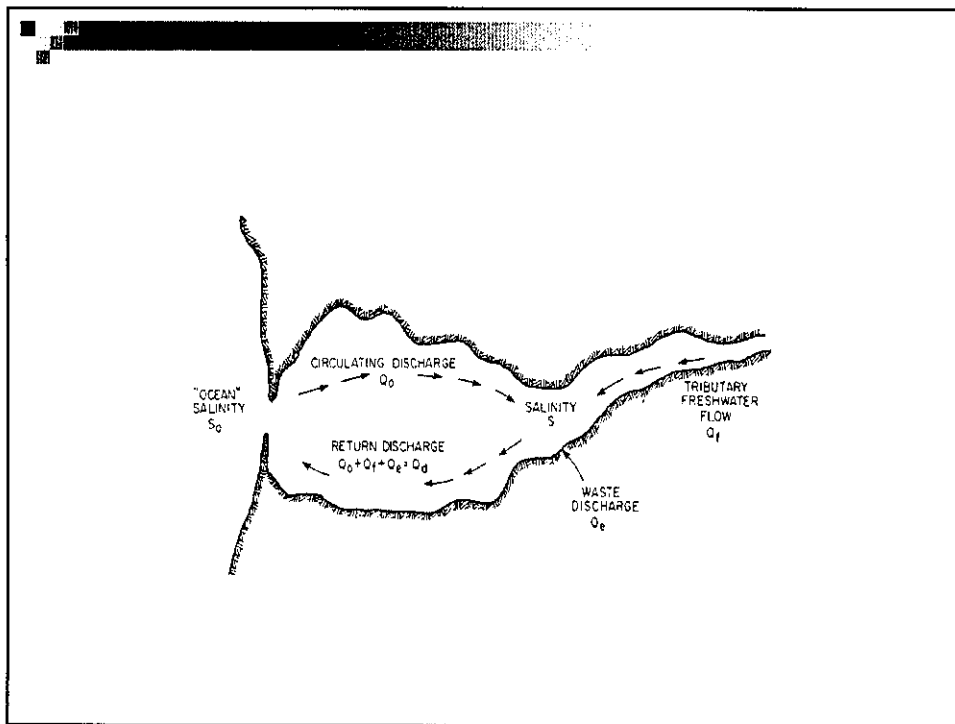
### INTRUSION SALINA:

Alcance cuña salina

Variación de salinidad

### INTERCAMBIO CON EL OCEANO

LONGITUD DE MEZCLA DEL RIO AFLUENTE



## DEFINICION DE CAUDAL DE DILUCION

DETERMINACION DE VOLUMEN DISPONIBLE PARA DILUIR APORTADO POR EL OCEANO

DISTINGUIR CASOS CON ESTRATIFICACION FUERTE DE LOS DEBILMENTE ESTRATIFICADOS

UTILIZAR MEDICIONES DE SALINIDAD PARA ESTIMAR LOS VOLUMENES DISPONIBLES (CAPACIDAD DE MEZCLA)

DETERMINACION DE TIEMPOS DE LAVADO

002715



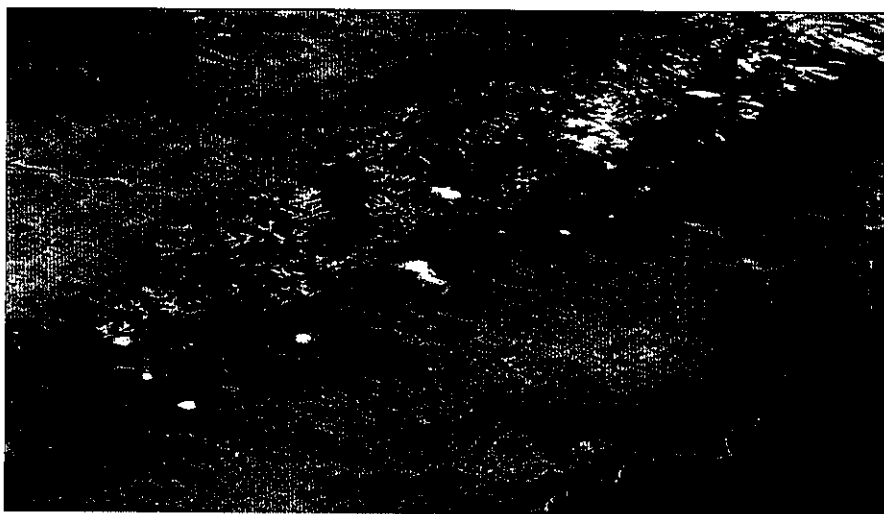
# SALMONICULTURA EN LOS LAGOS DEL SUR DE CHILE

## ECORREGIÓN VALDIVIANA (35°S - 48°S)


Paula Moreno  
Coordinadora Programa Acuicultura  
WWF Chile



### Área de estudio



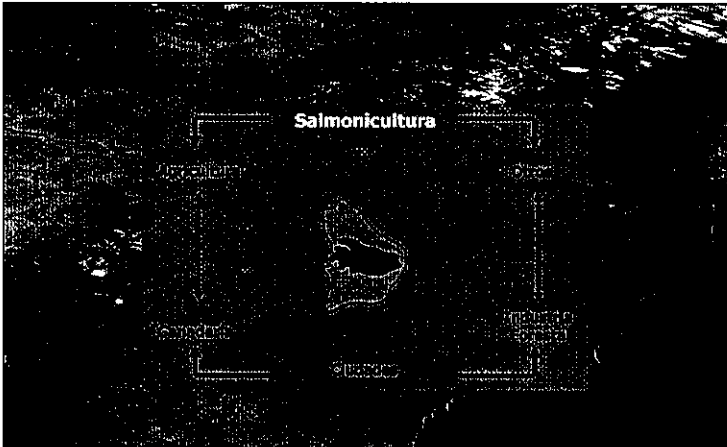
Cuencas lacustres de la Ecorregión Valdiviana en cuyos cuerpos de agua se realiza salmonicultura

 **Visión integral de los impactos a nivel de cuenca**


---


Intervenciones antrópicas

Variaciones medioambientales



Salmonicultura




 **Concesiones lacustres**

---

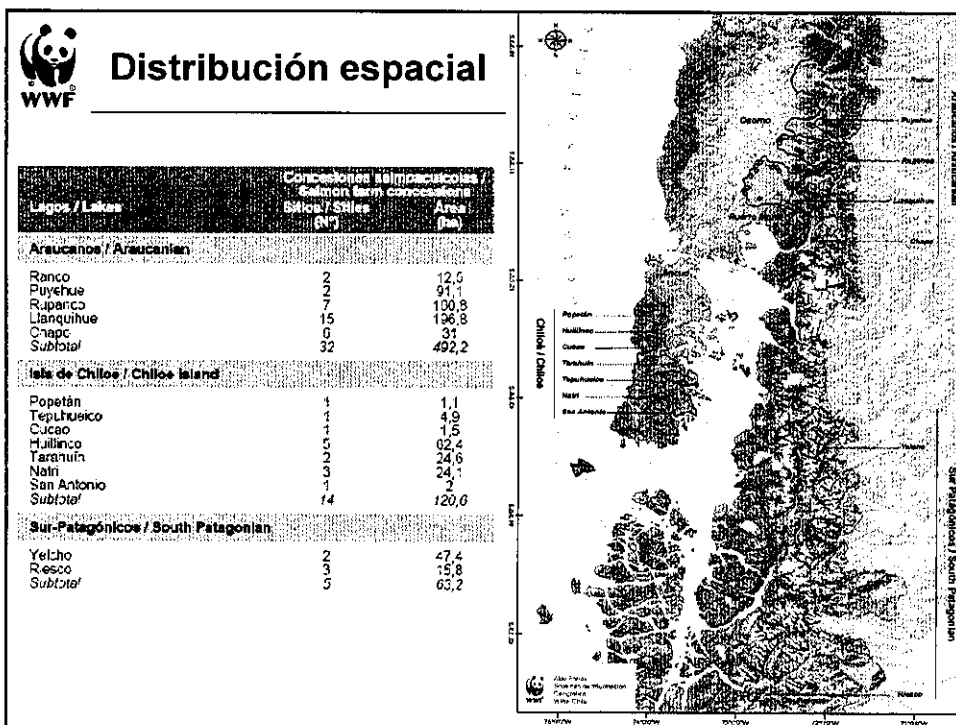
**1991 – 2007:**

- Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley 18.892)
- Reglamento de Acuicultura (D.S. 290/1993)
- Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) (Ley 19300; D.S. 95/2001)
- Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de RILes a Aguas Marinas y Continentales Superficiales (D.S. 90/2000)
- Reglamento Ambiental para la Acuicultura (D.S. 320/2001)

**No se declaran Áreas Apropriadadas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA)**



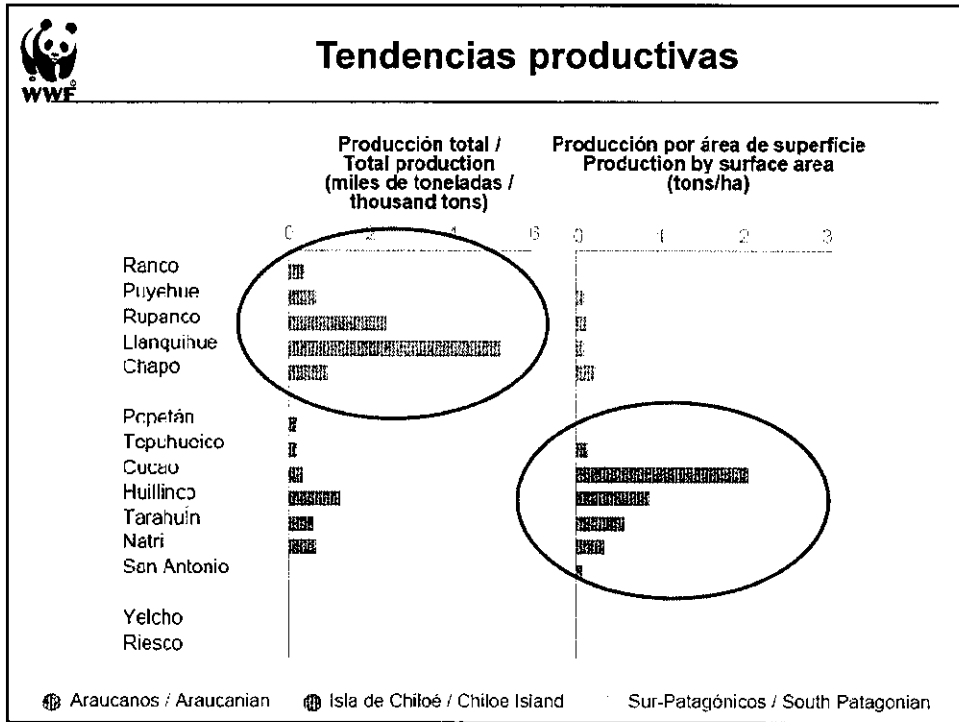
302711



**Características morfológicas y limnológicas**

| Lagos / Lakes                             | Espejo de agua / Surface Area (ha) | Cuenca de drenaje / Watershed Area (ha) | Ac / Ad | Profundidad media / Mean depth (m) | Tiempo renovación / Renewal time (años / years) |
|---|------------------------------------|---|---------|------------------------------------|---|
| <b>Araucanos / Araucanian</b>             |                                    |   |         |                                    |   |
| Ranco                                     | 44260                              | 399700                                  | 9       | 122,1                              | 5   |
| Puyehue                                   | 16500                              | 151000                                  | 9,2     | 76                                 | 3,4   |
| Rupanco                                   | 23600                              | 99400                                   | 4,2     | 162                                | 8,5   |
| Llanquihue                                | 87000                              | 160500                                  | 1,8     | 182                                | 70  |
| Chapco                                    | 4540                               | 31048                                   | 6,8     | 151                                | 5,5   |
| <b>Isla de Chiloé / Chiloé island</b>     |                                    |   |         |                                    |   |
| Popelán                                   | 160                                | 1328                                    | 8,3     | 8,1                                | 0,2   |
| Tepuhueico                                | 1430                               | 18210                                   | 12,7    | 9                                  | 0,2   |
| Cucao                                     | 1060                               | 3320                                    | 3,1     | 12                                 | 0,1   |
| Hullinco                                  | 1910                               | 52980                                   | 27,7    | 20,7                               | 0,2   |
| Tarahuiln                                 | 770                                | 3820                                    | 5       | 22,2                               | 2,7   |
| Natri                                     | 780                                | 4650                                    | 6       | 35                                 | 3,5   |
| San Antonio                               | 303                                | 2485                                    | 8,2     | 5,4                                | 0,4   |
| <b>Sur-Patagónicos / South Patagonian</b> |                                    |   |         |                                    |   |
| Yelcho                                    | 12000                              | 210127                                  | 17,5    | 135                                | 0,5   |
| Riesco                                    | 1470                               | 31538                                   | 21,5    | 66,5                               | 0,6   |

302718  
302718



**Tendencias productivas**

| Años / Year | Lago / Lake | Rio / River | Estuario / Estuary |
|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| 1998        | 58          | 12          | 21                 |
| 1999        | 75          | 19          | 33                 |
| 2000        | 102         | 24          | 39                 |
| 2001        | 91          | 25          | 61                 |
| 2002        | 85          | 26          | 67                 |
| 2003        | 96          | 32          | 167                |
| 2004        | 107         | 34          | 140                |
| 2005        | + 111       | + 49        | + 133              |

Millones de smolts

# Impactos Ambientales



## Biodiversidad y salmonicultura

Esta íctiofauna se caracteriza por presentar pequeños tamaños corporales y ser altamente sensibles a las alteraciones de su hábitat (*Arratia 1983, Vila et al. 1999, Habit 2005; Habit, 2006*)

Originalmente los ecosistemas dulceacuícolas y marino costeros de Chile no exhibían la presencia de especies salmonídeas (*Soto et al., 1997*)

En lagos y ríos de la Ecorregión Valdiviana se han descrito la presencia de 11 especies ícticas nativas y 7 exóticas, de las cuales 5 corresponden a salmonídeas (*Soto et al., 2006*)





## Biodiversidad y salmónica\*

---

La falta de información científica se constituye como uno de los principales problemas tanto para peces como protozoos, crustáceos e incluso mamíferos como la nutria de agua dulce o Huillín (*Habit et al., 2006; Sielfeld & Castilla, 1999; Villalobos, 2006; Woelfl, 2006*).

El 93% de especies ícticas nativas que ya han sido clasificadas como amenazadas o en estado de vulnerabilidad, ó al 40% que se encuentra en peligro de extinción (*OCDE & CEPAL, 2005; Habit., et al., 2006; Vila et al., 2006*)



## Salmonicultura, fuente puntual de nutrientes

---

El abastecimiento de nutrientes y su disponibilidad en la masa de agua es un factor que puede explicar las variaciones tróficas de un lago (*Schindler & Fee, 1974*).

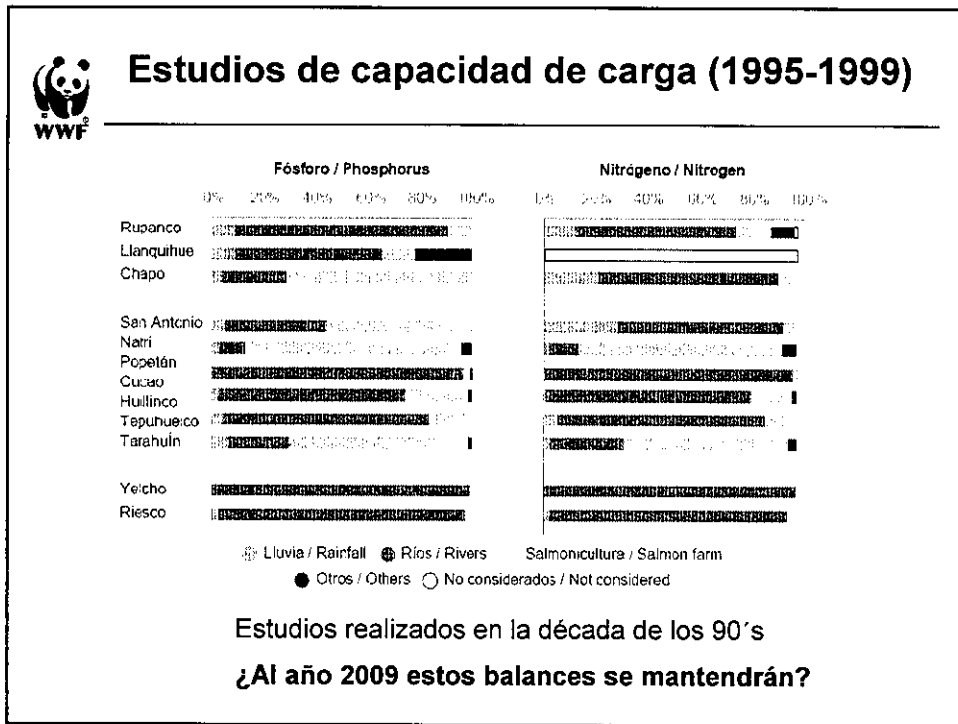
La salmonicultura, es la principal actividad productiva realizada directamente en los cuerpos de agua lacustres

Al conocer las características de sus zonas de cultivo, las tasas de conversión de sus peces y la cantidad de alimento proporcionado, es particularmente la única que tiene un impacto medible sobre la columna de agua y el fondo circundante a sus instalaciones (*Soto & Norambuena, 2004*)






002721



**Estudios de capacidad de carga (1995-1999)**



| Lagoes / Lakes                            | Producción / Production (tonnes/year) | Capacidad de carga / Carrying capacity (mg nitrogen) |                   | Recomendación / Recommendation        |
|---|---------------------------------------|--|-------------------|---------------------------------------|
|   |                                       | Critica / Critical                                   | Medida / Measured |                                       |
| <b>Araucanos / Araucanian</b>             |                                       |  |                   |                                       |
| Ranco                                     | 307,9                                 | -  | -                 | -                                     |
| Puyehue                                   | 387,3                                 | -  | -                 | -                                     |
| Rupanco                                   | 2268,4                                | 784,3  | 742,4             | No incrementar / No increase          |
| Llanquihue                                | 3996,3                                | 241,7  | 142,87            | Sin recomendación / No recommendation |
| Chapo                                     | 732,5                                 | 1241   | 659               | < 315 ton/efo/year*                   |
| <b>Isla de Chiloe / Chiloe Island</b>     |                                       |  |                   |                                       |
| Popelán                                   | 124,2                                 | 320  | 4995              | No incrementar / No increase          |
| Cucao                                     | 150,2                                 | 1103,4   | 3427,9            | No incrementar / No increase          |
| Tepuhueico                                | 193,7                                 | 407,8  | 1216,9            | No incrementar / No increase          |
| Hullinco                                  | 950,3                                 | 924,3  | 4249              | No incrementar / No increase          |
| Tarahuin                                  | 506,9                                 | 268  | 857,7             | No incrementar / No increase          |
| Natri                                     | 498,3                                 | 280,6  | 863               | No incrementar / No increase          |
| San Antonio                               | 23,9                                  | 149  | 293               | No incrementar / No increase          |
| <b>Sur-Patagónicos / South Patagonian</b> |                                       |  |                   |                                       |
| Yelcho                                    | 82,1                                  | 2719   | 2722              | No incrementar / No increase          |
| Riesco                                    | 28,8                                  | 15541,5  | 1159,5            | Sin recomendación / No recommendation |

\* No estudiados / Not evaluated




### Estudios de capacidad de carga (1995-1999)

| Lagos                  | Recomendación  | Aporte (P, %)<br>Salmonicultura | Millones de smolts |      |      |
|------------------------|----------------|---------------------------------|--------------------|------|------|
|                        |                |                                 | 1998               | 2003 | 2005 |
| <b>Araucanos</b>       |                |                                 |                    |      |      |
| Rupanco                | No incrementar | 10                              | 10,8               | 18,1 | 23,0 |
| <b>Isla de Chiloé</b>  |                |                                 |                    |      |      |
| Popetán                | No incrementar | 98                              | 0,8                | 1,3  | 1,7  |
| Cucao                  | No incrementar | 3                               | 2,2                | 0,0  | 0,0  |
| Huillinco              | No incrementar | 25                              | 11,4               | 6,9  | 4,7  |
| Tepuhueico             | No incrementar | 17                              | 0,7                | 3,3  | 2,0  |
| Tarahuin               | No incrementar | 69                              | 1,0                | 4,1  | 4,0  |
| Natri                  | No incrementar | 83                              | 1,6                | 14,1 | 11,0 |
| <b>Sur-Patagónicos</b> |                |                                 |                    |      |      |
| Yelcho                 | No incrementar | 1                               | 0,5                | 0,9  | 0,0  |

### Conclusiones del estudio

- El actual uso de los lagos chilenos constituye un pasivo ambiental para las empresas salmoneras
- Los impactos ambientales de este sector productivo pasarán a ser, cada vez más, una preocupación de los mercados mundiales
- No se debe trasladar la producción de smolts desde los lagos a otros ecosistemas acuáticos cuya respuesta a su impacto es pobremente conocida
- Es posible evitar los actuales impactos medioambientales sin mermar la actual producción de smolts



## Salmonicultura y DS 90



### Situación actual

La contaminación orgánica de los lagos, ríos y aguas marinas no esta siendo controlada efectivamente.

La aplicación del DS 90 a las pisciculturas de flujo abierto se hace cargo sólo de la concentración de P y N pero no de la carga total, ya que estas instalaciones ocupan grandes volúmenes de agua.

¿Qué sucede con los productos químicos usados para el control de enfermedades?

No se aplica el DS 90 a cultivos en balsas jaulas por la definición de efluente.



302724



## ¿Es posible aplicar la norma de emisión a la salmonicultura?

- Centro de cultivo como fuente emisora
- Se requiere una interpretación apropiada de lo que la LBMA define como efluente.
- El enriquecimiento orgánico de los ríos, lagos y costas generadas por la salmonicultura (fecas y alimento no consumido) **es un hecho**, hay que centrarse en cuál es el objetivo ambiental de la norma:

**“prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales”**



[www.panda.org](http://www.panda.org)

[www.wwf.cl](http://www.wwf.cl)



GOBIERNO DE CHILE  
CONAMA

## **Criterios a considerar para la aplicación de posibles descargas en estuarios**

### **Criterios físicos**

- **Morfología**
  - Caudal
  - Ancho
  - Delta
- **Hidrodinámica (influencia marina/cuña salina)**
- **Geográfico o localización (Chiloé al norte o sur)**



## **Criterios ecológicos**

- Conectividad de hábitat
- Áreas de reproducción o alimentación
- Presencia de especies amenazadas, clave y migratorias
- Presencia de áreas protegidas
- Oportunidades de restauración
- Nivel de complejidad del ecosistema y/o resiliencia



## **Criterios socioeconómicos**

- Usos del suelo
- Presencia y cercanía de asentamientos humanos
- Instrumentos de planificación
- Involucramiento local/capacidades
- Oportunidades de monitoreo y GAL



## Referencias

- Criteria for Identifying and Prioritizing Habitat Protection and Restoration Projects on the Lower Columbia River and Estuary. Lower Columbia River Estuary Partnership en: <http://www.lcrep.org/pdfs/Criteria%202006.pdf>
- The New Hampshire Estuaries Project Technical Advisory Committee  
<http://www.nhep.unh.edu/programs/nutrient.htm>
- Water quality criteria for marine and estuarine waters of Western Australia  
[http://www.epa.wa.gov.au/docs/2676\\_bulletin103.pdf](http://www.epa.wa.gov.au/docs/2676_bulletin103.pdf)
- Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure (1993), DM Dauer. Marine Pollution Bulletin, Vol. 26, No. 5. pp. 249-257.





GOBIERNO DE CHILE  
CONAMA

## **Criterios a considerar para la aplicación de posibles descargas en estuarios**

### **Criterios físicos**

- **Morfología**
  - Caudal
  - Ancho
  - Delta
- **Hidrodinámica (influencia marina/cuña salina)**
- **Geográfico o localización (Chiloé al norte o sur)**





## **Criterios ecológicos**

- Conectividad de hábitat
- Áreas de reproducción o alimentación
- Presencia de especies amenazadas, clave y migratorias
- Presencia de áreas protegidas
- Oportunidades de restauración
- Nivel de complejidad del ecosistema y/o resiliencia



## **Criterios socioeconómicos**

- Usos del suelo
- Presencia y cercanía de asentamientos humanos
- Instrumentos de planificación
- Involucramiento local/capacidades
- Oportunidades de monitoreo y GAL



## Referencias

- Criteria for Identifying and Prioritizing Habitat Protection and Restoration Projects on the Lower Columbia River and Estuary. Lower Columbia River Estuary Partnership en: <http://www.lcrep.org/pdfs/Criteria%202006.pdf>
- The New Hampshire Estuaries Project Technical Advisory Committee  
<http://www.nhep.unh.edu/programs/nutrient.htm>
- Water quality criteria for marine and estuarine waters of Western Australia  
[http://www.epa.wa.gov.au/docs/2676\\_bulletin103.pdf](http://www.epa.wa.gov.au/docs/2676_bulletin103.pdf)
- Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure (1993), DM Dauer. Marine Pollution Bulletin, Vol. 26, No. 5. pp. 249-257.





GOBIERNO DE CHILE

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN EJECUTIVA  
DEPTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
ÁREA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA

LISTA DE ASISTENCIA: REUNIÓN EXTRAORDINARIA COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS90.

Fecha: MARTES 07 ABRIL 2009




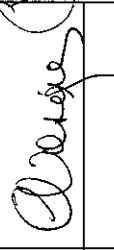
Hora inicio: 10:30 hrs

Lugar: CONAMA, PISO 4

Hora Fin: 13:00 hrs

| N° | Nombre              | Institución | Teléfono/Fax            | e. mail                     | Firma |
|----|---------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|-------|
| 1  | RICHARDO SERRANO    | CONAMA      | 2411825                 | rserrano@conama.cl          |       |
| 2  | Carmen Rucelè       | Conome      | 2405679                 | cruceirel@conome.cl         |       |
| 3  | Galvín Zamorano     | SISS        | 3824194                 | gzamorano@sis.cl            |       |
| 4  | Verónica Vergara S. | SISS        | 3824122                 | Vergara@sis.cl              |       |
| 5  | Aldo Tamburriño     | U. Chile    | 696 8448<br>Ex 689 4171 | atamburr@ing.uchile.cl      |       |
| 6  | Fernando Aguirre Z. | MAA         | 4493750                 | fernando.aguirre@mop.gov.cl |       |
| 7  | Yarko Niño          | U. Chile    | 978 4400                | ynino@ing.uchile.cl         |       |
| 8  | Paule Moreno        | NWF         | 63-244590               | paua.moreno@wnf.cl          |       |
| 9  | Allyoubra Figueroa  | CONAMA      | 2405654                 | afigueroa@conama.cl         |       |

2009

| N° | Nombre           | Institución | Teléfono/Fax | e. mail              | Firma   |
|----|------------------|-------------|--------------|----------------------|---|
| 10 | Pedro Lirios     | DINSAJ      | 5740400      | peiriveros@insal.cl  |  |
| 11 | Rosana Brantes   | Cochilco    | 3828251      | rbrantes@cochilco.cl |  |
| 12 | Carolina Gómez A | CNE         | 3656876      | cgomez@cne.cl        |  |
| 13 | CAMILA VÁSQUEZ   | CNE         | 3656839      | CVASQUEZ@CNE.CL      |  |
| 14 |                  |             |              |                      |   |
| 15 |                  |             |              |                      |   |
| 16 |                  |             |              |                      |   |
| 17 |                  |             |              |                      |   |
| 18 |                  |             |              |                      |   |
| 19 |                  |             |              |                      |   |
| 20 |                  |             |              |                      |   |

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : RECURSOS NATIRALES- CONAMA- Alejandra Figueroa  
e-mail : [afigueroa@conama.cl](mailto:afigueroa@conama.cl)  
Fecha : Jueves, 09 de abril 2009  
Hora : 15:55 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| N° | DOCUMENTO  |
|----|--|
| 1  | Article in Press “Beach tar accumulation, transport mechanism, and sources of variability al Coal Oil Point, California”- ScienceDirect.<br>Bernardo R. Broitman; otros.           |
| 2  | “Recruitment of intertidal invertebrates in the southeast Pacific: Interannual variability and the 1997- 1998. El Niño”. Sergio A. Navarrete, Bernardo R. Broitman; otros.         |
| 3  | “Scales of benthic-pelagic coupling and the intensity of species interactions: From recruitment limitation to top-down control”. Sergio A. Navarrete, Bernardo R. Broitman; otros. |
| 4  | “Predator- Prey interactions under climate change: the importance of habitat vs body temperature”. Bernardo R. Broitman y otros.   |
| 5  | “Mosaic patterns of thermal stress in the rocky intertidal zone: Implications for climate change”. Brian Helmuth; Bernardo R. Broitman y otros                                     |



## Beach tar accumulation, transport mechanisms, and sources of variability at Coal Oil Point, California

Tonya S. Del Sontro<sup>a,\*</sup>, Ira Leifer<sup>a</sup>, Bruce P. Luyendyk<sup>b</sup>, Bernardo R. Broitman<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA

<sup>b</sup> Department of Earth Sciences, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA

<sup>c</sup> National Center for Ecological Analysis and Synthesis, University of California, Santa Barbara, CA 93101, USA

### Abstract

A new field method for tar quantification was used at Coal Oil Point (COP), California to study the mechanisms transporting oil/tar from the nearby COP natural marine hydrocarbon seep field. This method segregates tar pieces into six size classes and assigns them an average mass based on laboratory or direct field measurements. Tar accumulation on the 19,927 m<sup>2</sup> survey area was well resolved spatially by recording tar mass along twelve transects segmented into 4-m<sup>2</sup> blocks and then integrating over the survey area. A seasonal trend was apparent in total tar in which summer accumulations were an order of magnitude higher than winter accumulations. Based on multiple regression analyses between environmental data and tar accumulation, 34% of tar variability is explained by a combination of onshore advection via wind and low swell height inhibiting slick dispersion.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Santa Barbara Channel; Tar; Seeps; Oil slick; Oil advection

### 1. Introduction

Most concern regarding oil pollution is focused on anthropogenic sources – i.e., oil extraction, transportation, and consumption. However, more than 60% of oil in North American waters and 45% globally come from natural marine hydrocarbon seeps (NRC, 2003). Marine seepage is hydrocarbon (gaseous and/or liquid phase) leakage from subsurface strata into the water column (Hunt, 1996). Among the most visible manifestations of marine oil in the environment is the formation and beach stranding of tar, which is the physically and chemically weathered remnant of an oil slick. Coastal tar accumulation is common on many California beaches due to chronic oil emissions from natural oil seeps in the petroliferous region (Mertz, 1959; Hartman and Hammond, 1981; Leifer et al.,

2006a). Hydrocarbon seeps exist off the coast of California from Santa Monica Bay through the Santa Barbara Channel to Point Conception and in Monterey Bay (Fischer, 1977; Henyey et al., 1977; Lorenson et al., 2002). Despite relevance to the quality of coastal life and its environmental impact, few beach studies regarding tar accumulation from natural seeps have been published.

Previous research has quantified beach tar accumulation as a result of an oil spill or beach stranding of pelagic tar (Ilfie and Knap, 1979; Romero et al., 1981; Golik, 1982; Richardson et al., 1987; Asuquo, 1991; Corbin et al., 1993; Sen Gupta et al., 1993; Gabche et al., 1998; Owens et al., 2002). Although some of these studies had high temporal resolution, spatial resolutions generally were very low and inconsistent. Most studies surveyed a few narrow transects at various beaches over a large stretch of coast or a single line parallel to shore, while others surveyed random transects, potentially introducing bias. Some beach tar studies were conducted following an oil spill and thus, only lasted the duration of high tar/oil stranding. Other studies were conducted in coastal areas or on islands in proximity

\* Corresponding author. Present address: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Seestrasse 79, CH-6047 Kastanienbaum, Switzerland. Tel.: +41 41 349 2151; fax: +41 425 930 1902.

E-mail address: [tdelsontro@gmail.com](mailto:tdelsontro@gmail.com) (T.S. Del Sontro).

to shipping lanes or ports and recorded relatively low pelagic tar accumulations.

The majority of these studies used similar observational methods, such as recording random tar piece diameters and weight or estimating percent oil/tar cover in an area (Owens et al., 2002). The shoreline cleanup assessment team (SCAT) procedure was developed in order to standardize tar surveys for cleanup agencies (Owens, 1999). This method involves surveying along random transects parallel to shore and averaging the number and size of tar pieces on transects. SCAT procedures provide useful information regarding coastal tar accumulation for the purposes of cleanup, but they do not systematically quantify beach tar with high spatial resolution for the purposes of understanding processes leading to tar accumulation.

Few field studies have addressed the processes by which marine oil reaches the coast. Iliffe and Knap (1979), Shannon et al. (1983), Otero et al. (1987), and Corbin et al. (1993) suggested that much of the variability in the spatial tar distribution was due to the beach location and orientation relative to dominant current and wind patterns. Another potentially important source of variability was the presence and location of shipping lanes. Oil slick models, which largely are based on laboratory results, incorporate many of the physical, chemical, and biological transport and weathering processes that act upon oil at sea (Reed et al., 1999). In general, currents, wind, and waves or swell are the dominant processes in long distance oil slick advection or transport, particularly offshore. Other processes are important in coastal zones, but generally are not incorporated in oil slick models. For example, wave breaking in the surf zone and wave-induced alongshore currents affect shoreline stranding (Reed et al., 1999). Also, tides may be important – Hartman and Hammond (1981) observed that beach tar had a residence time of 1–2 tidal cycles; thus, tides can directly affect measurements of tar mass and estimates of beach tar flux.

This paper describes a new and robust sampling protocol for quantifying beach tar accumulation. We used this method to systematically measure tar accumulation throughout 2005 at Coal Oil Point (COP), California, which is adjacent to one of the largest natural marine hydrocarbon seep fields in the world (Hornafius et al., 1999). The resulting tar accumulation time series was analyzed with respect to environmental parameters that could potentially influence beach tar accumulation. Analysis allowed better understanding of the causes of variability in tar accumulation and identified some of the important processes controlling oil transport in nearby coastal waters to the study site.

### 1.1. Study area

The study area, COP beach, has the most heavily concentrated tar accumulation along the United States west coast (Mertz, 1959). COP is a south-facing point in the Santa Barbara Channel (SBC) adjacent to the COP seep

field (Fig. 1). Oil and gas escape to the ocean from the Miocene Monterey Formation reservoir underlying the SBC. The COP seep field is one of the most prolific (Landes, 1973) and extensively studied marine seepage areas in the world. Studies over the past few decades provide much insight into the temporal and spatial variations in seepage distribution and flux (Allen et al., 1970; Fischer and Stevenson, 1973; Hornafius et al., 1999; Quigley et al., 1999; Leifer and Boles, 2005, 2004; Washburn et al., 2005; Leifer et al., 2006b). The current consensus is a range of  $1\text{--}2 \times 10^5 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ dy}^{-1}$  from the COP seep field (Hornafius et al., 1999). Oil emissions were estimated at a minimum of 100 barrels  $\text{day}^{-1}$ , (Clester et al., 1996; Hornafius et al., 1999), although significant variability exists on a range of time scales.

A few studies have geochemically characterized California beach tar in an effort to identify sources (Hartman and Hammond, 1981; Kvenvolden et al., 2000; Hostettler et al., 2004). Hartman and Hammond (1981) distinguished between various natural seep oil sources of beach tar using carbon and sulfur isotopes and estimated that 55% of Santa Monica beach tar was from the COP seep field, over 250 km to the west. Tar primarily accumulated during the spring, summer, and autumn months. They proposed that during spring and summer COP seep oil exits the SBC to the west and is transported south and east towards Santa Monica Bay by the southerly California Current. They proposed that during winter months the northerly Davidson Current surfaces at the western boundary of the SBC and transports COP seep oil north. Leifer et al. (2006a) looked at physical advection and chemical evolution of oil slicks within the seep field, but did not investigate transport to beaches. In fact, no published studies have identified the transport mechanisms by which COP seep oil/tar reaches

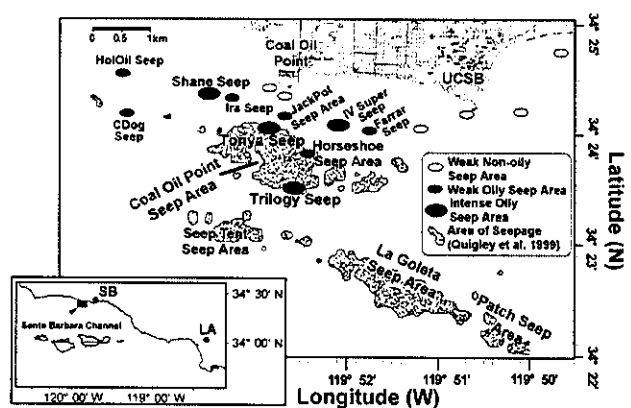


Fig. 1. Overview of the Coal Oil Point seep field, near University of California, Santa Barbara (USCB). Gray regions are areas of high bubble density as detected by sonar returns (Quigley et al., 1999). Informally named oily seeps are noted. Length scales and key on figure. “Weak” and “Intense” are qualitative descriptors for flux. Markers represent seepage areas containing multiple vents, not single vents. Inset shows southern California with study area indicated by small box in the Santa Barbara Channel. SB is Santa Barbara and LA is Los Angeles.

the shore and that influence its spatial or temporal distribution.

Unlike beach tar accumulation studies associated with oil spills or on beaches near heavy ship traffic, which generally have a transient source, natural seepage is a long-term chronic oil spill, albeit with variability in emissions on time scales from tidal (Leifer and Wilson, 2007) to decadal (Boles et al., 2001). Very few studies have investigated seep-related beach tar accumulation, although NOAA – the National Oceanic and Atmospheric Administration – listed this type of research as number one priority in regards to long-term oil weathering research (Mearns and Simecek-Beatty, 2003). A 2-year long tar survey of Santa Barbara County beaches (including COP) found that COP regularly accumulated more tar than any other studied beach by several orders of magnitude. They determined that all tar pieces collected were from the Monterey Formation oil and that concentrations were highest during summer and autumn months (Lorenson et al., 2004).

## 2. Methods

The experimental approach involved counting tar pieces in six size classes,  $S(1-6)$ , along a series of north-south transect lines,  $X_1-X_{12}$ , perpendicular to the bluffs (Fig. 2). Transect lines were evenly spaced 20-m apart at the bluff with  $X_6$  centered on the point and covered a total area of 19,927 m<sup>2</sup>. Tar pieces were counted in 2-m square quadrats (4-m<sup>2</sup> area blocks) along each transect line, extending from the bluff,  $Y_0$ , to the water line  $Y_n$ . To ensure repeatability of the location of transect lines, rebar was hammered into the sand at the base of the bluffs. The rebar defined  $Y_0$ , the top of each transect.

Tar mass was calculated from the tar counts using a functional relationship between tar size and mass. Counted tar mass was integrated over the survey area to yield total accumulated tar mass,  $M$ , which accounted for the irregular grid shape. In order to understand how environmental

factors modify beach tar accumulation, the time series of total tar mass throughout the study,  $M(t)$  where  $t$  is time, was related to oceanographic and meteorological parameters, including swell, currents, wind, and sea temperatures.

### 2.1. Tar quantification

Beach tar size classes were based on their surface area, specifically the approximate diameter of the longest surface dimension (Table 1; Fig. 2a). Typically, the surface cross-sections of tar pieces were circular to elliptical, allowing size classification within a set range of diameters.  $S(1-5)$  had defined surface areas, while  $S(6)$  was a catch-all class for tar pieces larger than  $S(5)$ .

To convert tar size counts into tar size mass,  $m_s$ , 100 representative tar pieces for  $S(1-4)$  were collected and the mass of each was measured. Each tar piece was collected on aluminum foil and weighed on a digital scale. Then, each tar piece was dissolved through filter paper with dichloromethane leaving sand grains and other debris, which had been aggregated into the tar, stranded on the filter paper. The sand and debris were placed back on the original aluminum foil, weighed, and subtracted from the initial mass measurement. The average tar mass for  $S(1-4)$ ,  $\langle m_{1-4} \rangle$ , allowed calculation of total tar mass observed for those size classes (Table 1).

$S(5)$  and  $S(6)$  were treated differently. In the field, the three dimensions of each tar piece were recorded (length, width, and thickness) and the tar mass calculated based on a box volume model of tar shape and an assumed tar density,  $\rho_t$ , of 1.00 g cm<sup>-3</sup>. Beach tar densities must be within a narrow range, between that of COP seep oil (0.9861–0.9953 g cm<sup>-3</sup>; Jokuty et al., 1999) and seawater (1.025 g cm<sup>-3</sup>), else the asphalt would sink and thus not float to the beach. As a result, actual tar densities should be within 1–2% of 1.00 g cm<sup>-3</sup>, which was far less than the typical observed variability in  $M(t)$ . The average mass for  $S(5)$  was calculated from the mass of all  $S(5)$  tar pieces observed in the field (Table 1). The average mass of  $S(6)$

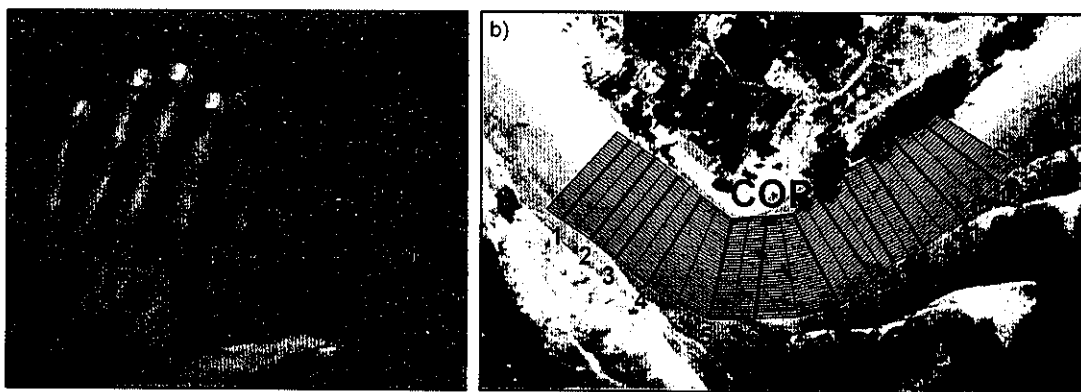


Fig. 2. (a) Tar balls were segregated into six size classes and counted along (b) twelve transects around Coal Oil Point (COP). Thick lines perpendicular to shore are transect centers ( $X_{1-12}$ ). These lines parallel to those are transecting boundaries. Thin lines parallel to shore are the boundaries of transect segments (34 segments for each transect.  $Y_{1-34}$ ).



Table 1  
Properties of tar ball size classes

| Size class | <i>D</i> (cm) | $\langle m_s \rangle$ (g) | $\langle h \rangle$ (cm) | $\langle r \rangle$ (cm) | $\langle k \rangle$ (cm) | Count (%) | Mass (%) |
|------------|---------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|----------|
| S(1)       | 0.25          | 0.006 ± 0.004             | 0.122                    | 0.125                    | 0.182                    | 53.38     | 4.27     |
| S(2)       | 0.50          | 0.022 ± 0.011             | 0.112                    | 0.250                    | 0.280                    | 33.23     | 9.75     |
| S(3)       | 1.00          | 0.073 ± 0.037             | 0.093                    | 0.500                    | 0.418                    | 9.60      | 9.35     |
| S(4)       | 2.00          | 0.169 ± 0.096             | 0.054                    | 1.000                    | 0.553                    | 3.05      | 6.87     |
| S(5)       | 3.00          | 5.960 ± 7.444             | 0.405                    | 1.500                    | 1.327                    | 0.54      | 21.31    |
| S(6)       | >4.00         | 25.82 ± 50.96             | 0.533                    | >2.00                    | 2.220                    | 0.21      | 48.45    |

S: size class; *D*: the approximate diameter;  $m_s$ : tar ball mass per size class; *h*: thickness; *r*: radius; *k*: characteristic length;  $\langle \rangle$  denotes average.

was calculated in the same manner as *S*(5), but is not a meaningful value because *S*(6) does not have a defined size range.

Prior to 11 April 2005, data were collected only for transects  $X_{1-10}$ . A consistent peak in mass was noted at the eastern edge of the study area,  $X_{10}$ . Consequently, two eastern transects,  $X_{11,12}$ , were added to the study area to resolve the observed peak. The study area size was chosen to allow survey completion in less than half a tidal cycle (~3 h). For surveys prior to 11 April 2005, tar counts for transects  $X_{11,12}$  were extrapolated based on the ratio of tar counts for those transects to the other 10 transects on surveys subsequent to 11 April 2005. Extrapolation allowed comparison of data before and after addition of the two transects.

2.2. Survey area integration

In order to calculate *M*, total tar mass throughout the study area, we integrated tar mass in each quadrat over the full survey area, accounting for the irregular geometry around Coal Oil Point. The conversion from a Cartesian coordinate system (*X* is transect, *Y* is quadrat) to a geographical map was based on the Global Positioning System (GPS) locations of the bluff and waterline ends of each transect line (Fig. 2b). Each transect extended 68 m from the bluff to the defined waterline. Data for each transect was considered representative of the beach spanning half-way between the two adjacent transects. Each transect was subdivided into 2-m segments along the *Y*-axis forming

34 segments,  $Y_1 - Y_{34}$ . The width of each segment was the average of the distance to each adjacent transect. The area of each segment was calculated in square decimal-minute from half the determinant of the two triangles that form the rectangular segments and then converted into meter-squared using the meter distance between a minute latitude and minute longitude at 34°N, 119°W.

2.3. Environmental forcing analysis

To identify transport processes related to variations in tar accumulation, several environmental data were acquired for the study period (see Table 2). Parameters hypothesized as potential environmental forcing factors were analyzed individually by comparing their temporal trends with that of *M*(*t*) and calculating Pearson correlation coefficients (Sokal and Rohlf, 1995). These factors included the east-west component and north-south component of surface currents (as measured by CODAR – Coastal Ocean Dynamics Application Radar) and winds, significant swell height and direction, sea bottom (SBT) and sea surface temperatures (SST).

To examine patterns of association over a range of temporal scales, we also conducted cross-correlations by lagging the environmental records every 2 h and up to 24 h prior to the survey time. Lagged correlations were performed on raw environmental data as preliminary analyses showed a lack of correlation between tar accumulation and data filtered over 12, 18, and 24 h with inconclusive results for 6-hour filtered data. A Bonferroni correction (Sokal

Table 2  
Environmental data sources

| Factor    | Source  | Location (34°, 119°) | Dist. (km) | Direction | Sampling time (min) |
|-----------|---|----------------------|------------|-----------|---------------------|
| Wind      | SBCAPCD<br>( <a href="http://www.sbcapcd.org/Default.htm">http://www.sbcapcd.org/Default.htm</a> )      | 24°55'N, 52°43'W     | 0.9        | NW        | 5                   |
| Swell/SST | CDIP (Buoy #107)<br>( <a href="http://cdip.ucsd.edu/">http://cdip.ucsd.edu/</a> )                       | 20°6'N, 8°12'W       | 10         | SE        | 30                  |
| SBT       | SB LTER Naples ADCP (16 m)<br>( <a href="http://sbc.lternet.edu/">http://sbc.lternet.edu/</a> )         | 25°25'N, 57°1'W      | 7          | W         | 20                  |
| Currents  | UCSB IOG (CODAR)<br>( <a href="http://www.oceancurrentmaps.net/">http://www.oceancurrentmaps.net/</a> ) | 23°45'N, 53°14'W     | 1.5        | SSW       | 60                  |

SBCAPCD: Santa Barbara county air pollution control district; SST: sea surface temperature; CDIP: coastal data information program; SBT: sea bottom temperature; SB LTER: Santa Barbara long term ecological research; UCSB: University California, Santa Barbara; IOG: interdisciplinary oceanography group; CODAR: coastal ocean dynamic application radar; Dist: distance from Coal Oil Point; Direction: from Coal Oil Point.

Please cite this article in press as: Del Sontro, T.S. et al., Beach tar accumulation, transport mechanisms, and sources, Mar. Pollut. Bull. (2007), doi:10.1016/j.marpolbul.2007.04.022

and Rohlf, 1995) was used to adjust the significance level ( $\alpha = 0.05$ ) in multiple comparisons. Finally, we combined the observed maximal lagged correlations between individual environmental variables and tar mass in a multiple linear regression model in order to propose a mechanistic model of environmental forcing of tar to COP. Correlation and regression analyses were performed on  $\log(M(t))$ .

### 3. Results

#### 3.1. Tar size characteristics and distribution

The average mass,  $\langle m_s \rangle$ , and variability in  $\langle m_s \rangle$  increased with tar size (Table 1). Because tar size segregation used only surface area, tar thickness,  $h$ , was a derived parameter. For  $S(1-4)$ ,  $h$  was estimated using the volume,  $V$ , equation of an ideal cylinder ( $V = f\pi r^2 h$ ), where  $f$  is the fraction to which the surface area is equivalent and  $r$  is radius. In this case,

$$h = V/f\pi r^2 = m/\rho_f \pi r^2, \quad (1)$$

where  $m = \langle m_s \rangle$  when  $\rho_t = 1.00 \text{ g cm}^{-3}$ . A comparison of  $h$  to  $r$  shows that as tar pieces increase in surface area, they become thinner (Table 1). This method of determining  $h$  was unnecessary for  $S(5)$  and  $S(6)$  where  $h$  was directly measured. An average  $h$  was computed from the individual  $S(5)$  and  $S(6)$  thickness measurements and are significantly higher than  $h$  for  $S(1-4)$  (Table 1).

A characteristic length,  $k$ , also was calculated for the size classes, where  $k$  is defined as  $V^{1/3}$  and  $V = \langle m_s \rangle / \rho_t$ .  $k$  is the dimension for an idealized cubic tar piece and provides a single dimension for each size class. Mean  $k$  for  $S(5)$  and  $S(6)$  was calculated from individual values of  $k$  based on the measured tar piece dimensions. A linear fit of  $k$  to  $r$  showed that tar thickness did not increase in proportion with surface area ( $k = 1.0221r - 0.0856$ ,  $r^2 = 0.9169$ ) – i.e., tar piece surface area increased with size class at a faster rate than tar thickness. Our defined tar size classes,  $S(1-5)$ , included over 99% of the tar pieces observed and over 51% of tar mass observed (Table 1).  $S(6)$  tar provided the remainder of mass observed but were much more rare (0.21% of observed tar).

#### 3.2. Observed tar accumulation

COP tar accumulation was surveyed on 57 days from February through December 2005 (Fig. 3a) with 17, 14, 9, and 17 days during winter, spring, summer, and autumn, respectively. Zero tar was observed on only two winter days (24 February and 8 March). Non-zero values of  $M$  ranged from 0.10 kg (4 November) to 39.11 kg (27 February). For the entire study, mean  $M$  (steady state tar accumulation) was 4.40 kg.

Except for 27 February 2005, which for several reasons was unique (discussed in Section 4.2), tar accumulation data showed an overall seasonal cycle with  $M$  doubling from winter to spring and then roughly doubling again into

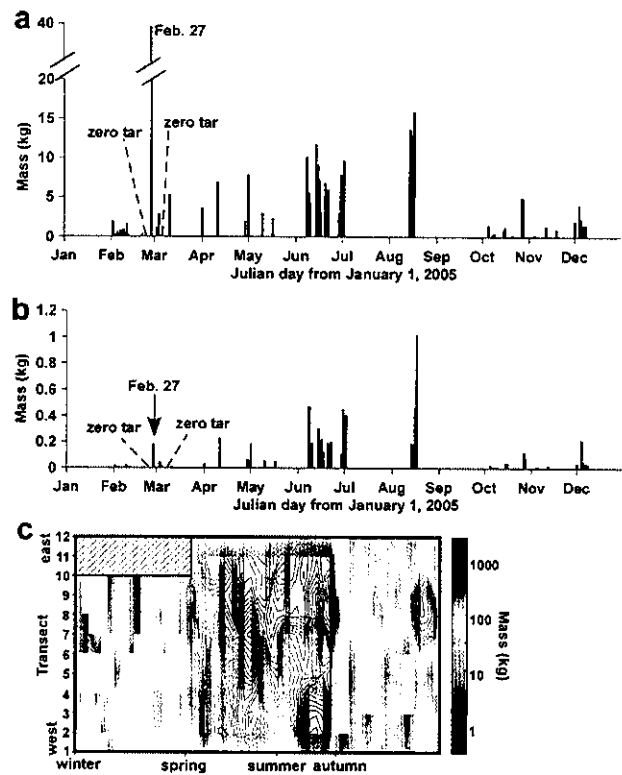


Fig. 3. (a) Total tar mass on 57 days during 2005. (b) Tar mass observed in four smallest size classes. (c) Total tar mass with respect to transect and survey (season transition noted below figure). Contour mass values indicated by color bar at right. Shaded region had no data; white areas represent zero tar accumulation.

summer, followed by a sharp decrease in autumn to  $M$  values comparable to winter (Fig. 3a). Further, the variation between seasons was much larger than the intra-season variability. Mean summer  $M$  was about an order of magnitude larger than mean winter  $M$  (excluding 27 February 2005; Table 3). Mean tar coverage for the study area varied from  $0.052 \text{ g m}^{-2}$  in winter (excluding 27 February) to  $0.465 \text{ g m}^{-2}$  in summer (Table 3). With 27 February, winter tar coverage was greater than autumn, but still lower than spring and summer.

The inter-seasonal variability is readily apparent in the spatial tar accumulation distribution of  $M(X, t)$  or mass per transect per day (Fig. 3c). Sharp transitions are clear across the entire survey area at the winter/spring and summer/autumn boundaries. Another notable difference is the many days during winter and autumn in which  $M(X, t) = 0$  for some transects (white indicates zero tar in Fig. 3c). In contrast,  $M(X, t)$  was always greater than zero during spring and summer surveys. Generally, transects during spring and summer had more than 500 g of tar, while winter transects typically had less than 50 g. Over half the autumn transects contained less than 50 g of tar, but a few transects had between 100 and 500 g and there were fewer tar-free transects during autumn compared to winter.

Table 3  
Summary of seasonal tar accumulation

|                                     | Spring          | Winter <sup>a</sup> | Winter <sup>b</sup> | Summer          | Autumn          |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Days surveyed                       | 14              | 17                  | 16                  | 9               | 17              |
| $\langle M \rangle$ (kg)            | $5.97 \pm 3.05$ | $3.27 \pm 9.33$     | $1.03 \pm 1.38$     | $9.27 \pm 4.22$ | $1.66 \pm 1.54$ |
| Mean coverage ( $\text{g m}^{-2}$ ) | 0.300           | 0.164               | 0.052               | 0.465           | 0.083           |
| $\langle M_{1-5} \rangle$ (kg)      | 3.20            | 0.521               | 0.346               | 6.20            | 1.04            |
| $\langle M_{1-4} \rangle$ (kg)      | 2.02            | 0.209               | 0.102               | 4.00            | 0.467           |

$\langle M \rangle$ : Mean tar accumulation (subscripts are tar size classes).

<sup>a</sup> With 27 February.

<sup>b</sup> Without 27 February.

### 3.3. Environmental forcing of tar accumulation

Oceanographic (surface currents, swell height and direction, sea surface and sea bottom temperatures) and meteorological (wind direction and speed) factors can affect  $M$ . These factors were compared to  $M(t)$  with particular attention to seasonal variations.

Although  $u_w$ , the east-west component of the wind, was more or less constant throughout the year,  $v_w$ , the north-south component of the wind, showed a seasonal pattern (Fig. 4a).  $v_w$  was often positive (to the north) during spring and summer and negative (to the south) during autumn and winter.

Surface current speeds from the CODAR grid location closest to the COP seep field ranged widely, from less than

1 to 60  $\text{cm s}^{-1}$ , and the direction was to the WNW over 50% of the year. There was no apparent seasonal trend in  $u_c$ , the east-west current component, or  $v_c$ , the north-south current component.

Swell height typically was less than 1 m during late spring, summer and early fall and ranged from 1 to 2 m during late fall and winter (Fig. 4b). Thus, swell height trended inversely to  $M(t)$ . Swell direction was from the west more than 90% of the year.

The SST time series (Fig. 4c) appeared to follow  $M(t)$ , except for a sudden decrease and subsequent increase of temperature in April. SBT, recorded at 16 m of an 18-m deep water column, were similar to SST, including the mid-April decrease. SBT for the last 2 months of 2005 were missing from the dataset.

We found several environmental factors correlated with  $M(t)$ . Swell height was inversely related to  $M(t)$  with no temporal lag ( $r = -0.40$ ,  $p = 0.002$ ).  $v_w$  showed a maximal positive correlation to  $M(t)$  with a time lag of 14 h ( $r = 0.35$ ,  $p = 0.009$ ). The maximal lagged correlation between  $u_w$  and  $M(t)$  was a positive one with a time lag of 18 h ( $r = 0.35$ ,  $p = 0.007$ ). A significant correlation was found between  $M(t)$  and  $u_c$  at a time lag of 12 h ( $r = 0.34$ ,  $p = 0.009$ ). SBT was negatively and significantly correlated with  $M(t)$  at all time lags ( $r = 0.44$ ,  $p = 0.001$ ). No significant correlation was found between  $M(t)$  and  $v_c$  or SST for any time lag ( $p > 0.05$ ).

We used swell height at zero lag,  $u_w$  with an 18-hour lag, and  $v_w$  with a 14 h lag in a multiple linear regression model. We selected these variables because they were orthogonal at those time lags – i.e., the variables were not correlated to each other. We found that  $u_c$  was significantly correlated with  $u_w$  and swell height. As CODAR measurements in the area have limited onshore resolution, we excluded them from the multiple regression model. In the case of SBT, it was significantly correlated with  $v_w$  and the record lacked two months of data, thus we also excluded SBT from the regression model. The multiple regression model with the three lagged, orthogonal and unfiltered environmental variables was highly significant ( $R^2 = 0.34$ ,  $p < 0.0001$ ,  $F = 8.94$ , d.f.e. = 53) and all regression coefficients were significant (for swell height,  $u$ -wind, and  $v$ -wind,  $p = 0.006$ , 0.0005, and 0.004, respectively).

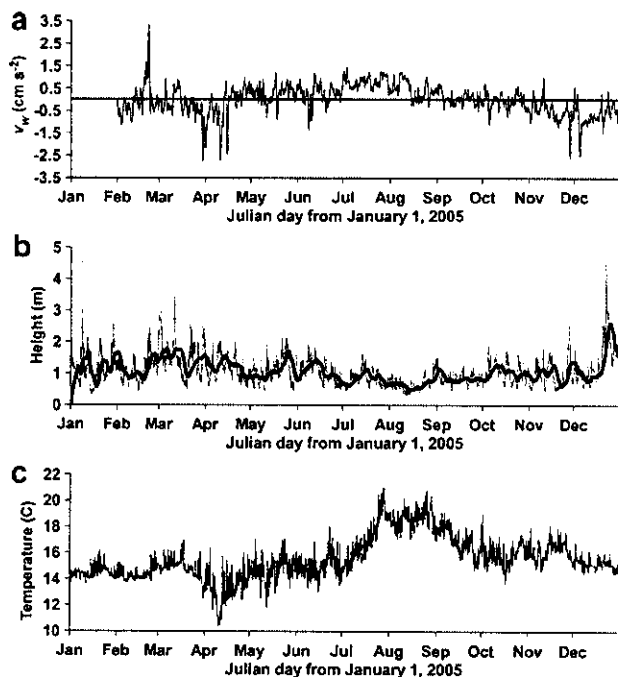


Fig. 4. (a) Daily mean of 10 m north-south wind component,  $v_w$  for 2005. Horizontal line at  $v_w = 0$  marks boundary between winds to the north (positive) and winds to the south (negative). (b) Significant swell height in meters for 2005. Light gray and black lines are 30 min and 5-day resolutions, respectively. (c) Sea surface temperature (30 min resolution) during 2005.

## 4. Discussion

### 4.1. Tar size characterization

Estimating thickness,  $h$ , by the cylinder volume equation for  $S(1-4)$  predicted a decreasing  $h$  with increasing surface area, which clearly disagreed with visual observations. The discrepancy probably lay in the assumption that tar piece cross-sections were circular ( $f = 1$ ), which clearly was seldom true. Elliptical cross-sections were very common, especially among  $S(3)$  and  $S(4)$  tar pieces.  $h$  for  $S(5)$  and  $S(6)$  were measured directly and therefore fairly accurate.

The mass of  $S(5)$  and  $S(6)$ , however, likely was overestimated by assuming tar pieces were best described by a box instead of a cylinder. For a circular cross-section tar piece, the box volume equation overestimates the cylinder volume value by 27%. Based on the contributions of  $S(5)$  and  $S(6)$  to the total mass (Table 1), this could have resulted in an upper limit overestimate of  $M$  by 6% and 13.5%, respectively. For most surveys, the overestimation likely was less because the true shape of  $S(5)$  and  $S(6)$  tar was in between these shapes. For the typical unequal length and width, the box volume model generally was more accurate than the cylindrical volume model.

Analysis of  $k$  showed that  $h$  increased with size class, but not in proportion to surface area. Visual tar observations during surveys confirmed this conclusion;  $h$  varied little between  $S(1-6)$ . This suggests that some physical process(es) inhibited thickening of tar pieces relative to surface area growth. Sun exposure is one possible process causing this. As the sun warms tar, whether on the sea surface or the beach, it becomes less viscous and tends to spread.

Overall, our tar size characterization method provided highly accurate mass estimates and covered the size range of tar pieces present on COP, such that each class contained a statistically significant number of tar pieces and the presence or absence of a  $S(6)$  tar piece did not measurably affect total tar mass. Thus, this approach addressed a significant problem with lower spatial resolution surveys wherein random variability in the largest tar pieces affects the estimate of total beach tar. Moreover, a comparison of tar accumulation with respect to transect showed similar trends with and without  $S(6)$  tar pieces.

### 4.2. Temporal tar variation

The observed seasonal beach tar trend at COP (higher in spring and summer) is similar to variations found in other studies (Hartman and Hammond, 1981; Lorenson et al., 2004). Importantly, this temporal variation was not solely determined by the mass contributions from the largest size classes,  $S(5-6)$ , where the statistics can be poor. The same seasonal trend is apparent in  $M_{1-4}$ , tar accumulation for  $S(1-4)$  pieces (Fig. 3b), as well as in  $\langle M_{1-5} \rangle$  (Table 3). February 27th also was exceptional in terms of winter  $\langle M_{1-4} \rangle$  (Fig. 3b).

During the study, we estimated the tar residence time at between one and two tidal cycles depending on the phase of the lunar tidal cycle. Thus “bluff tar” could be counted multiple times on consecutive day surveys. Bluff tar was tar stranded at the top of the beach near the bluff following the highest high tide of a diurnal cycle. However, removal of bluff tar from the upper 8 m of each transect within the dataset reduced  $M(t)$  by <10%, and  $M(t)$  absent bluff tar showed the same seasonal patterns. Therefore, we concluded that bluff tar did not significantly affect the conclusions of this study.

$M$  for 27 February was unique for several reasons. Not only was it the day of highest  $M$  during 2005, it also occurred during the season with the lowest  $\langle M \rangle$  (Table 3). In fact, 27 February significantly skewed the mean winter mass by a factor of three. Inspection of the raw data showed that the exceptionally high  $M$  observed that day was real. We interpret this as an indication that the processes responsible for tar mass accumulation on 27 February were unique compared to those responsible for typical accumulation throughout the rest of the winter and possibly the entire year.

### 4.3. Environmental forcing of tar accumulation

The correlation and multiple regression analyses do not necessarily explain the seasonal variation in  $M(t)$ , but rather point out a set of environmental conditions that promotes tar accumulation at COP any time of the year. The analysis indicated that winds to the east 18 h prior to sampling, followed by winds to the north 4 h later (14 h lag), were conducive to high beach tar accumulation if the swell height was small at the time of sampling. As lagged correlations were performed every two h, the intervals provide a conservative approximation of the temporal window when environmental conditions may have promoted tar accumulation.

In addition,  $u_w$  was significantly correlated to  $M(t)$  at other time lags, and thus winds to the east were important from 9 to 19 h prior to sampling. This time range is expected because environmental forcing is modulated by the parameter integrated over the requisite oil/tar transport time from the seep source to COP. Further, many environmental variables show strong diurnal and/or tidal cycles, such as winds and currents, respectively. Therefore, diurnal factors likely played a role in COP oil/tar transport.

Based on the multiple regression model, the set of conditions found that explains 34% of tar accumulation variability at COP during our study are consistent with the oceanographic setting of the northern SBC and orientation of COP relative to the oily seeps of the COP field. The majority of oily seeps lie between 0.5 and 3 km to the south of COP (Fig. 1). Other oily seeps are located further offshore to the southeast.

Surface currents act as a dominant oil advection mechanism, but tend to be more important in open water than in coastal environments (Reed et al., 1999). Generally,

currents off COP flow to the west completing the cyclonic gyre common to the SBC (Harms and Winant, 1998). Surface water trajectories from CODAR showed that during much of 2005 currents were to the WNW. Thus, when winds are light or out of the east, oil slicks originating from the seep field tend to travel west of COP (Fig. 5a).

The literature suggests that oil is advected at 3.5% of the 10-m wind speed plus the surface current velocity. Higher wind speeds cause wave breaking, which disperses oil slicks (Reed et al., 1999). In the coastal zone near COP, where winds and currents often are not aligned, the role of wind may be more significant than suggested. The multiple regression model suggests the following processes (as illustrated in Fig. 5 by a simplified schematic) are favorable for tar accumulation and occur more commonly in summer. First, currents advect oil westward and then a wind to the east directs the slick back towards COP (Fig. 5b) with subsequent winds to the north helping advect the slick onshore (Fig. 5c). Winds at COP generally were onshore (to the north) during spring and summer, which would increase beach tar accumulation, while the frequent offshore winds during winter and autumn would decrease tar accumulation (Fig. 4a).

Finally, intense surf zone activity affects beach tar in two manners. First, it disperses oil slicks into the water column, thus less oil/tar reaches the beach. Second, alongshore current induced by large swell would reduce the residence time of tar on the beach. Thus, when swell height is small, energy in the surf zone will be minimal and slicks will disperse less, while also increasing beach residence time. Swell height generally was smaller during spring and summer implying a weaker alongshore current and less surf zone activity.

These three conditions helped explain in part why tar accumulates so heavily during one season and not much during another. However, there was significant accumulation variation within a season. This variability is in part due to changes in the magnitude and direction of winds and currents. As illustrated in Fig. 5, even small changes

in  $u$  or  $v$  will change the angle that an oil slick travels, and thus the slick's impact upon the beach when it makes landfall. Further, certain acute angles would deposit more tar on one side of the point than the other, a close to perpendicular angle would deposit tar evenly along a wider swath of beach, and still at other angles, most of the tar would miss the survey area.

Another factor that is likely responsible for some of the accumulation is the tidal cycle. The three conditions and lag times selected for the multiple regression model leave  $M(t)$  unexplained in terms of environmental conditions for ~12 h prior to sampling. During the 12 h prior to sampling, the beach experiences a complete cycle of one high and low tide. Observations showed that a flooding tide pushes tar further up the beach and depending on how much tar was left from the ebbing tide prior, tar will be present in the swash zone and perhaps at the top of the beach. An ebbing tide tends to remove some tar from the beach, but an onshore wind and/or a weak alongshore current will help strand tar on the beach as the tide is falling. During both tidal phases, some tar is most likely removed from the beach to open water. Although it seems intuitive that flooding tides bring in tar and ebbing tides remove it, the exact mechanism behind tar deposition and removal with respect to tides remains unclear.

Finally, the variability not explained by the multiple regression model and the observed intra-seasonal variability likely are due to source variability (discussed below), physical and chemical weathering processes, and additional oil transport processes (such as Langmuir circulation, current shears, etc.). These additional factors can change the volume of an oil slick significantly and thus the amount of tar that washes ashore. Mechanistically, some oil weathering processes (i.e., spreading and evaporation) are temperature dependant (Reed et al., 1999); thus, SST likely alters weathering rates. Oil slick dispersion due to the thinning of a slick, as a result of warmer temperatures increasing the rate of spreading and evaporation, could ultimately

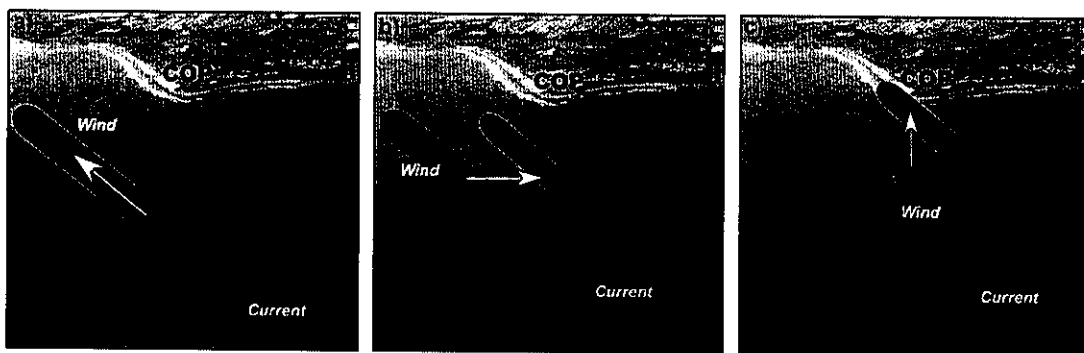


Fig. 5. Simplified schematic superimposed on aerial image of Coal Point showing sequence of conditions favorable for tar accumulation. Black arrow lengths represent surface speed and direction due to winds and currents. White arrows show oil slick transport direction. Black and gray ovals represent oil slick's current and former position, respectively. (a) Initially, currents near Coal Point (COP) transport oil slicks originating from marine hydrocarbon seeps (e.g., location 'X') northwest for conditions of light wind. (b) Winds to the East then transport the slick back towards COP. Absent a wind to the north component (c) the slick may miss COP.

decrease beach tar accumulation (i.e., we would expect SST to be inversely related to tar accumulation).

#### 4.4. Source strength variations

In addition to environmental factors, some of the variability in  $M$  likely arises from source emission variability. It is known that seep gas emissions vary over a range of time scales, from second to decadal (Boles et al., 2001; Leifer and Boles, 2005). Few studies have looked at oil emissions; however, Leifer and Wilson (2007) showed a strong tidal influence on the oil emission from a seep with higher emissions during lower water levels. It is unknown if there is a seasonal variation in seep field oil emissions. One potential mechanism for a seasonal emission variation is via temperature-dependent oil viscosity changes in the shallow sediment near the seabed as a result of SBT changes. Oil viscosity is inversely correlated with temperature; therefore, high sea bottom temperatures in summer may result in greater oil emissions, and thus higher  $M$ . Our analyses, however, showed a significant negative correlation between SBT and  $M(t)$ . This cannot be explained physically and may be an artifact of an incomplete dataset. Other factors that also could lead to variability in emissions include aquifer pressure and earth tides, as well as geological factors related to oil and gas migration within the subsurface oil reservoir and along faults and fractures to the seabed.

#### 4.5. Implications of studies on tar from natural marine seeps

Locally, the study of COP tar accumulation is important to the public whom regularly use COP beaches and to the Coal Oil Point Reserve Snowy Plover Program, whom monitors a dense nesting site for the threatened Western Snowy Plover, *Charadrius alexandrinus* (Lafferty, 2001). Our study has found a significant seasonal variation in COP beach tar with ten times more tar in summer than in winter. COP beaches are heavily used in summer and the nesting season for Snowy Plovers is March through September (Lafferty, 2001). Thus, better understanding of seasonal trends and causes of high tar accumulation could play a role in management plans for the endangered Snowy Plover. Further, absent an understanding of seasonal trends in tar accumulation near COP, an anthropogenic oil spill (from nearby shipping lanes or oil platforms) could be masked by the high summer tar deposits. This study has thus provided a method and a background value that can help distinguish between natural and anthropogenic beach tar accumulation at COP.

The complex oceanographic parameters influencing oil/tar transport in the coastal zone are lacking in most oil spill modeling programs. Our study used a natural and continuous oil spill source in coastal waters and natural beach tar accumulation to identify the coastal oceanographic parameters important for oil/tar transport and beach stranding. This type of study could not only help oil spill modelers

with coastal parameters, but also inform oceanographers about advective processes in the coastal zone.

## 5. Conclusions

This paper describes a new and robust sampling method to quantify beach tar accumulation at one of the most heavily tarred beaches in North America. We have highly resolved beach tar mass repeatedly at COP using a tar size segregation method that encompasses the tar piece size range found in that area. Our method is standardized to the size ranges found at COP on designated transects and was designed to be repeated objectively by different surveyors. Our study found a seasonal variation in beach tar accumulation with an order of magnitude more tar accumulating on COP beaches during summer than during winter. The collection of 57 tar mass data points was sufficient to analyze tar accumulation with respect to environmental factors, while the dense sampling grid and survey area integration assured that tar at COP was well quantified and not dependant on a few very large tar pieces.

Although natural seeps introduce complexities, their long-term chronic nature and constrained geographic location provides advantages, particularly for long-term studies, for identifying important environmental variables to tar accumulation. The multiple regression analysis indicated that winds and swell are important factors influencing tar accumulation at COP. The remaining variation may be explained by other environmental factors not addressed in our study or in the stochastic nature of oil seep emissions.

Table of nomenclature

| Variable | Units              | Definition   |
|----------|--------------------|--|
| $D$      | cm                 | Diameter of tar piece surface area                                 |
| $f$      | $n/a$              | Fraction of a circle to which tar piece surface area is equivalent |
| $h$      | cm                 | Tar piece thickness  |
| $k$      | cm                 | Characteristic length of tar piece                                 |
| $M$      | kg                 | Total tar mass in survey area                                      |
| $m$      | g                  | Mass of individual tar pieces                                      |
| $r$      | cm                 | Radius of tar piece surface area                                   |
| $S$      | $n/a$              | Tar piece size class   |
| $t$      | day                | Time   |
| $u_c$    | $\text{cm s}^{-1}$ | East-west surface current component                                |
| $u_w$    | $\text{cm s}^{-1}$ | East-west wind component   |
| $V$      | $\text{cm}^3$      | Volume   |
| $v_c$    | $\text{cm s}^{-1}$ | North-south surface current component                              |
| $v_w$    | $\text{cm s}^{-1}$ | North-south wind component   |
| $X$      | $n/a$              | Transect   |
| $Y$      | $n/a$              | Quadrat along transect   |
| $\rho_t$ | $\text{g cm}^{-3}$ | Tar density  |



**Acknowledgements**

The Investigators of this Project are affiliated with the University of California Energy Institute (UCEI). Preparation of this proposal was supported [in part] by a competitive grant from UCEI. The Shoreline Preservation Fund of the University of California, Santa Barbara (UCSB) is gratefully acknowledged for funding and support. Much appreciation goes to the tar surveyors: Danielle Danetra, Jason Levine, Kevin Nesh, Stephanie Satoorian, Alexandra Magana, Garrett Brown, Tanya Sanchez, and Sandhya Tilotson. Special thanks to Cris Sandoval of the Coal Oil Point Reserve and Miriam Polne-Fuller of UCSB Summer Sessions. Wind data is thanks to Marc Moritch of the Santa Barbara Air Quality Control District. Special thanks to Libe Washburn and Brian Emery of the Institute for Computational Earth System Science at UCSB for CODAR data. Thanks to the Coastal Data Information Program of the SCRIPPS Institution of Oceanography in San Diego, CA for swell and SST data. Sea temperature data is based upon work done by the Santa Barbara Coastal LTER, which is supported by the National Science Foundation under Cooperative Agreement #OCE-9982105. Any opinions, findings, or recommendations expressed in the material are those of author(s) and do not necessarily reflect the view of the National Science Foundation. Views and conclusions in this document are those of the authors and should not be interpreted as necessarily representing the official policies, either expressed or implied, of the US government or UCSB.

**References**

Allen, A.A., Schleuter, R.S., Mikolaj, P.G., 1970. Natural oil seepage at coal oil point, Santa Barbara, California. *Science* 170, 974–977.

Asuquo, F.E., 1991. Tar balls on Ibeno–Okposo beach of Southeast Nigeria. *Mar. Pollut. Bull.* 22 (3), 152–153.

Boles, J.R., Clark, J.F., Leifer, I., Washburn, L., 2001. Temporal variation in natural methane seep rate due to tides, Coal Oil Point area, California. *J. Geophys. Res. – Oceans* 106 (C11), 27,077–27,086.

Clester, S.M., Hornafius, J.S., Scepan, J., Estes, J.E., 1996. Quantification of the relationship between natural gas seepage rates and surface oil volume in the Santa Barbara Channel, (abstract). *EOS (Am. Geophys. Union Trans.)* 77 (46), F419.

Corbin, C.J., Singh, J.G., Ibiebele, D.D., 1993. Tar ball survey of six eastern Caribbean countries. *Mar. Pollut. Bull.* 26 (9), 482–486.

Fischer, P.J., 1977. Natural gas and oil seeps, Santa Barbara Basin, California. In: Welday, E.E. (Ed.), *Natural gas and oil seeps, Santa Barbara Basin, California*, . In: *California Offshore Gas, Oil, and Tar Seeps*. Calif. State Lands Comm., Sacramento, CA, pp. 1–62.

Fischer, P.J., Stevenson, A.J., 1973. Natural hydrocarbon seeps Santa Barbara basin. In: Fischer, P.J. (Ed.), *Santa Barbara Channel Area Revisited Field Trip Guidebook*. Am. Assoc. of Pet. Geol., Tulsa, Okla, pp. 17–28.

Gabche, C.E., Folack, J., Yongbi, G.C., 1998. Tar ball levels on some beaches in Cameroon. *Mar. Pollut. Bull.* 36 (7), 535–539.

Golik, A., 1982. The distribution and behavior of tar balls along the Israeli coast. *Estuar., Coast. Shelf Sci.* 15 (3), 267–274.

Harms, S., Winant, C.D., 1998. Characteristic patterns of the circulation in the Santa Barbara Channel. *J. Geophys. Res.* 103, 3041–3065.

Hartman, B., Hammond, D., 1981. The use of carbon and sulfur isotopes as correlation parameters for the source identification of beach tar in the southern California borderland. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45, 309–319.

Heney, T., Nardin, T., Nardin, B., 1977. In: Welday, E.E. (Ed.), *Oil and tar seep studies on the shelves off southern California, Santa Monica Bay, California Offshore Gas Oil, and Tar Seeps*. Calif. State Lands Comm., Sacramento, CA, pp. 63–109.

Hornafius, J.S., Quigley, D.C., Luyendyk, B.P., 1999. The world’s most spectacular marine hydrocarbons seeps (Coal Oil Point, Santa Barbara Channel, California): quantification of emissions. *J. Geophys. Res. – Oceans* 104 (C9), 20,703–20,711.

Hostettler, F.D., Rosenbauer, R.J., Lorenson, T.D., Dougherty, J., 2004. Geochemical characterization of tarballs on beaches along the California coast: Part I – Shallow seepage impacting the Santa Barbara Channel Islands, Santa Cruz, Santa Rosa and San Miguel. *Organic Geochem.* 35, 725–746.

Hunt, J.M., 1996. *Petroleum Geochemistry and Geology*. W.H. Freeman & Co., New York, 743 pp.

Iiliffe, T.M., Knap, A.H., 1979. The fate of stranded pelagic tar on a Bermuda beach. *Mar. Pollut. Bull.* 10 (7), 203–205.

Jokuty, P., Whitticar, S., Wang, Z., Fieldhouse, B., Fingas, M., 1999. *A Catalogue of Crude Oil and Oil Product Properties for the Pacific Region*. Wiley, Ottawa, ON, 264 pp.

Kvenvolden, K.A., Rosenbauer, R.J., Hostettler, F.D., Lorenson, T.D., 2000. Application of organic geochemistry to coastal tar residues from central California. *Int. Geology Rev.* 42, 1–14.

Lafferty, K., 2001. Disturbance to wintering western snowy plovers. *Bio. Conser.* 101, 315–325.

Landes, K.K., 1973. Mother nature as an oil polluter. *Am. Assoc. Petroleum Geol. Bull.* 57, 637–641.

Leifer, I., Luyendyk, B., Broderick, K., 2006a. Tracking an oil slick from multiple natural sources, Coal Oil Point, California. *Marine Petroleum Geol.* 23, 621–630.

Leifer, I., Boles, J., 2005. Turbine tent measurements of marine hydrocarbon seeps on subhourly time scales. *J. Geophys. Res.* 110 (C01006). doi:10.1020/2003JC002207.

Leifer, I., Wilson, K., 2007. The tidal influence on oil and gas emissions from an abandoned oil well: Nearshore, Summerland, California. *Mar. Pollut. Bull.*, in press. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.03.014.

Leifer, I., Luyendyk, B.P., Boles, J.R., Clark, J.F., 2006b. Natural marine seepage blowout: Contribution to atmospheric methane. *Global Biogeochem. Cycles* 20 (GB3008). doi:10.1029/2005GB00266.

Leifer, I., Boles, J.R., Luyendyk, B.P., Clark, J.F., 2004. Transient discharges from marine hydrocarbon seeps: Spatial and temporal variability. *Environ. Geol.* 46, 1038–1052. doi:10.1007/s00254-004-1091-3.

Lorenson, T.D., Dougherty, J.A., Hostettler, F.D., Rosenbauer, R.J., 2004. Natural seep inventory and identification for the county of Santa Barbara, California. Final Report, prepared for County of Santa Barbara, CA. <<http://www.countyofsb.org/energy/information/NaturalSeepInventoryFinalReport.htm>>.

Lorenson, T.D., Kvenvolden, K.A., Hostettler, F.D., Rosenbauer, R.J., Orange, D.L., Martin, J.B., 2002. Hydrocarbon geochemistry of cold seeps in the Monterey Bay National Marine Sanctuary. *Mar. Geol.* 181, 285–304.

Mearns, A.J., Simecek-Beatty, D., 2003. Longer-term weathering – Research needs in perspective. *Spill Sci. Tech. Bull.* 8 (2), 223–227.

Mertz, R.C., 1959. In: *Determination of the quantity of oil substances on beaches and in nearshore waters*, vol. 21. State Water Pollut. Control Board, Sacramento, 45 pp.

NRC, 2003. Executive summary. *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. National Academy of Sciences, Washington, DC.

Otero, E., Nieves, F., Corredor, J.E., 1987. Patterns of tar ball accumulation on a Lunate Coral Key at La Parguera, Puerto Rico. *Carib. J. Sci.* 23, 123–129.

Please cite this article in press as: Del Sontro, T.S. et al. Beach tar accumulation, transport mechanisms, and sources. *Mar. Pollut. Bull.* (2007) doi:10.1016/j.marpolbul.2007.04.022

- Owens, E.H., 1999. SCAT – a 10-year review. In: Proceedings 22nd Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar, Environment Canada, Calgary, Alberta, pp. 337–360.
- Owens, E.H., Mauseth, G.S., Martin, C.A., Lamarche, A., Brown, J., 2002. Tar ball frequency data and analytical results from a long-term beach monitoring program. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 770–780.
- Quigley, D.C., Hornafius, S.J., Luyendyk, B.P., Clark, J.F., Washburn, L., 1999. Decrease in natural marine hydrocarbon seepage near Coal Oil Point, California associated with offshore oil production. *Geology* 27 (11), 1047–1050.
- Reed, M., Johansen, O., Brandvik, P.J., Daling, P., Lewis, A., Fiocco, R., Mackay, D., Prentki, R., 1999. Oil spill modeling towards the close of the 20th century: overview of the state of the art. *Spill Sci. Tech. Bull.* 5 (1), 3–16.
- Richardson, Q.B., Classen, J.A., Gijsbertha, E.M., 1987. Tar pollution monitoring in Curacao. *Carib. J. Sci.* 23 (1), 145–152.
- Romero, G.C., Harvey, G.R., Atwood, D.K., 1981. Stranded tar on Florida beaches: september 1979–October 1980. *Mar. Pollut. Bull.* 12 (8), 280–284.
- Sen Gupta, R., Fondekar, S.P., Alagarsamy, R., 1993. State of oil pollution in the Northern Arabian Sea after the 1991 Gulf Oil Spill. *Mar. Pollut. Bull.* 27, 85–91.
- Shannon, L.V., Chapman, P., Eagle, G.A., McClurg, T.P., 1983. A comparative study of tar ball distribution and movement in two boundary current regimes: implications for oiling of beaches. *Oil Petrochem. Pollut.* 1 (4), 243–259.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1995. *Biometry: the principles of statistics in biological research*, third ed. W.H. Freeman and Co., New York, 887 pp.
- Washburn, L., Clark, J.F., Kyriakidis, P., 2005. The spatial scales, distribution, and intensity of natural marine hydrocarbon seeps near Coal Oil Point, California. *Marine Petroleum Geol.* 22 (4), 569–578.



## Recruitment of intertidal invertebrates in the southeast Pacific: Interannual variability and the 1997–1998 El Niño

Sergio A. Navarrete,<sup>1</sup> Bernardo Broitman,<sup>2</sup> Evie A. Wieters, Gerhard R. Finke, Roberto M. Venegas,<sup>3</sup> and Alvaro Sotomayor

Departamento de Ecología and Estación Costera de Investigaciones Marinas, Las Cruces, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago C.P. 6513677, Chile

### Abstract

We evaluated interannual variability and the effect of the 1997–1998 El Niño event on recruitment of intertidal mussels and barnacles along the coast of central Chile in the southeast Pacific. Monthly monitoring of recruitment at 11 sites spread over 900 km (29–34°S) during the 1997–1998 El Niño and over the same months in 1998–1999 and 1999–2000 allowed us to assess geographic patterns in interannual recruitment variation. The geographically most consistent interannual trend was observed for the mussel *Perumytilus purpuratus*, which showed overall lower recruitment rates during the 1997–1998 El Niño year. However, the magnitude of the effect at any given site was small. Interannual variation in recruitment rates of the other two intertidal mussel species, as well as two chthamloid barnacles, were not consistent across the region, and overall, few sites exhibited significant differences among years. Differences between two and three orders of magnitude in mean annual recruitment of mussels and barnacles were observed among sites, yet the relative ranking of sites was fairly similar among years for most species. Contrary to the large positive effect that the 1997–1998 El Niño had on barnacle recruitment along the coast of central and northern California, our results show that recruitment of dominant intertidal barnacles along central Chile were not significantly altered by this strong oceanographic event. Lack of consistent trends among sites emphasizes the need to study several sites when looking at large-scale oceanographic anomalies and shows that El Niño effects on interannual recruitment variation are not predictable.

Over the past few decades, benthic marine ecology has made great advances in understanding the dynamics of species interactions and their consequences for the rest of the community. There is now general consensus, however, that further development will only be achieved by improving our understanding of the factors that produce variability in the settlement and recruitment of benthic species (Gaines and Roughgarden 1985). The specific processes and mechanisms by which larvae of benthic species return to the adult habitat after their pelagic life are still scarcely understood and, for the most part, unexplored in all but a few places in the world. Because larvae of invertebrates are small and cannot swim long distances, it is generally accepted that physical processes are largely responsible for larval transport and settlement events on the shore (e.g., Roughgarden et al. 1988; Shanks 1995). Large variability in recruitment is therefore

expected to occur over broad temporal and spatial scales, and association between recruitment variability and physical processes has become a central focus of research (e.g., Shanks 1995; Wing et al. 1995). One aspect of this research centers on identifying the specific mechanisms responsible for larval transport and subsequent settlement events on the shore (e.g., Wing et al. 1995). A complementary research program focuses on evaluating the effects of variability in oceanographic processes on recruitment to benthic populations over longer periods of time, which can have direct consequences on population and community dynamics (e.g., Cury and Roy 1989; Connolly and Roughgarden 1999).

One of the main factors causing large interannual variation in oceanographic conditions is the El Niño–Southern Oscillation (ENSO), which is considered to be the major oceanographic and climate anomaly in the Pacific Ocean (Philander 1989). During ENSO events, important climatic and hydrographic changes occur in the Pacific ocean, such as changes in sea level, surface temperature, the strength and general pattern of circulation, the intensity of equatorward winds, and the availability of nutrients and phytoplankton productivity (Philander 1989). Therefore, it is expected that El Niño would cause major and clearly detectable changes in patterns of recruitment of benthic and pelagic invertebrates and fish. Indeed, several studies have attributed increased or decreased recruitment of different species to El Niño (Paine 1986; Ebert et al. 1994; Moreno et al. 1998; Davis 2000). However, the strength of the evidence for El Niño effects on recruitment is limited by the temporal and spatial scope of the studies; most studies are short in duration and limited to one or a few sites. Because the environmental change produced by El Niño is expected to have geographically broad effects, sites spread over tens to hun-

<sup>1</sup> Corresponding author (snavarre@genes.bio.puc.cl).

<sup>2</sup> Present address: Department of Ecology, Evolution and Marine Biology, University of California, Santa Barbara, California 93106.

<sup>3</sup> Present address: Department of Zoology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331.

### Acknowledgments

We thank a number of friends for their assistance in the field and for many hours behind the dissecting scope, including Pilar Martínez, Zahna Naskouwi, Verónica Ortiz, Ruben Soto, and Fredy Véliz. Comments by S. Connolly and two anonymous reviewers substantially improved the manuscript. This study was begun thanks to a FONDECYT grant (197-1263) to S.A.N. Extension of the geographic and temporal scopes of the monitoring program was possible only thanks to a FONDAP grant in Ecología y Conservación (to S.A.N). G.R.F. and E.A.W. acknowledge support from an Andrew Mellon grant to S.A.N.

dreds of kilometers must show similar responses, and the magnitude of the effect must be larger than the background year-to-year recruitment variation (Connolly and Roughgarden 1999). Regardless of the specific mechanisms by which El Niño could increase, decrease, or prevent specific settlement events of some species (Lundquist et al. 2000), demonstration of overall enhancement or reduction of recruitment during El Niño is important, for it suggests that the effects of this large-scale anomaly are essentially predictable.

In a recent study, Connolly and Roughgarden (1999) showed that the strong 1997–1998 El Niño had positive effects on barnacle recruitment across nine sites spread over 750 km along the coast of California. The similarity of the interannual change across sites, as well as the magnitude of the change, strongly suggested that observed recruitment variation was due to El Niño. Connolly and Roughgarden (1999) attributed the increased barnacle recruitment to the general depression of upwelling intensity during El Niño (Ramp et al. 1997). Indeed, an important cross-shelf transport process on the coast of California is the shoreward movement of larvae in upwelling fronts during relaxation of equatorward winds (e.g., Wing et al. 1995; Morgan et al. 2000). Increased frequency of relaxation events during El Niño should then lead to increased recruitment, rendering the effects of El Niño on barnacle recruitment predictable at the regional level.

Here, we evaluated the magnitude of interannual variability and the generality of El Niño effects on recruitment of mussels and barnacles on the much less studied Pacific coast of South America. As in the northern hemisphere, the region is characterized by an offshore equatorward current (Humboldt Current) and the presence of coastal upwelling, where the more saline sub-superficial water, rich in nutrients, is upwelled to the surface, particularly in spring and summer months when equatorward winds are stronger (Kelly and Blanco 1984; Strub et al. 1998). Similar to California, onshore movement of upwelling fronts following wind relaxation has been documented in central southern Chile (Peterson et al. 1988). The negative effects of El Niño on primary and secondary productivity have been well documented in the past (Avaría and Muñoz 1987), but information about its effects on nearshore currents are scarce. Observations in northern Chile (ca. 20°S) show that the 1997–1998 El Niño was first detected as a pulse of warm water in March 1997, with peaks in surface temperature and sea level in May and September of the same year (Thomas et al. 2001; Ulloa et al. 2001). The thermocline was depressed down from the normal 40–60 m to 150–200 m deep, and strong poleward flow was measured in the first 100 m (Blanco et al. 2001; Thomas et al. 2001). A sharp decrease in nearshore chlorophyll *a* concentration was evident during El Niño warming (González et al. 1998; Thomas et al. 2001). As with previous El Niño events, a period of colder than normal conditions, or La Niña, followed the strong 1997–1998 El Niño event, but the intensity of La Niña was weak to moderate (Wolter 2001).

The only connection between El Niño and invertebrate recruitment in temperate latitudes along the coast of Chile has been made at one site near 40°S. There, strong El Niño

events and the associated predominance of poleward winds were linked to failure in intertidal recruitment of the muricid gastropod *Concholepas concholepas* (Moreno et al. 1993, 1998). General patterns of intertidal mussel and barnacle recruitment have been documented at a few sites in central and northern Chile (Navarrete and Castilla 1990; Camus and Lagos 1994), but we have no information about the effects of upwelling–relaxation or other transport processes on recruitment events. Because larvae of mussels and barnacles are planktotrophic, spend considerable time in the water column, and settle predominantly during spring and summer, they can all be affected by the general decrease in phytoplankton biomass, increased surface temperature, and changes in nearshore currents that presumably occur during El Niño events.

## Materials and methods

In April 1997, we initiated monthly monitoring of recruitment of intertidal mussels and barnacles at 11 sites along the coast of central Chile covering 900 km of coastline (Fig. 1). Three sites were spread over ~1 km of coast toward the center of the region (ECIM-Norte, ECIM-Sur, Las Cruces; Fig. 1). Recruitment of barnacles was quantified on 10 × 10 cm Plexiglas® plates covered with Safety-Walk (3M®), a nonslip surface that provides substratum heterogeneity and ensures homogeneity of conditions across plates and sites (Menge et al. 1994). Five barnacle recruitment plates were deployed over a 20–50 m transect at the upper intertidal zone of wave-exposed benches at each study site. In 1997 we missed several months of barnacle recruitment at Quintay because of lost plates. Therefore, this site was not included in analysis of barnacle recruitment. Recruitment of mussels was quantified on 7-cm-diameter scrub pads (Tuffly®), which emulate the complex microhabitat preferred by mussel larvae (Navarrete and Castilla 1990; Menge et al. 1994). Five Tuffly pads were deployed in the mid intertidal zone of the same benches with barnacle plates. Plates and pads were replaced every 25 to 70 d, depending mostly on weather conditions and accessibility to the sites, then brought to the laboratory and examined under dissecting scopes. In other studies (S. Navarrete unpubl. data), we have determined that five collectors per site do not capture the full within-site variability, but they represent well the geographic trends and ranking of sites across the region.

Two common species of chthamaloid barnacles are found in the upper intertidal zone at roughly similar abundances: *Jehlius cirratus* and *Notochthamalus scabrosus*. They both recruit and survive on the monitoring plates, but they cannot safely be separated into species at small postmetamorphic size (set). Thus, we pooled both species of barnacles in analyses. Other barnacle species rarely settle in the upper intertidal zone and they can be identified easily. All three mussel species typically found in the intertidal zone of central Chile—*Perumytilus purpuratus*, *Semimytilus algosus*, and *Brachidontes granulata*—were observed in Tuffly pads and identified to species level. On several occasions, all mussels in the Tuffly pads were measured under the scope to evaluate the potential for secondary settlement (Hunt and Scheibling

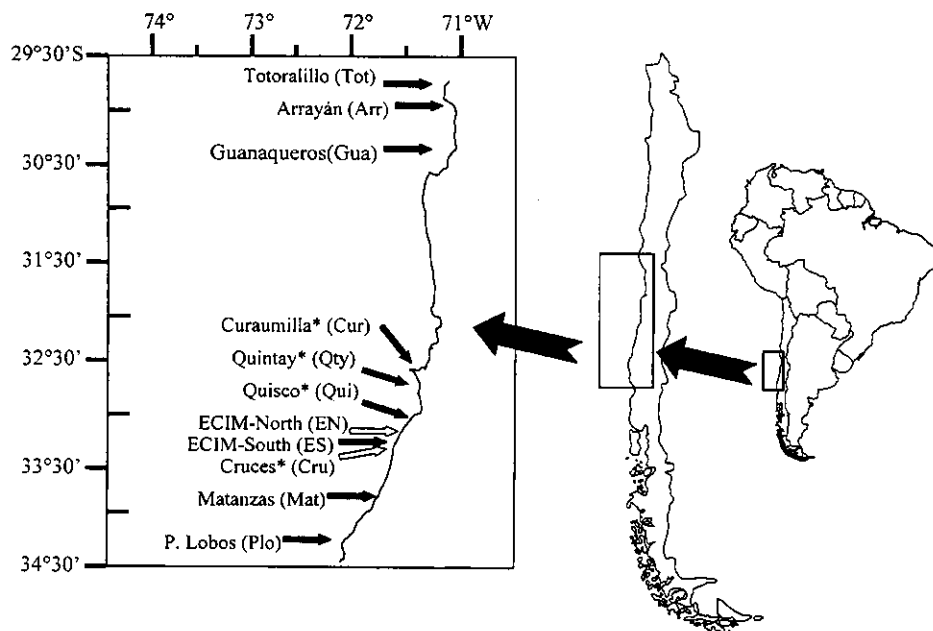


Fig. 1. Map of central Chile showing geographic position of study sites. Solid arrows indicate sites where temperature loggers were placed, and a star next to the site name indicates the temperature records used in calculation of SST for 33°S. Abbreviations of site names in parenthesis as used in tables.

1998). In all cases, judging by spat size and shape, we estimated that most settlers (>90%) corresponded to individuals settling directly from the plankton over the past few days to weeks (Ramorino and Campos 1979).

Larval duration and timing in the water column are important to determine susceptibility to El Niño. The larval phase of the mussel species varies from 17 to 20 d in the case of *P. purpuratus* to >40 d in the case of *B. granulata* (Campos and Ramorino 1979; Ramorino and Campos 1979). Settlement occurs throughout the year in all species, with major peaks in summer (December–February) and fall (March–May) months in the case of *P. purpuratus* and *B. granulata* and summer and, secondarily, winter months (June–August) in the case of *S. algosus* (this study). Larvae of the two chthamaloïd barnacles reach competent cyprid stage between 20 and 31 d from release (Venegas et al. 2000). Settlement of barnacles is more discrete than that of mussels, occurring as one or a few pulses between spring and summer months.

At all sites, recruitment time series encompassed the period during the 1997–1998 El Niño and the following 2 yr, when the warming event was no longer detectable along the central coast of Chile and nearly neutral conditions prevailed (see below). To evaluate the hypothesis of El Niño effects versus “normal” interannual variability, we compared recruitment rates between July 1997 and May 1998 (1997–1998) versus those between July 1998 and May 1999 (1998–1999) and between July 1999 and May 2000 (1999–2000). The period was determined according to data from González et al. (1998) and Blanco et al. (2001) for northern Chile and by in situ temperature loggers in central Chile (see also the

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) altimeter and global coverage satellite observations, <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>). Surface conditions in the central eastern Pacific between 1998 and 2000 have been characterized as slightly cooler than normal (La Niña; Davis 2000; Wolter 2001), but the effect was weak in central Chile (Fig. 2). Therefore, the 2 yr following El Niño can be considered as nearly neutral or as weak La Niña conditions (Blanco et al. 2001, Thomas et al. 2001).

In situ temperature loggers (“tidbits,” StowAway®) were deployed 1–2 m deep at nine sites along the region (Fig. 1). Here, we present means of surface temperature from four sites centered 1° around 33°S for which we have data for the 1997–2000 period. Monthly upwelling indices (offshore Ekman transport, OET) spanning the latitudes of the present study (30°S, 73°W; 33°S, 74°W; and 36°S, 74°W) from 1997 to 2000 were provided by Pacific Fisheries Environmental Laboratories, a division of the NOAA National Marine Fisheries Service, and are publicly available (<http://www.pfeg.noaa.gov>). These indices are calculated on quadrants of 3° × 3° of latitude by longitude based on average wind fields and the Coriolis parameter for that latitude. Therefore, they did not provide site-specific information about upwelling intensity but were used to determine temporal trends. The OET index varies latitudinally, but temporal trends were closely similar within the study region between 33 and 36°S (see Results). As estimates of the strength of El Niño (and La Niña), monthly values of the Southern Oscillation index (SOI) and the multivariate ENSO index (MEI) were obtained from the Bureau of Meteorology, Australia (<http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>) and the Climate Diagnostic Center of NOAA (<http://www.cdc.noaa>

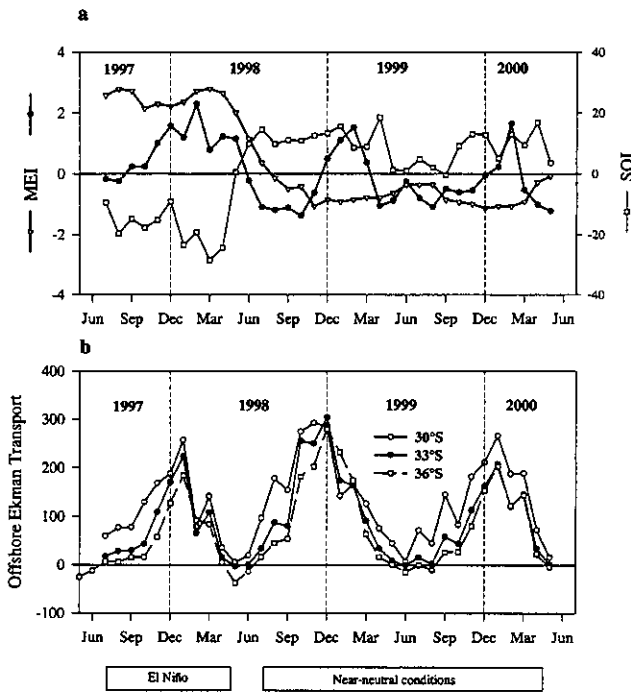


Fig. 2. (a) Surface temperature anomaly at 33°S, Southern Oscillation index (SOI) and multivariate ENSO index (MEI) for the period of the study. (b) Upwelling indices (offshore Ekman transport, OET) at 74°W and 30, 33, and 36°S for the period of the study.

gov/~kew/MEI/mei.html), respectively. The SOI index is calculated as the sea level pressure differential between Tahiti (150°W) and Darwin, east Australia (150°E). It represents the general state of the tropical Pacific and does not vary latitudinally. A negative SOI value, which occurs during El Niño events, reflects lower pressure over Tahiti and the movement of warm west Pacific waters to the eastern Pacific. The MEI index corresponds to the rotated first axis of a principal components analysis (PCA) ordination of six main state variables over the tropical Pacific: sea level pressure, zonal and meridional components of surface winds, SST, surface air temperature, and cloudiness (Wolter 2001). The MEI index does not vary with latitude.

Two different statistical analyses were conducted to evaluate the hypothesis of El Niño effects on recruitment. First, monthly recruitment means for each period were compared using a two-way analysis of variance with Year and Site as fixed and random factors, respectively. The means of five plates or Tuffy pads for each month were used as replicates (Connolly and Roughgarden 1999; Lundquist et al. 2000). When a significant Site  $\times$  Year interaction was found, Tukey's multiple comparison tests were used to determine the direction of among-year differences in each site. These analyses included only sites where nonzero recruitment was observed in all years, which allowed us to compare results with data presented by Connolly and Roughgarden (1999) for intertidal barnacles in California. Second, we calculated Pearson correlations between monthly recruitment of each spe-

Table 1. (A) Yearly mean ( $\pm$ SE) upwelling indices (offshore Ekman transport,  $m^3 s^{-1}$  per 100 m coastline) for quadrants of  $3^\circ \times 3^\circ$  of latitude by longitude along central Chile. (B) Results of two-way ANOVA comparing upwelling indices among latitudes and years. Boldface indicates significant differences at  $\alpha = 0.05$ . df, degrees of freedom; MS, mean square.

| (A)<br>Latitude (°S) | Year               |                    |                    |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      | 1997               | 1998               | 1999               |
| 30                   | 100.6( $\pm$ 18.2) | 151.2( $\pm$ 30.9) | 108.2( $\pm$ 18.2) |
| 33                   | 71.2( $\pm$ 18.7)  | 118.1( $\pm$ 31.8) | 72.2( $\pm$ 19.2)  |
| 36                   | 49.1( $\pm$ 18.4)  | 91.2( $\pm$ 28.7)  | 62.3( $\pm$ 23.5)  |

| (B)<br>Source of variation | df | MS       | F    | P             |
|----------------------------|----|----------|------|---------------|
| Year                       | 2  | 22,578.8 | 3.34 | <b>0.0395</b> |
| Latitude                   | 2  | 25,287.1 | 3.74 | <b>0.0271</b> |
| Year $\times$ Latitude     | 4  | 276.55   | 0.04 | 0.9968        |
| Residual                   | 99 | 6,759.4  |      |               |

cies and the values of OET, MEI, and SOI for each study site. Correlation analyses used the entire time series of recruitment from July 1997 through April 2000.

## Results

**Hydrography**—The sea surface temperature anomaly at 33°S, calculated as the average temperature at four sites around 33°S minus the overall mean for the period 1997–2000, showed clear warming between July 1997 and April–May 1998, corresponding well with the period of negative SOI and high ( $>1.6$ ) MEI values (Fig. 2a). Indeed, SST at 33°S was negatively correlated to SOI ( $r = -0.48$ ,  $P = 0.0034$ ) and positively correlated to MEI ( $r = 0.45$ ,  $P = 0.0063$ ). Maximum El Niño warming was observed between November and December 1997 and then again between April and May 1998 when water temperature was between 1.0 and 1.6°C above that observed on the same months the following 2 yr (Fig. 2a). After May 1998, monthly water temperature was similar to the following 2 yr (within 1°C), with slightly colder values in 1999–2000 than the previous year, suggesting only a mild effect of La Niña conditions on surface water temperature at this latitude. Upwelling indices at 33°S (estimated OET toward the center of the study region) showed maximum values in austral spring and summer months, reaching nearly neutral or slightly downwelling conditions in winter months (Fig. 2b). Significant differences in upwelling indices were observed among years (Table 1). Upwelling indices in 1998–1999 were significantly higher than those in 1997–1998, whereas values in 1997–1998 were similar to those in 1999–2000 (a posteriori Tukey tests, Fig. 2b). The same temporal trend in OET was observed at 30, 33, and 36°S (Fig. 2b), with a weak but significant latitudinal trend to increasing mean upwelling indices to lower latitudes, a geographic trend that was consistent among years (Table 1). Mean upwelling indices were roughly comparable in magnitude to those reported for the coast of California (Connolly and Roughgarden 1999). Thus, it appears that upwelling of water did occur during El Niño in the austral

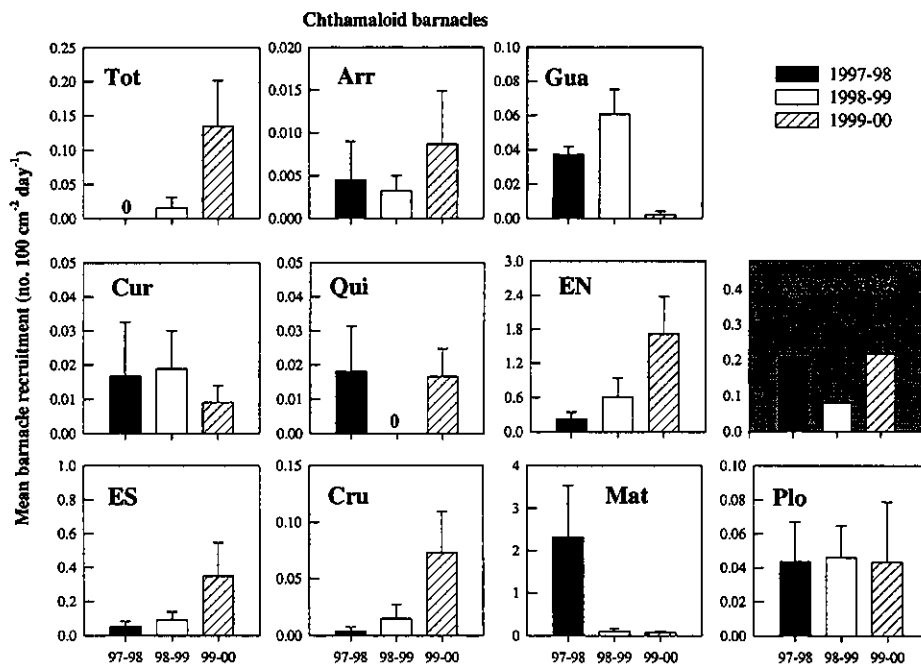


Fig. 3. Mean ( $\pm$ SE) yearly barnacle recruitment rates at study sites for 1997–1998, 1998–1999, and 1999–2000. Sites are ordered north to south going from left to right and top to bottom panels. Note the different y-axis scales among panels used to highlight among-year differences within each site. The shaded panel on the right corresponds to yearly averages ( $\pm$ SE) across all sites, including those with zero recruitment. Site abbreviations as in Fig. 1.

spring–summer 1997–1998, but the temperature of upwelled water was warmer than in normal years (González et al. 1998; Blanco et al. 2001).

**Recruitment**—Across the study region and in all years, mean barnacle recruitment rates varied by almost two orders of magnitude among sites (Fig. 3). The magnitude and the direction of among-year differences varied across sites, however, and a two-way analysis of variance showed a significant Site  $\times$  Year interaction (Table 2). Multiple contrasts for each site showed significant among-year differences at only 3 of the 11 sites, and only one site, Matanzas, showed significantly higher recruitment during El Niño than the 2 yr after (Table 2). Moreover, there was no detectable latitudinal trend in the direction nor in the magnitude of the interannual differences. Despite the significant differences in the pattern of interannual variability across sites, the ranking of sites was generally maintained between successive years; that is, sites with high barnacle recruitment one year had high recruitment the following year (Table 3). This order broke, however, when comparing recruitment rates between 1997–1998 and those in 1999–2000, the two seasons with similar upwelling indices (Fig. 2b).

Recruitment rates of the mussels *P. purpuratus* and *S. algosus* varied by more than three orders of magnitude across sites, with generally higher rates toward southern sites within the region (except Totoralillo for *S. algosus*) (Figs. 4, 5). Both the magnitude and direction of interannual variation changed between species and sites. The most geographically

consistent pattern was observed in *P. purpuratus*, for which recruitment rates were generally higher in 1998–1999 or 1999–2000 than during the 1997–1998 El Niño year at 9 of the 11 sites (Fig. 4), rendering a significant year effect and a nonsignificant Year  $\times$  Site interaction (Table 4). A Tukey’s multiple comparison test showed that, on average across all sites, recruitment rates were significantly lower during 1997–1998 than the 2 yr after. However, multiple comparisons showed that only three sites presented significant among-year differences in recruitment (experimentwise  $\alpha = 0.05$ ). In contrast to *P. purpuratus*, the pattern of interannual variation in recruitment rates of *S. algosus* varied significantly across sites (Fig. 5), rendering a significant Site  $\times$  Year interaction and highly significant main effects of Site (Table 4). Multiple contrasts for each site showed significantly higher recruitment rates during 1997–1998 and 1999–2000 than 1998–1999 at one site, Guanaqueros, but significantly lower rates in 1997–1998 and 1999–2000 than 1998–1999 at El Quisco. Recruitment rates at ECIM-Sur and Punta Lobos were greatest during 1999–2000 (Table 4).

In agreement with the relative abundances of adults in the field (Broitman et al. 2001), recruitment rates of *B. granulata* were 10 to 100 times lower than those of *P. purpuratus* and *S. algosus* across the region. Interannual variation in recruitment rates of *B. granulata* also changed across sites (Fig. 6; Table 4), producing a significant Site  $\times$  Year interaction term and highly significant main effects of Site. Multiple comparisons showed that interannual differences were statisti-

Table 2. (A) Two-way ANOVA comparing barnacle recruitment rates across sites and among years (1997–1998, 1998–1999, 1999–2000). Year was considered as fixed and Site as a random factor. Only the eight sites where recruitment was observed on each year were considered in this analysis. Boldface indicates significant effect at  $\alpha = 0.05$ . (B) Direction of statistically significant interannual change in mean barnacle recruitment according to Tukey's multiple comparison tests. 97, period 1997–1998; 98, 1998–1999; and 99, 1999–2000 (experimentwise error rate  $\alpha = 0.05$ ). Abbreviations for sites as used in figures and tables. ns, non significant differences among years; nd, no data available; ni, not included in statistical analyses because there was no recruitment for an entire period; df, degrees of freedom.

| (A)                 |     |       |      |               |
|---------------------|-----|-------|------|---------------|
| Source of variation | df  | MS    | F    | P             |
| Site                | 7   | 0.085 | 7.53 | <b>0.0001</b> |
| Year                | 2   | 0.014 | 0.37 | 0.6963        |
| Site × Year         | 14  | 0.041 | 3.68 | <b>0.0001</b> |
| Residual            | 263 | 0.011 |      |               |

| (B)               |           |
|-------------------|-----------|
| Site              | Direction |
| Totalillo (Tot)   | ni        |
| Arrayán (Arr)     | ns        |
| Guanaqueros (Gua) | 99<97=98  |
| Curaumilla (Cur)  | ns        |
| Quintay (Qty)     | nd        |
| El Quisco (Qui)   | ni        |
| ECIM Norte (EN)   | 99>97     |
| ECIM Sur (ES)     | ns        |
| Las Cruces (Cru)  | ns        |
| Matanzas (Mat)    | 97>98=99  |
| Punta Lobos (Plo) | ns        |

cally significant at only three sites, with no consistent interannual variability among these sites (Table 4).

Despite differences in the direction of interannual changes in mussel recruitment rates across the region, the pattern of among-site differences tended to be preserved from one year to the next, including the 1997–1998 El Niño year. The temporally most robust among-site differences were observed in *P. purpuratus*, for which the ranking of sites (and overall rates) was tightly maintained ( $r > 0.86$ ) from year to year (Table 3). The most variable pattern of among-site differences was that of *B. granulata*, in which a similar pattern of recruitment across sites was observed between 1997–1998 and 1999–2000 but was different when comparing other years (Table 3). Moreover, there was no detectable latitudinal trend in the direction nor the magnitude of interannual differences for any of the mussel species.

Among-site variability in recruitment of mussel and barnacle species was larger than among-year variation, as revealed by coefficients of variation calculated across the 3 yr and among all study sites (Table 5). The same trend was observed in all species, but it was particularly striking for barnacles and *P. purpuratus*, for which recruitment rates were on average between 2 and 2.5 times more variable among sites than among years. A complete analysis of spatial and temporal variation in recruitment time series will be presented elsewhere.

Table 3. Pearson correlation coefficients and significance (in parentheses) comparing mean recruitment rates per site from year to year. Significantly positive correlation indicates maintenance of among-sites pattern. Boldface figures indicate significant correlations at  $\alpha = 0.05$ .

|                               | 1997–1998<br>vs.<br>1998–1999 | 1998–1999<br>vs.<br>1999–2000 | 1997–1998<br>vs.<br>1999–2000 |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Chthamaloid barnacles         | 0.71<br><b>(0.0067)</b>       | 0.77<br><b>(0.0019)</b>       | 0.46<br>(0.1366)              |
| <i>Perumytilus purpuratus</i> | 0.87<br><b>(0.0011)</b>       | 0.93<br><b>(0.0001)</b>       | 0.96<br><b>(0.0001)</b>       |
| <i>Semimytilus algosus</i>    | 0.75<br><b>(0.0131)</b>       | 0.86<br><b>(0.0014)</b>       | 0.60<br>(0.0691)              |
| <i>Brachidontes granulata</i> | 0.17<br>(0.6401)              | -0.24<br>(0.5054)             | 0.71<br><b>(0.0221)</b>       |

The patterns of interannual variability described above for mussels and barnacles were not affected by the specific months included in the analyses. That is, similar trends (or lack thereof) were observed when using our functional classification of years following the months of El Niño anomaly in central Chile or whether the calendar year was used. Also, selecting only the 4 months of maximum El Niño effect, October–January, did not alter the conclusions.

**Recruitment and ENSO indices**—To look at the potential association between El Niño and OET indices versus recruitment of barnacles and mussels across the entire region, we rescaled recruitment at each site as the percentage of the maximum recruitment observed throughout the time series at that site. When expressing recruitment in this manner and pooling all sites together, we found no pattern of association between El Niño or upwelling indices and barnacle recruitment (Fig. 7a). For instance, the maximum barnacle recruitment ever registered at some sites was observed during months of intense El Niño (e.g., negative SOI values), but at many other sites, maximum recruitment was observed in periods of nearly normal or La Niña conditions (Fig. 7a). Examining the association between recruitment and El Niño indices for each site using the entire time series of barnacle recruitment (April 1997–May 2000), recruitment rates appeared weakly but significantly correlated to the intensity of El Niño/La Niña expressed by the MEI index only at two close sites (ECIM-Norte:  $r = -0.36$ ,  $P = 0.0293$ ; ECIM-Sur:  $r = -0.35$ ,  $P = 0.0343$ ), but a Bonferroni correction for multiple comparisons (corrected  $\alpha = 0.005$ ) rendered these correlations nonsignificant. No other correlation with MEI, SOI, or OET was observed.

No associations with El Niño or OET indices were observed in recruitment of *S. algosus* or *B. granulata* when pooling all sites across the region (Fig. 7c,d). Separate correlations between recruitment of these mussel species and SOI and MEI indices for each site evidenced significant association at six sites, but the direction of change (positive or negative with respect to El Niño intensity) was not consistent among them. Only one, a negative correlation with MEI values at ECIM Sur (ES) remained significant after Bonferroni correction.

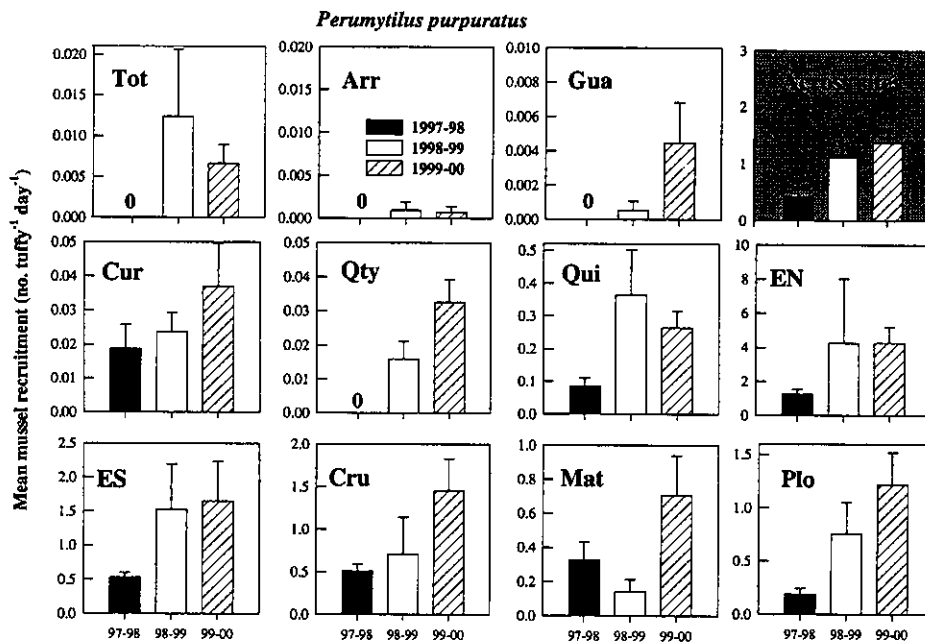


Fig. 4. Mean ( $\pm 1$  SE) yearly recruitment rates of the mussel *Perumytilus purpuratus* at study sites for 1997–1998, 1998–1999, and 1999–2000. Sites are ordered north to south going from left to right and top to bottom panels. Note the different y-axis scales among panels used to highlight among-year differences within each site. The shaded panel on the top right corresponds to yearly averages ( $\pm$ SE) across all sites, including those with zero recruitment. Site abbreviations as in Fig. 1.

In contrast to barnacle and other mussel species, the depression caused by El Niño on *P. purpuratus* recruitment across all sites in the study region was apparent both with SOI and MEI indices (Fig. 7b). During months of intense El

Niño, no site exhibited more than 60% of the maximum recruitment observed under either normal or La Niña conditions. Correlations between monthly mussel recruitment and monthly values of SOI, MEI, and OET for each site

Table 4. (A) Two-way ANOVA comparing mussel recruitment rates across sites and among years (log-transformed data). A separate analysis was conducted for each species. (B) Direction of interannual change at each study site from Tukey’s multiple comparison tests (experimentwise error rate  $\alpha = 0.05$ ). Only sites with nonzero recruitment were considered. Abbreviations as in Table 2.

| (A) Source         | <i>Perumytilus</i> |       |      |               | <i>Semimytilus</i> |       |      |               | <i>Brachidontes</i> |        |     |               |
|--------------------|--------------------|-------|------|---------------|--------------------|-------|------|---------------|---------------------|--------|-----|---------------|
|                    | df                 | MS    | F    | P             | df                 | MS    | F    | P             | df                  | MS     | F   | P             |
| Site               | 6                  | 0.446 | 13.2 | <b>0.0001</b> | 9                  | 0.377 | 25.8 | <b>0.0001</b> | 8                   | 0.0009 | 4.6 | <b>0.0001</b> |
| Year               | 2                  | 0.374 | 9.4  | <b>0.0035</b> | 2                  | 0.094 | 1.9  | 0.1687        | 62                  | 0.0009 | 1.8 | 0.1907        |
| Site $\times$ Year | 14                 | 0.040 | 1.2  | 0.2970        | 18                 | 0.054 | 3.7  | <b>0.0001</b> | 16                  | 0.0005 | 2.3 | <b>0.0031</b> |
| Residual           | 178                | 0.034 |      |               | 240                | 0.014 |      |               | 208                 | 0.0002 |     |               |

| (B) Site | Direction | Direction | Direction |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| Tot      | ni        | ns        | ns        |
| Arr      | ni        | ni        | ni        |
| Guan     | ni        | 97=99>98  | 99>98=97  |
| Cur      | ns        | ns        | ns        |
| Qty      | ni        | ns        | ni        |
| Qui      | 98=99>97  | 98>97=99  | ns        |
| EN       | 98=99>97  | ns        | ns        |
| ES       | ns        | 99>97=98  | 97=99>98  |
| Cru      | ns        | ns        | 97=99>98  |
| Mat      | ns        | ns        | ns        |
| Plo      | 98=99>97  | 99>97=98  | ns        |

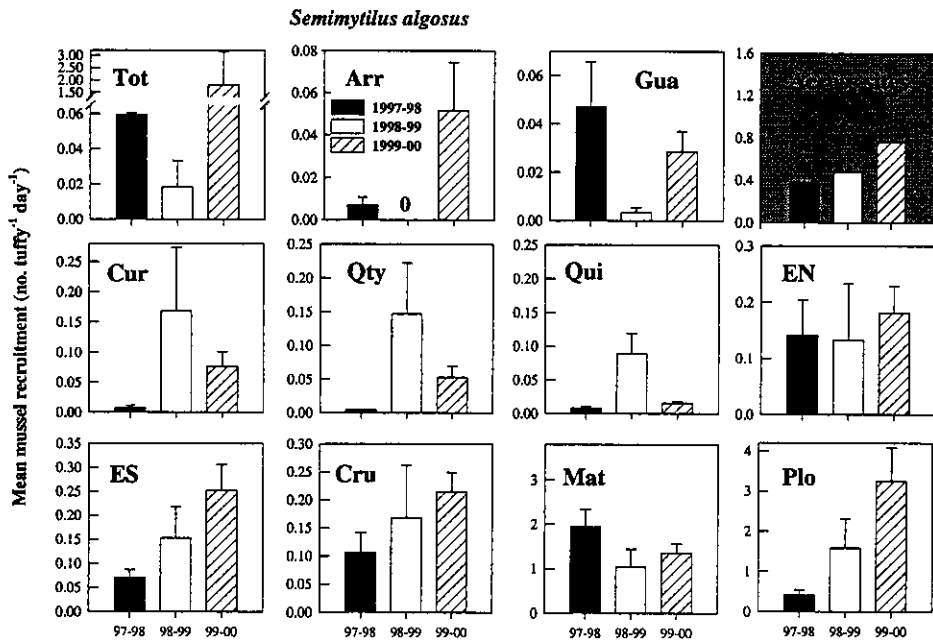


Fig. 5. Mean ( $\pm 1$  SE) yearly recruitment rates of the mussel *Semimytilus algosus* at study sites for 1997–1998, 1998–1999, and 1999–2000. Sites are ordered north to south going from left to right and top to bottom panels. Note the different y-axis scales among panels used to highlight among-year differences within each site. The shaded panel on the top right corresponds to yearly averages ( $\pm$ SE) across all sites, including those with zero recruitment. Site abbreviations as in Fig. 1.

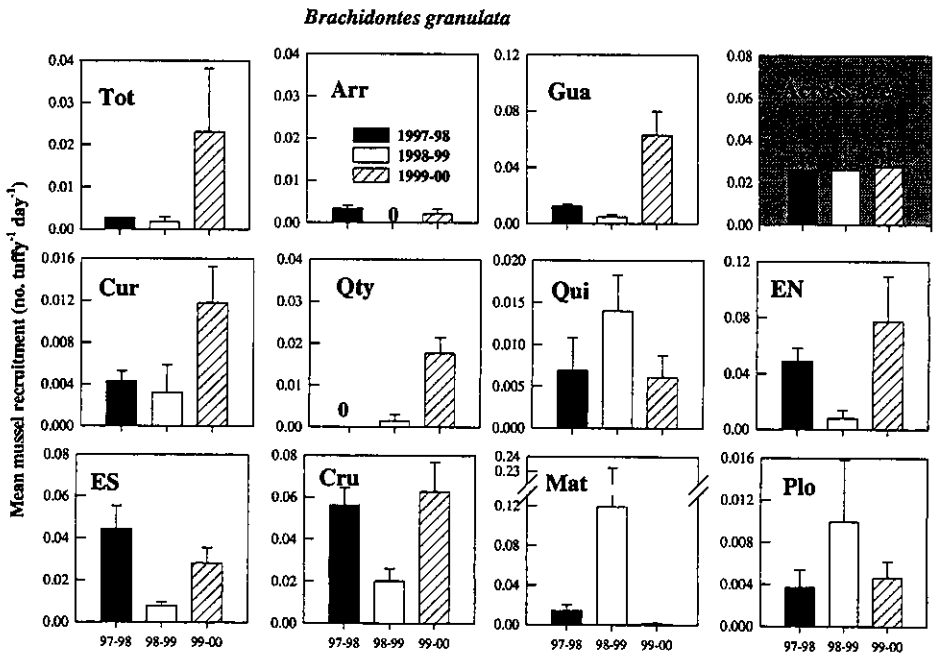


Fig. 6. Mean ( $\pm 1$  SE) yearly recruitment rates of the mussel *Brachidontes granulata* at study sites for 1997–1998, 1998–1999, and 1999–2000. Sites are ordered north to south going from left to right and top to bottom panels. Note the different y-axis scales among panels used to highlight among-year differences within each site. The shaded panel on the top right corresponds to yearly averages ( $\pm$ SE) across all sites, including those with zero recruitment. Site abbreviations as in Fig. 1.



Table 5. Average among-site and among-year coefficients of variation (mean C.V.) and 95% confidence intervals (95% C.I.) for barnacle and mussel recruitment.

| Species                       | Among-site |          | Among-year |          |
|-------------------------------|------------|----------|------------|----------|
|                               | Mean C.V.  | 95% C.I. | Mean C.V.  | 95% C.I. |
| Chthamaloid barnacles         | 223.19     | 196.72   | 87.08      | 63.18    |
| <i>Perumytilus purpuratus</i> | 157.50     | 91.97    | 75.71      | 41.98    |
| <i>Semimytilus algosus</i>    | 180.92     | 180.62   | 84.67      | 63.02    |
| <i>Brachidontes granulata</i> | 139.35     | 250.08   | 92.08      | 51.87    |

were also more consistent for *P. purpuratus* than for any other species. At two sites, recruitment of *P. purpuratus* appeared significantly and positively associated to SOI values (Punta Lobos:  $r = 0.43$ ,  $P = 0.0093$ ; Quisco:  $r = 0.48$ ,  $P = 0.0023$ ) and at four sites negatively associated to MEI (Las Cruces:  $r = -0.33$ ,  $P = 0.0441$ ; ES:  $r = -0.38$ ,  $P = 0.0187$ ; Punta Lobos:  $r = -0.55$ ,  $P = 0.0006$ ; Quisco:  $r = -0.48$ ,  $P = 0.0025$ ), suggesting lower recruitment when El Niño conditions intensify. Three of these correlations were significant after Bonferroni correction (corrected  $\alpha = 0.005$ ).

## Discussion

Along the coast of central and northern California, Connolly and Roughgarden (1999) and others (Roughgarden et al. 1988; Ebert et al. 1994) have shown consistent patterns of interannual variation in barnacle and sea urchin recruitment produced, apparently, by El Niño events (Ebert et al. 1994; Connolly and Roughgarden 1999; see also Roughgarden et al. 1988). Our results along the coast of central Chile show that recruitment rates of two barnacles and two intertidal mussel species were not significantly altered by the strong 1997–1998 El Niño or by the weak La Niña conditions that ensued. Recruitment of the competitively dominant intertidal mussel, *P. purpuratus*, exhibited significantly lower recruitment across the region in the 1997–1998 El Niño than during the same months the following 2 yr. We interpret this result as a weak, but significantly negative, effect of El Niño on recruitment of this species. However, when examining individual sites, significant interannual changes were observed at only three of seven sites, and although no recruitment of *P. purpuratus* was observed in the three northernmost sites in 1997–1998, recruitment rates at these sites in subsequent years were among the lowest recorded for the study region. Therefore, it appears that El Niño did reduce average recruitment rates of *P. purpuratus* across the entire study region (Fig. 7b).

The main goal of this study was to evaluate whether an El Niño event produced a clear, and therefore geographically and temporally predictable, signal in recruitment to benthic populations. From this point of view, mean or total recruitment measured over the entire recruitment season of the species, as in this study, will be the most sensitive variable determining dynamics of adult populations and communities (Sutherland 1990). As indicated earlier, our calculations of mean recruitment encompassed the recruitment season of the species, thus representing well the total recruitment for that

year. The relatively low frequency (ca. monthly) of our recruitment time series compromises our ability to resolve potential El Niño effects on individual settlement events. However, if such effects occurred, our results showed that depression or enhancement of settlement events did not produce differences in recruitment at the end of the month in all species studied, except *P. purpuratus* (Fig. 7). It must be noted that monthly recruitment rates might not represent well the addition of all settlement events occurring in the time elapsed between successive samplings (replacement of collectors), which probably also varies from species to species because of differences in rates of mortality and gregarious settlement. However, given the roughly similar sampling times throughout the study period (1997–2000) and the consistency of the settlement substrata across sites and years, it seems unlikely that these effects could substantially alter the results presented here.

Because one of the strongest and more general effects of El Niño in the southeastern Pacific is the reduction of phytoplankton biomass (Avaría and Muñoz 1987; Thomas et al. 2001), a distinct possibility is that low food availability produced unusually high larval mortality of *P. purpuratus*, which in turn led to overall lower recruitment rates across the region. Indeed, experiments conducted at five sites within the same study region showed that the 1997–1998 El Niño had significantly negative effects on growth rates of intertidal adults of this mussel species (Finke, Navarrete, and Venegas unpubl. data). Available data are insufficient to determine whether cross-shelf larval transport of *P. purpuratus* was altered by El Niño. However, lack of correlation between monthly recruitment rates and either SST or upwelling indices (OET) at any of the 11 sites studied suggests that the upwelling–relaxation model (e.g., Wing et al. 1995; Connolly and Roughgarden 1999) does not strongly determine recruitment of this species in central Chile. Higher frequency data and in situ measures of wind stress are needed to evaluate this proposition.

Less coherent patterns of interannual variation were observed in the other two intertidal mussel species, for which the direction of the few significant interannual changes varied across sites. This suggests that the processes determining year-to-year variation in recruitment of these species are site-specific and not geographically coupled by the temporal changes in larger scale oceanographic processes, such as El Niño.

Clearly, different patterns were found in the effects of El Niño on intertidal barnacle recruitment in central Chile and in those observed in central and northern California (Roughgarden et al. 1988; Connolly and Roughgarden 1998). Using basically the same methodology to that used here, and with a geographically similar scope and intensity, Connolly and Roughgarden (1999) showed that the 1997–1998 El Niño produced increased barnacle recruitment across northern and central California. The mechanism producing such changes seems to be related to the weakening of upwelling-favorable winds during El Niño, which have been shown to increase the frequency of recruitment pulses of barnacle and other invertebrates (e.g., Wing et al. 1995; Morgan et al. 2000). No such barnacle recruitment pattern was observed in central Chile. Upwelling indices for the study region were lower in

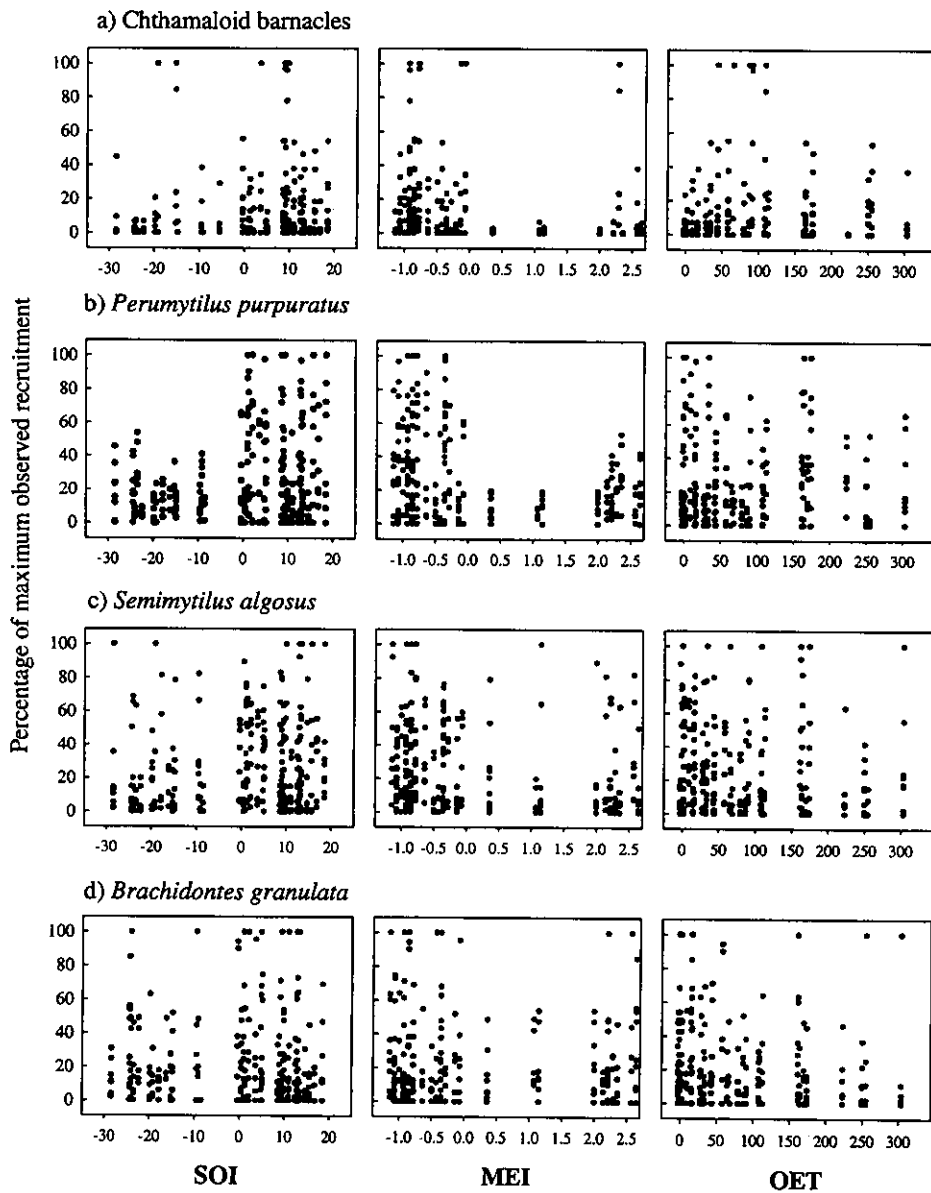


Fig. 7. Scatter plots of monthly recruitment, expressed as the percentage (%) of the maximum recruitment observed at a given site over the course of the study, versus Southern Oscillation index (SOI), multivariate ENSO index (MEI), and offshore Ekman transport (OET) at 33°S. (a) Chthamaloidea barnacles, (b) *Perumytilus purpuratus*, (c) *Semimytilus algosus*, and (d) *Brachidontes granulata*. All sites were pooled to evaluate trends across the region.

1997 than 1998, but similar to those in 1999 and wind stress in northern Chile (ca. 20°S) was not strongly reduced during the 1997–1998 El Niño (Blanco et al. 2001). Thus, it is not clear that El Niño significantly reduces wind forcing and therefore increases the frequency of upwelling–relaxation events along the coast of Chile. Significant among-year differences in upwelling indices did occur (higher OET values in 1998), but unlike the pattern shown by Lundquist et al. (2000) for cancrid crab settlement, these differences were not clearly associated with El Niño and did not lead to

among-year differences in barnacle recruitment. Moreover, lack of consistent trends between recruitment and OET or SST suggests that barnacle settlement does not follow the upwelling–relaxation model in a simple manner. Daily settlement data at one site in central Chile (Las Cruces) also failed to show correlations between settlement and locally measured wind stress/relaxation and temperature (R. Venegas and S. Navarrete unpubl. data). As suggested by Ebert et al. (1994) for southern California, differences in meso-scale alongshore circulation patterns among sites could

swamp the regional signal of El Niño. Recent studies by Lundquist et al. (2000) conducted at one site in central California, but at higher sampling frequency, also suggest that the upwelling-relaxation model and its interaction with El Niño can be much more complex and less predictable than originally envisioned on the coast of California. Another interesting difference between our study and that of Connolly and Roughgarden (1999) is the generally lower interannual variability observed in Chile in comparison to among-site variation (Table 5). This pattern suggests marked spatial differences in transport or retention processes along what appears to be a fairly homogeneous coastline in central Chile. These spatial differences are persistent over time, highlighting the importance of coastal geomorphology. Much more research is needed to determine the processes responsible for regional and interhemispheric differences.

Our results suggest the existence of regional differences in the way large-scale oceanographic anomalies interact with local processes to determine patterns of recruitment of benthic species. In general, the effects of El Niño on recruitment of intertidal species, if any, were not consistent across sites and therefore are unpredictable. The broad similarities of the physical environment along the Pacific coast of both hemispheres (Longhurst 1998) makes such differences particularly intriguing and they deserve further investigation. As more biological and physical data become available, particularly in the southern hemisphere, we will be able to understand the mechanisms behind such differences and regularities.

#### References

- AVARIA, S., AND P. MUÑOZ. 1987. Effects of the 1982–1983 El Niño on the marine phytoplankton off northern Chile. *J. Geophys. Res.* **92**: 14,369–14,382.
- BLANCO, J. L., A. C. THOMAS, E. CARR, AND P. T. STRUB. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *J. Geophys. Res.* **106**: 11,451–11,467.
- BROITMAN, B. R., S. A. NAVARRETE, F. SMITH, AND S. D. GAINES. 2001. Geographic variation in southern Pacific intertidal communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **224**: 21–34.
- CAMPOS, B., AND L. RAMORINO. 1979. Larval and early benthic stages of *Brachidontes granulata* (Bivalvia: Mytilidae). *Veliger* **22**: 277–283.
- CAMUS, P. A., AND N. A. LAGOS. 1994. Variación espacio-temporal del reclutamiento en ensambles intermareales sésiles del norte de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **69**: 193–204.
- CONNOLLY, S. R., AND J. ROUGHGARDEN. 1998. A latitudinal gradient in northeast Pacific intertidal community structure: Evidence for an oceanographically based synthesis of marine community theory. *Am. Nat.* **151**: 311–326.
- , AND ———. 1999. Increased recruitment of northeast Pacific barnacles during the 1997 El Niño. *Limnol. Oceanogr.* **44**: 466–469.
- CURY, P., AND C. ROY. 1989. Optimal environmental windows and pelagic fish recruitment success in pelagic areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **46**: 670–680.
- DAVIS, J. L. D. 2000. Changes in a tidepool fish assemblage on two scales of environmental variation: Seasonal and El Niño Southern Oscillation. *Limnol. Oceanogr.* **45**: 1368–1379.
- EBERT, T. A., S. C. SCHROETER, J. D. DIXON, AND P. KALVASS. 1994. Settlement patterns of red and purple sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in California, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **111**: 41–52.
- GAINES, S. D., AND M. D. BERTNESS. 1992. Dispersal of juveniles and variable recruitment in sessile marine species. *Nature* **360**: 579–580.
- , AND J. ROUGHGARDEN. 1985. Larval settlement rate: A leading determinant of structure in an ecological community of the marine intertidal zone. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **82**: 3707–3711.
- GONZÁLEZ, H. E., G. DANERI, D. FIGUEROA, J. L. IRIARTE, N. LEFEVRE, G. PIZARRO, R. QUIÑONES, M. SOBARZO, AND A. TRONCOSO. 1998. Producción primaria y su destino en la trama trófica pelágica y océano profundo e intercambio océano-atmósfera de CO<sub>2</sub> en la zona norte de la corriente de Humboldt (23°S): Posibles efectos del evento El Niño, 1997–98 en Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **71**: 429–458.
- HUNT, H. L., AND R. E. SCHEIBLING. 1998. Spatial and temporal variability of patterns of colonization by mussels (*Mytilus trosulus*, *M. edulis*) on a wave-exposed rocky shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **167**: 155–169.
- KELLY, R., AND J. BLANCO. 1984. Proceso de surgencia en Punta Nugurme, Chile, latitud 36°S, Marzo 1983. *Invest. Pesq. (Chile)* **31**: 89–94.
- LONGHURST, A. 1998. *Ecological geography of the sea*. Academic Press.
- LUNDQUIST, C. J., L. W. BOTSFORD, J. M. DIEHL, L. E. MORGAN, AND E. L. PEARSON. 2000. Effects of El Niño and La Niña on local invertebrate settlement in Northern California. *CalCOFI Rep.* **41**: 167–176.
- MENGE, B. A., E. L. BERLOW, C. BLANCHETTE, S. A. NAVARRETE, AND S. B. YAMADA. 1994. The keystone species concept: Variation in interaction strength in a rocky intertidal habitat. *Ecol. Monogr.* **64**: 249–286.
- MORENO, C. A., G. ASENCIO, AND S. IBAÑEZ. 1993. Patrones de asentamiento de *Concholepas concholepas* (Brugiere) (Mollusca: Muricidae) en la zona intermareal rocosa de Valdivia, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **66**: 93–101.
- , W. E. DUARTE, AND V. MARIN. 1998. Settlement of the muricid *Concholepas concholepas* and its relationship with El Niño and coastal upwelling in southern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **167**: 171–175.
- MORGAN, L. E., S. R. WING, L. W. BOTSFORD, C. J. LUNDQUIST, AND J. M. DIEHL. 2000. Spatial variability on red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) recruitment in northern California. *Fish. Oceanogr.* **9**: 83–98.
- NAVARRETE, S. A., AND J. C. CASTILLA. 1990. Barnacle walls as mediators of intertidal mussel recruitment: Effects of patch size on the utilization of space. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **68**: 113–119.
- PAINE, R. T. 1986. Benthic community—water column coupling during the 1982–1983 El Niño. Are community changes at high latitudes attributable to cause or coincidence? *Limnol. Oceanogr.* **31**: 351–360.
- PETERSON, W., D. ARCOS, G. MCMANUS, H. DAM, D. BELLANTONI, T. JOHNSON, AND P. TESELIUS. 1988. The nearshore zone during coastal upwelling: Daily variability and coupling between primary and secondary production of central Chile. *Prog. Oceanogr.* **20**: 1–40.
- PHILANDER, G. 1989. El Niño and La Niña. *Am. Sci.* **77**: 451–459.
- RAMORINO, L., AND B. CAMPOS. 1979. Desarrollo larval y postlarval de *Perumytilus purpuratus* (Lamarck, 1819). Bivalvia: Mytilidae. *An. Mus. Hist. Nat. Valpo* **12**: 207–218.
- RAMP, S. R., J. L. MCLEAN, C. A. COLLINS, A. J. SEMTNER, AND K. A. S. HAYS. 1997. Observations and modeling of the 1991–92 El Niño signal off central California. *J. Geophys. Res.* **102**: 5553–5582.
- ROUGHGARDEN, J., S. D. GAINES, AND H. POSSINGHAM. 1988. Re-

- recruitment dynamics in complex life cycles. *Science* **241**: 1460–1466.
- SHANKS, A. L. 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish, p. 323–367. *In* L. McEdward [ed.], *Ecology of marine invertebrate larvae*. CRC Press.
- STRUB, P. T., J. M. MESÍAS, V. MONTECINOS-BANDERET, J. RUTLLANT, AND S. SALINAS-MARCHANT. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. *The Sea* **11**: 273–313.
- SUTHERLAND, J. P. 1990. Recruitment regulates demographic variation in a tropical intertidal barnacle. *Ecology* **71**: 955–972.
- THOMAS, A. C., J. L. BLANCO, M. E. CARR, P. T. STRUB, AND J. OSSES. 2001. Satellite-measured chlorophyll and temperature variability off northern Chile during the 1996–98 La Niña and El Niño. *J. Geophys. Res.* **106**: 899–915.
- ULLOA, O., R. ESCRIBANO, S. HORMAZÁBAL, R. R. GONZÁLEZ, AND M. RAMOS. 2001. Evolution and biological effects of the 1997–98 El Niño in the upwelling ecosystem off northern Chile. *Geophys. Res. Lett.* **28**: 1591–1594.
- VENEGAS, R. M., V. ORTIZ, A. OLGUÍN, AND S. A. NAVARRETE. 2000. Larval development of the intertidal barnacles *Jehlius cirratus* and *Notochthamalus scabrosus* (Cirripedia: Chthamaloidea) under laboratory conditions. *J. Crustac. Biol.* **20**: 495–504.
- WING, S. R., L. W. BOTSFORD, J. L. LARGIER, AND L. E. MORGAN. 1995. Spatial structure of relaxation events and crab settlement in the northern California upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **128**: 199–211.
- WOLTER, K. 2001. NOAA/CIRES Climate Diagnostics Center (CDC). University of Boulder, Colorado.

Received: 25 May 2001

Accepted: 5 November 2001

Amended: 3 January 2002

# Scales of benthic–pelagic coupling and the intensity of species interactions: From recruitment limitation to top-down control

Sergio A. Navarrete, Evie A. Wieters, Bernardo R. Broitman\*, and Juan Carlos Castilla†

Estación Costera de Investigaciones Marinas and Center for Advanced Studies in Ecology and Biodiversity, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile

Contributed by Juan Carlos Castilla, October 21, 2005

Large and usually unpredictable variation in species interaction strength has been a major roadblock to applying local experimental results to large-scale management and conservation issues. Recent studies explicitly considering benthic–pelagic coupling are starting to shed light on, and find regularities in, the causes of such large-scale variation in coastal ecosystems. Here, we evaluate the effects of variation in wind-driven upwelling on community regulation along 900 km of coastline of the southeastern Pacific, between 29°S and 35°S during 72 months. Variability in the intensity of upwelling occurring over tens of km produced predictable variation in recruitment of intertidal mussels, but not barnacles, and did not affect patterns of community structure. In contrast, sharp discontinuities in upwelling regimes produced abrupt and persistent breaks in the dynamics of benthic and pelagic communities over hundreds of km (regional) scales. Rates of mussel and barnacle recruitment changed sharply at  $\approx 32^{\circ}$ – $33^{\circ}$ S, determining a geographic break in adult abundance of these competitively dominant species. Analysis of satellite images demonstrates that regional-scale discontinuities in oceanographic regimes can couple benthic and pelagic systems, as evidenced by coincident breaks in dynamics and concentration of offshore surface chlorophyll-*a*. Field experiments showed that the paradigm of top-down control of intertidal benthic communities holds only south of the discontinuity. To the north, populations seem recruitment-limited, and predators have negligible effects, despite attaining similarly high abundances and potential predation effects across the region. Thus, geographically discontinuous oceanographic regimes set bounds to the strength of species interactions and define distinct regions for the design and implementation of sustainable management and conservation policies.

coastal ecosystems | upwelling | community regulation | Chile

Variation in the supply of new individuals to local populations has long been recognized as a major factor controlling species interactions and community regulation in marine ecosystems (1–3). Recruitment variation has generally been thought to add stochasticity to population and community dynamics; however, recent studies using long-term and spatially extensive databases are starting to find persistent regularities in the effect of oceanographic processes on benthic communities. One of these oceanographic processes is upwelling, which can influence larval delivery to coastal habitats (4–7). During upwelling, equatorward winds produce offshore Ekman transport (OET) of surface waters along eastern oceanic boundaries, exporting larvae of coastal organisms that are entrained in the moving waters. Reversals or breakdown of winds bring offshore waters and larvae back to the coastal zone (6–8). Regional gradients in the intensity of wind-driven upwelling that determine the rate of larval recruitment of dominant intertidal invertebrates have been discovered along the south island of New Zealand and the coasts of western North America and South Africa (9–12). Because the rate of recruitment is a major factor controlling the strength of species interactions (13, 14), atmospheric circulation

seems to determine the latitudinal variation in the strength of species interactions over thousands of kilometers (9, 11, 12). Upwelling can be modulated by meso-scale changes in coastal topography (15, 16), and these land features have been associated with spatial patterns of population structure (17–19). However, few experimental studies have directly examined which scales of oceanographic changes are linked to variations in the strength of species interactions (but see ref. 11).

Here, we examine the effects of meso- and regional-scale variation in upwelling along the southeastern Pacific. The evidence supports the hypothesis that abrupt regional-scale discontinuities in oceanographic regimes, but not meso-scale variation, can couple the dynamics of benthic and pelagic systems and regulate the strength and outcome of species interactions in intertidal communities. These discontinuities set spatial limits to ecological generalizations derived from field experiments.

## Methods

Mussels, *Perumytilus purpuratus*, and chthamaloid barnacles are dominant competitors for space in the mid and high intertidal zones of southeastern Pacific shores, respectively, capable of excluding other species from the primary substratum and thereby affecting the entire intertidal community (20–22). These sessile invertebrates have broadly dispersing pelagic larvae, whose return to the adult habitat depends on cross-shelf transport processes and is often highly variable over space and time (17, 23). We characterized the patterns of recruitment of these species at 14 sites spread >900 km of coastline in central Chile between 29°S and 35°S during 72 months (January 1998 to December 2004). In addition, to evaluate in more detail the effects of variation in upwelling intensity, between 2002 and 2003, we sampled four additional sites toward the center of the study region (Fig. 1*a*). Thus, we had similar information for a total of 18 sites across the region. Recruitment of mussels and barnacles was quantified on larval collectors deployed over 20- to 50-m transects on wave-exposed benches at each study site at the mid and high intertidal zones, respectively (23, 24). Barnacle recruitment plates and mussel recruitment pads were replaced every 25 to 70 days. Two common species of chthamaloid barnacles are found in the upper intertidal zone at roughly similar abundances, *Jehlius cirratus* and *Notochthamalus scabrosus*. They both recruit and survive on the recruitment collectors, but they cannot accurately be identified to species at small postmetamorphic size. Thus, we pooled both species of barnacles

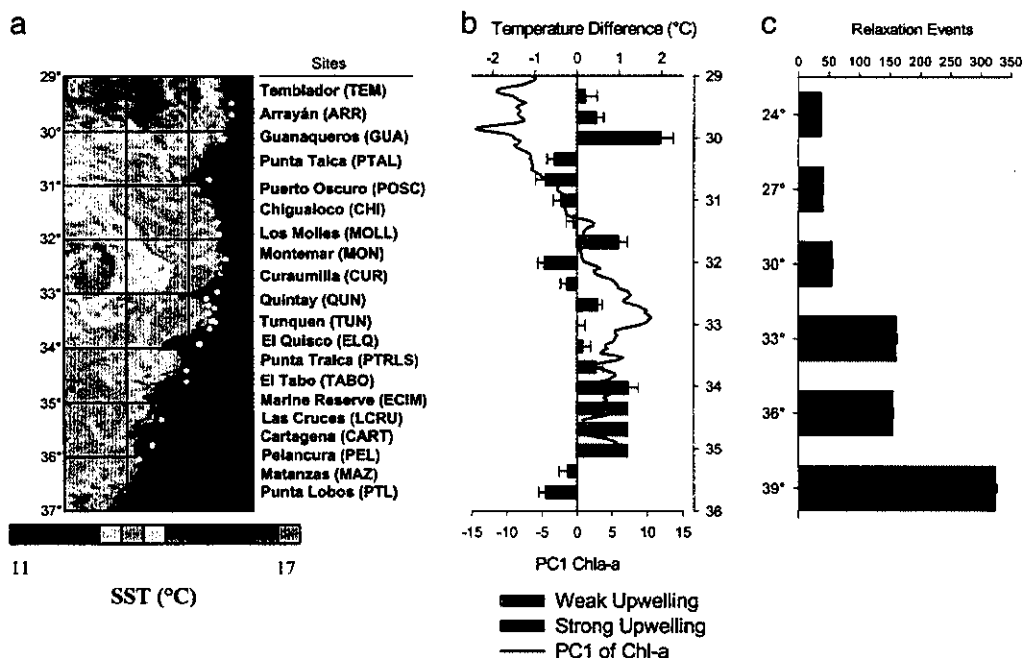
Conflict of interest statement: No conflicts declared.

Abbreviations: OET, offshore Ekman transport; SST, sea-surface temperature; AVHRR, advanced very high resolution radiometer; LOWESS, locally weighted scatterplot smoothing; ECLIM, Marine Reserve; chl-*a*, chlorophyll-*a*; SeaWiFS, Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor.

\*Present address: Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, CA 93106.

†To whom correspondence should be addressed. E-mail: jcastill@bio.puc.cl.

© 2005 by The National Academy of Sciences of the USA



**Fig. 1.** Spatio-temporal oceanographic and biological patterns across the region. (a) Selected AVHRR satellite image for the study region showing spatial structure in SST during November 1999 and the locations of study sites. Abbreviations of sites listed on the right as used in other figures. (b) Mean  $\pm$  SE difference in SST between pixels 2 km and 25 km offshore in front of each study site. Negative values indicate strong upwelling with water nearshore colder than offshore. The line superimposed on the figure is the first empirical orthogonal function (principal component) of chl-*a* concentration ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) for the study region. Data were 8-day averages of SeaWiFS satellite images every 4 km alongshore between September 1997 and August 2001. (c) Frequency of relaxation events ( $\text{OET} \leq 0$ ) across the region based on 6-hourly observations for austral spring-summer 2000–2001 and 2001–2002.

in analyses. To characterize patterns of intertidal abundance (cover) of mussels and barnacles, between spring and summer of 2001 and again in 2003, we sampled the low, mid, and high intertidal zones at each of the 18 study sites for which we had recruitment data and five additional sites interspersed among the former (Fig. 1a), which provided better spatial coverage. Between 7 and 12  $50 \times 50$ -cm quadrats with 81 intersection points were sampled along 20- to 50-m-long transects at each of three benches separated by 50–400 m.

We identified the main spatial scales of variation in hydrographic conditions across the region by using different types of information. The spatial structure of sea-surface temperature (SST) was obtained from 62 advanced very high resolution radiometer (AVHRR, 1-km resolution) images. For each of the 23 sites, we calculated the mean difference in SST between a station ca. 2 km offshore and that observed 25 and 50 km offshore. Colder temperatures inshore are indicative of strong coastal upwelling whereas warmer temperatures reflect weak upwelling conditions, and the latitudinal gradient in SST does not affect the classification of sites (25). This classification of sites as having strong or weak upwelling was contrasted with the pattern of *in situ* measured temperature recorded by loggers (StowAway Tidbit, Onset Computer Corporation, Bourne, MA;  $\pm 0.01^\circ\text{C}$  precision) deployed at a 1- to 2-m depth ( $n = 13$  sites). These loggers registered SST between 5- and 20-min intervals from 1997 through 2004 and are well correlated with nearshore AVHRR temperature (17). Monthly upwelling indices (OET) spanning our study region from 1997 to 2000 are publicly available from the National Marine Fisheries Service Pacific Fisheries Environmental Laboratories of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, www.pfeg.noaa.gov). In addition, we obtained 6-hourly OET indices during the spring and summer months, when upwelling-favorable conditions are maximal. The OET is calculated over quadrats of  $3^\circ \times 3^\circ$  ( $30^\circ\text{S}$ ,

$33^\circ\text{S}$ , and  $36^\circ\text{S}$ ) and is based on the average wind field and the Coriolis parameter for that latitude. Time series of coastal chlorophyll-*a* (chl-*a*) concentration ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) for the study region, from 1997 to 2001, were obtained from 8-day composites of the Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS, 4-km resolution) satellite (26).

To distinguish spatial correlation resulting from spatial trends in recruitment and adult abundance (cover) across the entire region, from those resulting from site-to-site variation, we decomposed spatial variability into its trend (i.e., variation common to several sites adjusted throughout the study region) and the residual variation (site variation not accounted for by the trend). A locally weighted scatterplot smoothing (LOWESS) (27) was fit separately to the spatial patterns in recruitment and cover of each species as a function of the distance (km) to the southernmost site (Fig. 1a) for the smoothing factor that produced normal and symmetric LOWESS residuals and was independent from geographic distance (Kolmogorov–Smirnov Tests,  $P > 0.05$ ) (28). We then calculated the correlations between recruitment and cover based on the regional-scale trend (predicted LOWESS), site-variation (residuals from LOWESS), and the raw data. A sequential Bonferroni correction (29) was applied to adjust significance levels for multiple comparisons. Because LOWESS smoothing will produce spatially autocorrelated data (regional trends), the effective degrees of freedom for significance tests of cross-correlations can be lower than the standard tests (30, 31). Therefore, significance values close to 0.05 should be taken with caution. The effect of meso-scale variation in upwelling intensity (strong versus weak) was evaluated by using one-way ANOVA on the raw data and on the residuals of LOWESS regression, using sites as replicates.

Two field experiments were conducted between 1999 and 2000 to quantify spatial variation in the strength of predator–prey interactions. We concentrated in the predator–mussel interac-

tion because its outcome is critical for the entire intertidal community (21, 22, 32). First, to evaluate whether regional changes in adult mussel abundance were the result of variation in predation intensity caused by changes in predator abundances and/or per capita predation rates, or by higher mussel mortality due to abiotic conditions, we transplanted mussels from a common source to different sites. Ten clumps of 100 juvenile *Perumytilus* mussels each were transplanted to the mid-low intertidal zone at each of four sites [Matanzas (MAZ), Marine Reserve (ECIM), Las Cruces (LCRU), and El Quisco (ELQ); Fig. 1] located south of 32°S, where mussel recruitment rates are relatively high, and three sites [Temblador (TEM), Punta Talca (PTAL), and Guanaqueros (GUA); Fig. 1] north of 32°S, where mussel recruitment rates are relatively low. Plastic mesh was used to hold mussels against the rock surface to allow them to reattach and to prevent predation. After two months, the mesh on five randomly chosen clumps per site was removed, exposing half of the mussel clumps to predators while the other half were protected by dome-shaped mesh predator exclusion cages. Mussel survival was monitored every 2 days for the first week and every 15 days thereafter. We present mussel survival in the two treatments after 50 days from the beginning of the experiment. In such experiments, in which a fixed number of prey are followed over time, mussel survival can be described by  $N_t = N_0 e^{(-\alpha P + m)t}$ , where  $N_t$  is the number of live mussels at time  $t$ ,  $N_0$  is the initial number of mussels transplanted,  $\alpha P$  is the total or population predator-prey interaction strength, and  $m$  is the natural mussel mortality rate (33, 34). Calculating the slopes of the regressions between  $\text{Log}_e(N_t/N_0)$  and time for each replicate under different treatments and using average predator density as an estimate of  $P$  allow estimation of all mussel mortality terms (35, 36).

The mussel transplant experiment evaluated whether there was geographic variation in natural mussel mortality ( $m$ ) or predation intensity ( $\alpha P$ ). To determine the role of these factors in the regulation of mussel populations, a predator exclusion experiment that allows mussels to settle at natural rates must be conducted. Therefore, we set up a series of replicated predator-exclusion experiments at five sites with similar physical characteristics. Stainless-steel cages, control plots, and roofs (procedure controls) were used to exclude predators, allow all predators to access experimental plots undisturbed, and control for cage artifacts, respectively. Five replicates of each treatment were deployed over short turfs of the alga *Gelidium chilense*, which mediates mussel recruitment to the intertidal zone. Experiments were conducted in 1999 and again in 2000 at three sites south of 32°S (ECIM, Las Cruces, and El Quisco) and two to the north (Punta Talca and Guanaqueros). In all cases, no differences were observed between roofs and control plots ( $P > 0.05$ ). Thus, for simplicity, we present results for controls and treatments.

## Results and Discussion

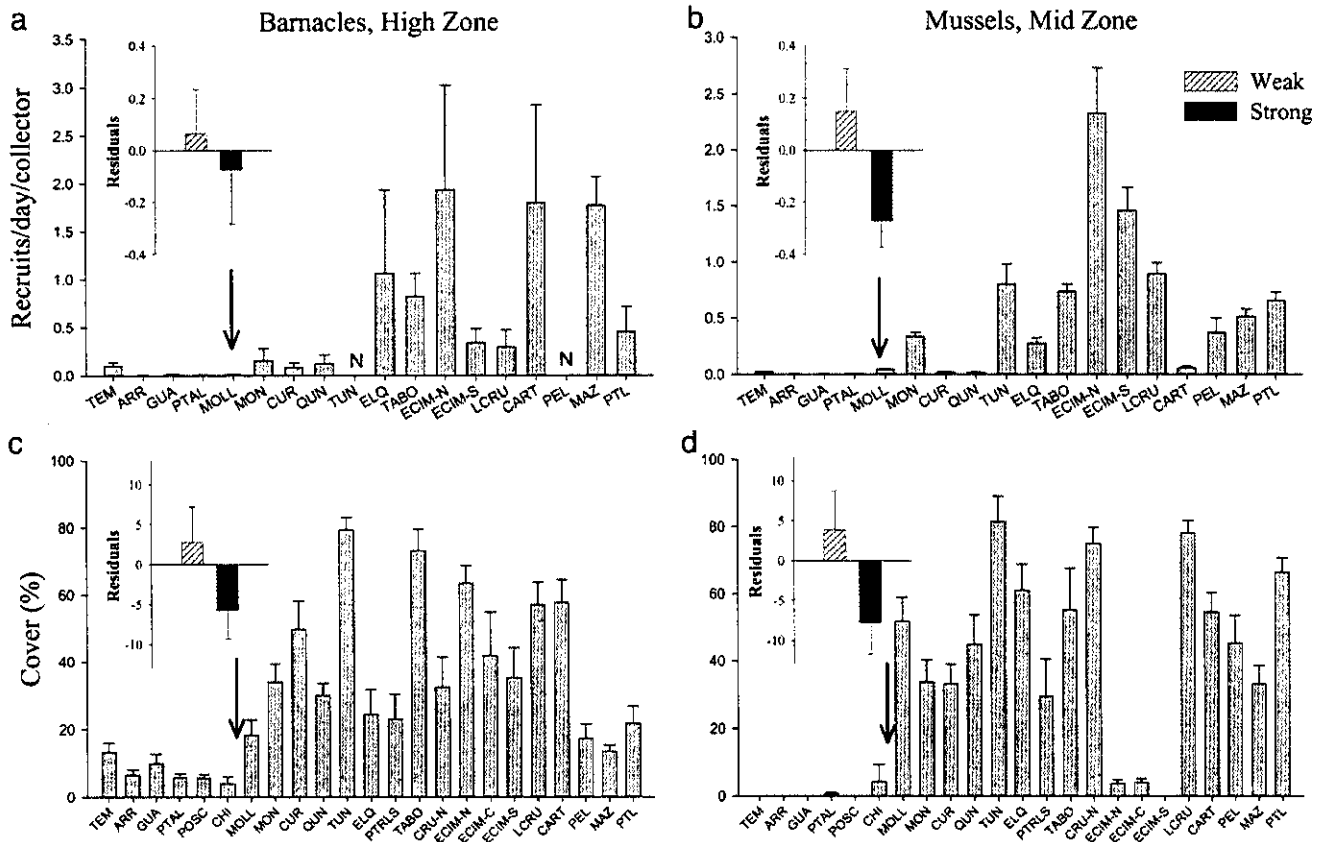
Our analyses revealed two scales of variation in hydrographic conditions associated directly or indirectly with variation in upwelling activity across the region. First, coastal topography and coastline orientation are associated with meso-scale spatial structure in SST, which is apparent in AVHRR satellite images (Fig. 1a). Several studies in central Chile have shown that colder inshore waters in the images correspond to areas of intensification of wind-driven upwelling, whereas warmer waters correspond to areas of weak upwelling or upwelling shadows, which often occur <15 km away from upwelling centers (17, 37, 38). Superimposed on this meso-scale variation in upwelling intensity, which occurs irregularly across the entire region (Fig. 1b), there is a clear regional-scale discontinuity in oceanographic regimes. Due to the seasonal migration of the Pacific anticyclone and continental topography, upwelling-favorable winds are generally weaker, but more persistent throughout the year north of

≈32°S (39–41). Indeed, OET is upwelling-favorable year-round north of ≈30°S–32°S, whereas they are downwelling-favorable (OET ≤ 0) during austral winter south of this latitude (39). Analysis of high-frequency, 6-hourly upwelling indices during spring and summer months, when upwelling and therefore offshore transport are more intense, shows that there are fewer episodes of upwelling relaxation to the north of 32°S (Fig. 1c). Changes in upwelling intensity and oceanographic regimes can have important effects on larval transport to the shore (15, 42).

Results from the long-term recruitment monitoring study showed high among-site variation, but also a sharp, coincident geographic discontinuity in average recruitment rates of mussels and barnacles at about latitudes 32°S–33°S, with generally lower recruitment to the north (Fig. 2a and b). Regional trends in barnacle and mussel recruitment were highly correlated, whereas site residuals were not (Table 1), suggesting that barnacle and mussel recruitment are similarly affected by regional-scale processes, but not by local, site-specific factors. Field surveys of adult cover of these same sessile species showed that the abrupt changes in recruitment rates were mirrored by persistent breaks in intertidal community structure. Mussel cover in the mid zone and, to a lesser extent, barnacle cover in the high intertidal zone changed abruptly at ≈32°S–33°S (Fig. 2c and d), with larger abundances to the south than to the north of this latitude. Low mussel cover at the marine reserve of ECIM, where mussel recruitment is high (Fig. 2), is attributable to locally intensified predation by the commercially collected gastropod *Concholepas concholepas*, which is protected in the reserve (21). Barnacle and mussel cover were highly correlated in terms of both their regional trends and site residuals (Table 1), suggesting that regional-scale processes as well as site-scale postrecruitment factors affect adult cover of these species in similar ways. Recruitment was highly correlated with adult cover when we examined regional trends for mussels and barnacles, presumably as a result of these groups sharing similar spatial structure across the study region (Table 1). These strong correlations indicate that, over scales of hundreds of kilometers, recruitment limitation dominates the patterns of adult abundance. In contrast, site residuals of recruitment and cover showed no correlation (Table 1), suggesting again that postrecruitment processes that vary over scales of sites are the main determinants of local adult abundance. Strong correlations between recruitment and intertidal abundance are observed in the region of low recruitment to the north of 32°S ( $r = 0.91$  and  $0.80$ , for mussels and barnacles, respectively), suggesting that, within this region, intertidal populations are recruitment-limited (3, 43). To the south of this latitude, correlations are weak and nonsignificant ( $r = 0.37$  and  $0.03$ , for mussels and barnacles, respectively).

Although regional-scale discontinuities in upwelling regimes had profound effects on mussel and barnacle recruitment, apparently leading to similar patterns of regional variation in intertidal abundances, meso-scale variation in upwelling intensity had only weak effects on these groups. Evaluating the effect of upwelling intensity by using site residuals from LOWESS regressions reduced the large variability observed across sites within upwelling condition produced by the strong regional trends (Fig. 2 Inserts). Analysis of these site anomalies showed that recruitment and cover of mussels and barnacles were slightly higher (lower) than expected at weak (strong) upwelling sites, as predicted by the upwelling-relaxation model (13). However, these differences were small and significant only for mussel recruitment (Fig. 2).

If discontinuous oceanographic regimes cause major breaks in benthic community dynamics, one would expect to detect this signal in the pelagic environment as well. A sharp change in chl-*a* concentration at ≈32°S has been reported in nearshore waters (39, 44). Similarly, empirical orthogonal function analysis of SeaWiFS



**Fig. 2.** Patterns of recruitment and adult abundance across the region. (a and b) Monthly recruitment to collectors, standardized by days of exposure and averaged from January 1998 through December 2004 at each study site for chthamaloid barnacles *J. cirratus* and *N. scabrosus* in the high intertidal zone settling on 10 × 10-cm Plexiglass plates coated with safety walk (a) and *P. purpuratus* mussels in the mid zone settling on plastic Tuffy pads (b) (23). (c and d) The intertidal adult abundance estimated from replicated transects and 50 × 50-cm quadrats at the same sites and tidal heights for barnacles (c) and mussels (d). The segmented lines show location of the geographic discontinuity. The arrows indicate the position of Los Molles, the site located at 32°S. (Insets) The average cover (a and b) or recruitment (c and d) of barnacles and mussels at sites of strong (black bars) and weak (hatched bars) upwelling, after removing the regional trend in the data by using LOWESS regression (residuals). Error bars in these panels represent variation across sites within upwelling-intensity condition.

chl-*a* time series showed a marked shift in the intensity of the annual cycle of surface chl-*a* concentration around 32°S (Fig. 1b). These striking coincidences in spatial structure between the benthic and pelagic communities are indicative of strong coupling over regional scales. The sharp spatial transition in phytoplankton biomass and dynamics has not yet been explored in detail, but changes in phytoplankton biomass associated with upwelling dynamics involve changes in phytoplankton species composition and cell size spectrum, which in turn can have important effects on invertebrate larval condition (45). Although our results suggest that adult mussels grow and survive well at sites north of 32°S–33°S (see below), it is possible that the lower phytoplankton availability to the north could lead to a decrease in adult reproductive output. Lower

reproductive output over such an extensive geographic region would reduce total larval production, which in turn could be responsible for low adult abundances.

Results from the mussel transplant experiment showed that transplanted mussels protected from predators survive well at all sites across the entire region (Fig. 3a, cross-hatched bars). Natural mortality of mussels in the absence of predators (*m*) was low and similar across sites ( $P > 0.05$ ), suggesting that abiotic factors do not play a major role in the observed pattern of mussel abundance. High mortality of transplanted mussels was observed in the presence of predators at all sites (Fig. 3a, filled bars), with the largest interaction strengths ( $\alpha P$ ) inside the marine reserve of ECIM and the management and exploitation area of El Quisco (ELQ), where

**Table 1. Pearson correlation coefficients between recruitment and cover of barnacles and mussels based on raw data**

| Variables                            | Raw data      | Regional trend       | Site residuals |
|--------------------------------------|---------------|----------------------|----------------|
| Mussel recruitment vs. cover         | 0.53 (0.0220) | <b>0.81 (0.0001)</b> | 0.24 (0.3453)  |
| Barnacle recruitment vs. cover       | 0.31 (0.2736) | <b>0.67 (0.0081)</b> | -0.21 (0.4786) |
| Recruitment of mussels vs. barnacles | 0.26 (0.3710) | <b>0.97 (0.0001)</b> | -0.42 (0.1310) |
| Cover of mussels vs. barnacles       | 0.67 (0.0025) | <b>0.79 (0.0001)</b> | 0.53 (0.0240)  |

Regional trends fitted by LOWESS regression. Significance of correlations in parentheses. Bold face indicates significant correlations after Bonferroni adjustment.



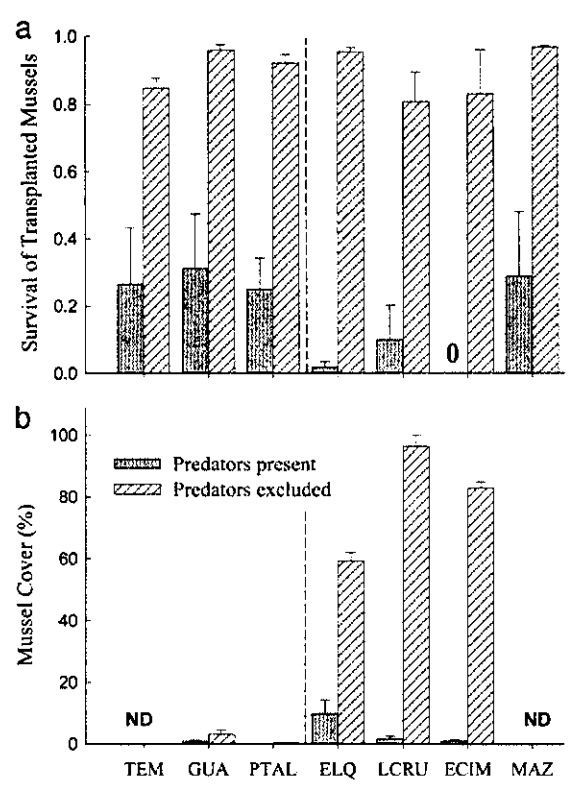


Fig. 3. Results of two independent field experiments. (a) Survival of transplanted mussels at sites north (TEM, GUA, PTAL) and south (ELQ, LCRU, ECIM, MAZ) of the recruitment discontinuity observed  $\approx 32^{\circ}\text{S}$ – $33^{\circ}\text{S}$  (segmented line). Bars are average ( $\pm$  SE) survival of mussels in replicated clumps in the presence (filled bars) and absence of predators (hatched bars) after 50 days in the field. (b) Effects of predator exclusions on resultant community structure at a subset of the sites north and south of the discontinuity. Bars are the average abundance of mussels (% cover  $\pm$  SE) in replicated plots in the presence of predators (filled bars) and in predator exclusions (hatched bars). For simplicity, procedural controls (roofs) are not presented.

harvesting of the carnivorous gastropod *C. concholepas* and other invertebrates is excluded or regulated, respectively (46, 47). No differences were observed between sites located north and south of  $32^{\circ}\text{S}$ . This result suggests that predation intensity can vary among sites but is similar across the geographic discontinuity. Indeed, predator abundance does not vary systematically across the region (25). Probable causes for the lack of a geographic response in abundance of the major mussel and barnacle predators are that their larvae are not affected by the same oceanographic processes influencing barnacle and mussel larvae and that they are generalists that can switch to feeding on other prey and that their own recruitment is not directly dependent on local prey consumption. In

addition, seastars and gastropod predators are long-lived and could withstand several years of low prey recruitment (48). Do discontinuous oceanographic regimes ultimately modify the outcome of species interactions and the regulation of benthic communities? In the predator-exclusion experiments, mussels covered between 60% and 95% of the primary space within the first 3 months of initiating the experiments at sites south of  $32^{\circ}\text{S}$  (Fig. 3b) out-competing other invertebrate and algae species from the rock. In contrast, at the two northern sites, neither mussel nor barnacle cover increased in predator exclusion plots. At the three sites south of  $32^{\circ}\text{S}$ , prey abundances in exclusions differed from those in controls ( $P < 0.001$ ), whereas no differences were found at northern sites ( $P > 0.05$ ). Thus, predators play a major role in the regulation of intertidal communities south of  $\approx 32^{\circ}\text{S}$ – $33^{\circ}\text{S}$ , but their role is negligible to the north, at least up to around  $28^{\circ}\text{S}$ .

The paradigm of top-down control of intertidal communities along the coast of Chile (20, 22, 32) was built on field experiments conducted in a limited geographic range in central Chile, at around  $33^{\circ}$ – $34^{\circ}$  and a few places in the south (49). Similar conclusions in other parts of the world are similarly based on geographically restricted studies where logistic limitations have constrained the geographic extent of ecological studies. The use of the comparative experimental approach (24) and the recently developed availability of long-term, spatially extensive data sets of recruitment and oceanographic conditions are starting to reveal more persistent and regular patterns than many envisioned a decade ago. With similar studies elsewhere (11, 12), our results suggest that patterns of species interactions in benthic communities can be bound by regional discontinuities in oceanographic conditions. Discontinuous upwelling regimes also cause major changes in the temporal dynamics of phytoplankton biomass, which in turn can have far-reaching effects in the pelagic food web. It is therefore not surprising that the anchovy fisheries along the coast of Chile and Peru shows a sharp decrease in total captures in an extensive region of the coast north of  $\approx 32^{\circ}\text{S}$  (50). Considerations of the scale and geographic location where oceanographic conditions produce major changes in the pattern of species interactions, like those found here north and south of  $32^{\circ}\text{S}$ , must be incorporated in designing policies for the sustainable management of benthic and pelagic resources, as well as in establishing marine coastal reserves worldwide.

We thank R. Finke, P. Martínez, D. Narváez, V. Ortiz, R. Venegas, and especially F. Véliz for invaluable assistance in the field and laboratory. A. C. Thomas graciously facilitated SeaWiFS data, and L. deWitt prepared high-frequency upwelling indices for us. G. M. Branch, M. Fernández, R. T. Paine, A. Shanks, and C. Vargas provided helpful comments on previous versions. Long-term support for this project has been possible thanks to Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) Grants 197-1263 and 1040787, to Fondo de Investigación Avanzada en Areas Prioritarias, Marine Biology and Oceanography (FONDAP M. B. & O. No. 3), to the A. W. Mellon Foundation, and to FONDAP-FONDECYT Grant 15001-001 to the Center for Advanced Studies in Ecology and Biodiversity. J.C.C. is the principal investigator for research grants.

1. Underwood, A. J. & Denley, E. J. (1984) in *Ecological Communities: Conceptual Issues and the Evidence*, eds. Strong, D. R., Simberloff, D., Abele, L. G. & Thistle, A. B. (Princeton Univ. Press, Princeton, NJ), pp. 171–180.
2. Menge, B. A. & Sutherland, J. P. (1987) *Am. Nat.* **130**, 730–757.
3. Doherty, P. & Fowler, T. (1994) *Science* **263**, 935–939.
4. Botsford, L. W., Moloney, C. L., Hastings, A., Largier, J. L., Powell, T. M., Higgins, K. & Quinn, J. F. (1994) *Deep Sea Res.* **41**, 107–145.
5. Farrell, T. M., Bracher, D. & Roughgarden, J. (1991) *Limnol. Oceanogr.* **36**, 279–288.
6. Roughgarden, J., Pennington, J. T., Stoner, D., Alexander, S. & Miller, K. (1991) *Acta Oecol.* **12**, 35–51.
7. Roughgarden, J., Gaines, S. D. & Possingham, H. (1988) *Science* **241**, 1460–1466.
8. Alexander, S. E. & Roughgarden, J. (1996) *Ecol. Monogr.* **66**, 259–276.

9. Connolly, S. R., Menge, B. A. & Roughgarden, J. (2001) *Ecology* **82**, 1799–1813.
10. Harris, J. M., Branch, G. M., Elliott, B. L., Currie, B., Dye, A., McQuaid, C. D., Tomalin, B. & Velasquez, C. R. (1998) *S. Afr. J. Zool.* **33**, 1–11.
11. Menge, B. A., Blanchette, C., Raimondi, P. T., Freidenburg, T. L., Gaines, S., Lubchenco, J., Lohse, D. P., Hudson, G., Foley, M. M. & Pamplin, J. (2004) *Ecol. Monogr.* **74**, 663–684.
12. Menge, B. A., Lubchenco, J., Bracken, M. E. S., Chan, F., Foley, M. M., Freidenburg, T. L., Gaines, S. D., Hudson, G., Krenz, C., Leslie, H., et al. (2003) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **100**, 12229–12234.
13. Connolly, S. R. & Roughgarden, J. (1999) *Ecol. Monogr.* **69**, 277–296.
14. Gaines, S. & Roughgarden, J. (1985) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **82**, 3707–3711.
15. Botsford, L. W. (2001) *ICES J. Mar. Sci.* **58**, 1081–1091.
16. Strub, P. T., Kosro, P. M., Huyer, A. & CTZ Collaborators (1991) *J. Geophys. Res.* **96**, 14743–14768.

17. Lagos, N., Navarrete, S. A., Véliz, F., Masuero, A. & Castilla, J. C. (2005) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **290**, 165–178.
18. Ebert, T. A. & Russell, M. P. (1988) *Limnol. Oceanogr.* **33**, 286–294.
19. Wing, S. R., Botsford, L. W., Largier, J. L. & Morgan, L. E. (1995) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **128**, 199–211.
20. Castilla, J. C. & Paine, R. T. (1987) *Rev. Chil. Hist. Nat.* **60**, 131–151.
21. Castilla, J. C. (1999) *Trends Ecol. Evol.* **14**, 280–283.
22. Navarrete, S. A. & Castilla, J. C. (2003) *Oikos* **100**, 251–262.
23. Navarrete, S. A., Broitman, B., Wieters, E. A., Finke, G. R., Venegas, R. M. & Sotomayor, A. (2002) *Limnol. Oceanogr.* **47**, 791–802.
24. Menge, B. A., Berlow, E. L., Blanchette, C., Navarrete, S. A. & Yamada, S. B. (1994) *Ecol. Monogr.* **64**, 249–286.
25. Broitman, B. R., Navarrete, S. A., Smith, F. & Gaines, S. D. (2001) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **224**, 21–34.
26. Thomas, A. C., Carr, M. E. & Strub, P. T. (2001) *Geophys. Res. Lett.* **28**, 3421–3424.
27. Cleveland, W. S. (1979) *J. Am. Stat. Assoc.* **74**, 829–836.
28. Trexler, J. & Travis, J. (1993) *Ecology* **74**, 1629–1637.
29. Peres-Neto, P. R. (1999) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **176**, 303–306.
30. Botsford, L. W. & Paulsen, C. M. (2000) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **57**, 616–627.
31. Pyper, B. J. & Peterman, R. (1998) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **55**, 2127–2140.
32. Paine, R. T., Castilla, J. C. & Cancino, J. (1985) *Am. Nat.* **125**, 679–691.
33. Navarrete, S. A., Menge, B. A. & Daley, B. A. (2000) *Ecology* **81**, 2264–2277.
34. Berlow, E. L. (1999) *Nature* **398**, 330–334.
35. Navarrete, S. A. & Menge, B. A. (1996) *Ecol. Monogr.* **66**, 409–429.
36. Berlow, E. L., Navarrete, S. A., Briggs, C. J., Menge, B. A. & Power, M. E. (1999) *Ecology* **80**, 2206–2224.
37. Narváez, D. A., Poulin, E., Leiva, G., Hernández, E., Castilla, J. C. & Navarrete, S. A. (2004) *Continental Shelf Res.* **24**, 279–292.
38. Wieters, E. A., Kaplan, D. M., Navarrete, S. A., Sotomayor, A., Largier, J., Nielsen, K. J. & Véliz, F. (2003) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **249**, 93–105.
39. Thomas, A. C. (1999) *J. Geophys. Res.* **104**, 25877–25890.
40. Figueroa, D. & Moffat, C. (2000) *Geophys. Res. Lett.* **27**, 3905–3908.
41. Strub, P. T., Mesías, J. M., Montecinos-Banderet, V., Rutilant, J. & Salinas-Marchant, S. (1998) *Sea* **11**, 273–313.
42. Shanks, A. L., Largier, J., Brink, L., Brubaker, J. & Hooff, R. (2000) *Limnol. Oceanogr.* **45**, 230–236.
43. Connell, J. H. (1985) *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **93**, 11–45.
44. Thomas, A. C., Blanco, J. L., Carr, M. E., Strub, P. T. & Osse, J. (2001) *J. Geophys. Res.* **106**, 899–915.
45. Vargas, C., Manríquez, P. & Navarrete, S. A. *Ecology*, in press.
46. Manríquez, P. H. & Castilla, J. C. (2001) *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **215**, 201–211.
47. Loot, G., Aldana, M. & Navarrete, S. A. (2005) *Conserv. Biol.* **19**, 203–212.
48. Warner, R. R. & Chesson, P. L. (1985) *Am. Nat.* **125**, 769–787.
49. Fernández, M., Jaramillo, E., Marquet, P. A., Moreno, C. A., Navarrete, S. A., Ojeda, F. P., Valdovinos, C. & Vásquez, J. (2000) *Rev. Chil. Hist. Nat.* **73**, 629–662.
50. Bernal, P. A., Robles, F. L. & Rojas, O. (1982) in *Bases Biológicas Para el Uso y Manejo de Recursos Naturales Renovables: Recursos Biológicos Marinos*, ed. Castilla, J. C. (P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile), Vol. 2, pp. 75–102.



## Predator–prey interactions under climate change: the importance of habitat vs body temperature

B. R. Broitman, P. L. Szathmary, K. A. S. Mislán, C. A. Blanchette and B. Helmuth

B. R. Broitman ([broitman@nceas.ucsb.edu](mailto:broitman@nceas.ucsb.edu)), National Center for Ecological Analysis and Synthesis, State St. 735, Suite 300, Santa Barbara, CA 93101, USA, and Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas (CEAZA), Facultad de Ciencias del Mar, Univ. Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile. – P. L. Szathmary, K. A. S. Mislán and B. Helmuth, Dept of Biological Sciences, Univ. of South Carolina, Columbia, SC 29208, USA. – C. A. Blanchette, Marine Science Inst., Univ. of California–Santa Barbara, Santa Barbara, CA 93106, USA.

Habitat temperature is often assumed to serve as an effective proxy for organism body temperature when making predictions of species distributions under future climate change. However, the determinants of body temperature are complex, and organisms in identical microhabitats can occupy radically different thermal niches. This can have major implications of our understanding of how thermal stress modulates predator–prey relationships under field conditions. Using body temperature data from four different sites on Santa Cruz Island, California, we show that at two sites the body temperatures of a keystone predator (the seastar *Pisaster ochraceus*) and its prey (the mussel *Mytilus californianus*) followed very different trajectories, even though both animals occupied identical microhabitats. At the other two sites, body temperatures of predator and prey were closely coupled across a range of scales. The dynamical differences between predator and prey body temperatures depended on the location of pairs of sites, at the extremes of a persistent landscape-scale weather pattern observed across the island. Thus, the well understood predator–prey interaction between *Pisaster* and *Mytilus* cannot be predicted based on habitat-level information alone, as is now commonly attempted with landscape-level ('climate envelope') models.

The temperature of a plant or animal's body can affect virtually all of its physiological processes (Buckley et al. 2001, Somero 2005). These cellular and subcellular-level processes in turn have cascading effects on the distribution and abundance of organisms and populations and the functioning of ecosystems, and have been the focus of ecological investigation for decades. Moreover, understanding the role of body temperature in driving patterns of organism distribution has taken on a new urgency in the face of global climate change (IPCC 2007) and a pressing need to forecast the impacts of climate change on natural ecosystems (Clark et al. 2001, Helmuth et al. 2006b). This need has given rise to a number of both mechanistic and statistically-based approaches, all with the common goal of explicitly hindcasting and/or forecasting the impacts of climate change on patterns of species distributions and organism abundances (Stockwell and Peters 1999, Porter et al. 2000, Hugall et al. 2002, Pearson and Dawson 2003, Kearney and Porter 2004, Pörtner and Knust 2007).

One of the most commonly used approaches (the 'climate envelope' method) relies on correlations between environmental variables (parameters such as air or water temperature) observed at the current edges of a species range boundary to estimate a species fundamental niche space (Hugall et al. 2002). By extrapolating to future climatic conditions, these approaches predict future range

boundaries by assuming that the current range edge is set by some aspect of climate. Even many individual-based approaches still rely on habitat temperature (usually surface or air temperature) as a starting point, and then predict operative body temperature based on correlation (Buckley et al. 2008, but see Kearney and Porter 2004 for a more mechanistic approach).

As emphasized by Kearney (2006), such 'climate envelope' methods generally assume that aspects of the habitat (such as air or surface temperature) are equivalent to axes of the organism's fundamental niche space (such as body temperature), thus ignoring any details of the organism's interaction with the surrounding environment. In other words, not only is the organism's realized niche space assumed to equal its fundamental niche space, but no consideration is given to the organism itself: estimates of organisms' fitness are based solely on the characteristics of current and future habitat conditions. It has long been known that the body temperatures of ectothermic organisms are driven by multiple, interacting climatic parameters and are often quite different from the temperature of the surrounding air or substrate (Porter and Gates 1969, Stevenson 1985, Huey et al. 1989). The flux of heat to and from an organism is affected by its size, color, morphology, and material properties, and two different ectothermic species exposed to identical climatic conditions

can experience markedly different body temperatures (Porter and Gates 1969, Helmuth 2002). As a result, not only are measurements of habitat temperature (e.g. air or surface temperature) insufficient proxies of a species thermal niche but they also are highly unlikely to serve as effective proxies for the current or future body temperature of more than one species (Helmuth 2002, Fitzhenry et al. 2004). While methods that estimate body temperature based on habitat temperature do allow different offsets for each species, they nevertheless assume that organism body temperature varies linearly with habitat temperature, and that this offset is constant from site to site. In other words, they are based on correlations with habitat temperature.

Recent studies have shown that predictions of the impacts of weather and climate on organismal distributions are fundamentally different when these predictions are based on body temperature rather than on environmental parameters (Hallett et al. 2004, Helmuth et al. 2006a, 2006b). Understanding the effects of weather and climate in driving body temperature is particularly important when examining predator-prey interactions (Durant et al. 2007, Pincebourde et al. 2008). While several recent studies have made significant advances to mechanistically model the effects of climate, and climate change, on the current and future distribution of species ranges by including the direct physiological effects of climate (Porter, et al. 2000, Kearney and Porter 2004) we are just beginning to understand some of the indirect effects of climate on species interactions (Sanford 1999, 2002, Pincebourde et al. 2008). Specifically, most predictions of the effects of climate change on species distributions, and indeed most ecological studies, base estimates of climate-influenced predator-prey interactions on measurements of habitat temperature. Here we show that the relative difference in body temperature between a predator and its prey varies significantly – both quantitatively and qualitatively – between sites despite exposure to identical microhabitat conditions at each site. Importantly, these patterns are unlikely to be predictable in space and time without a mechanistic understanding that includes some prediction or direct measurement of their actual body temperatures in the field. Our results highlight the importance of considering the interaction of an organism’s morphology and thermal properties with its surrounding environment in determining body temperature, as well as an organism’s physiological response to temperature when forecasting ecological responses to environmental stress. Moreover, they uncover strong landscape-scale variability in the degree to which predators and their prey are coupled in their thermal responses to their ambient thermal environments.

**Methods**

**Study site and organisms**

The California mussel, *Mytilus californianus* (hereafter *Mytilus*) forms dense beds in the mid-intertidal zones of rocky shores from Alaska to Baja and is a primary prey species for the predatory seastar, *Pisaster ochraceus* (hereafter *Pisaster*) (Paine 1974, Menge et al. 1994). In the absence of predation or disturbances to control its population size,

*Mytilus* has been shown to expand its distribution and out-compete all plant and animal species from most of the intertidal zone (Paine 1974, Robles et al. 1995). Unlike *Mytilus*, which is sessile and cannot escape thermal stress, *Pisaster* is mobile. Many intertidal predators show little or no movement during low tide (Newell 1973), and *Pisaster* in particular are inactive during low tide (Robles et al. 1995). Robles et al. (1995) found that *Pisaster* move upshore with the incoming tide to feed and then move downshore before the tide recedes again. They also found that *Pisaster* can move >3 m vertically and >10 m along the rock surface during a single tide before returning to low intertidal levels to rest during low tide. The potential for behavioral thermoregulation in *Pisaster* could thus greatly impact the consumer-resource dynamics, a process that has recently been observed in the interaction between grazing limpets and seaweeds in other intertidal systems (Harley 2003).

We examined temporal and spatial patterns in the body temperature of *Pisaster* and *Mytilus* body temperatures at four sites around Santa Cruz Island, California. Santa Cruz Island is the largest of the Northern California Channel Islands and is located in a region of high oceanographic variability in the Santa Barbara Channel on the northern portion of the Southern California Bight (Fig. 1). A persistent thermal gradient exists along the channel where higher sea surface temperatures in the southeastern portion of the channel are associated with the influx of north-flowing warm subtropical water. On the northwestern part of the channel, equatorward, upwelling-favorable winds are topographically intensified around Point Conception, and much cooler ocean temperatures prevail due to the intense advection of cold water from the nearby Point Conception and Point Arguello upwelling centers (Winant et al. 2003). These oceanic characteristics produce persistent differences in ocean temperature (~2°C) and fog formation between the southeastern and northwestern sides of the island

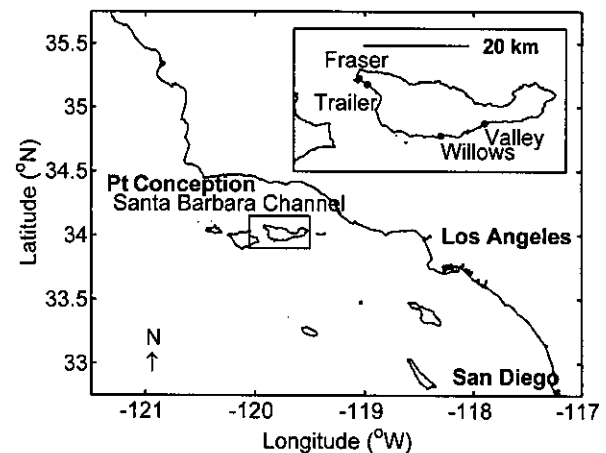


Figure 1. Location of the four study sites around Santa Cruz Island. The sites represent extremes along a steep gradient in oceanographic conditions observed along the island shores with sites located on the western end of the island (Fraser and Trailer) experiencing cooler ocean temperatures than the sites located on the southwestern side (Valley and Willows). Detailed sea surface temperature satellite imagery highlighting the thermal gradient can be found at Otero and Siegel (Otero and Siegel 2004).

(Broitman et al. 2005, Fischer and Still 2007). We selected four intertidal study sites that represent the extremes of this environmental gradient (Fig. 1, inset): two sites on the northwest shore of the island (Fraser and Trailer) and two on the southeastern shore (Willows and Valley). The number and locations of sites were limited by accessibility and other logistical constraints, and sites were selected to be as similar as possible in terms of geomorphology, wave exposure, and habitat type.

### Instrumentation

We recorded temperatures corresponding to the body temperatures of *Mytilus* and *Pisaster* using pairs of biomimetic temperature loggers during the Boreal summer of 2006 (12 July to 10 October). As is true for the temperature of an organism's body, the temperature recorded by a sensor is significantly affected by the morphology, surface color, wetness and thermal properties (thermal inertia) of the instrument, and failure to match these characteristics to those of the intertidal animal of interest have been shown to lead to errors of 14°C or more (Fitzhenry et al. 2004). We thus used sensors designed to match the thermal characteristics of *Mytilus* and *Pisaster*. These instruments have previously been shown to record temperatures that are within 2–2.5 and 1°C of adjacent mussels and seastars, respectively (Fitzhenry et al. 2004, Szathmary et al. in press). Loggers were located in the mid intertidal zone, corresponding to the tidal elevations where maximal densities of each species are observed in the field (Blanchette et al. 2006). Loggers recorded temperature every 30 min and were serviced every ~40 days. In the case of seastar biomimetic loggers, the microhabitat location of sensors was intended to mimic the temperatures of animals aerially exposed while they are feeding on mussels rather than when they are concealed in crevices (Pincebourde et al. 2008). Thus, whenever possible, seastar loggers were deployed directly adjacent to biomimetic sensors mimicking mussel body temperatures so that each sensor was exposed to similar microhabitat conditions. In all, cases pairs of seastar and mussel loggers were deployed within ~20 cm vertical elevation of one another at each site. Biomimetic loggers were sometimes lost haphazardly across sites and were replaced during the next visit to the site.

### Data analysis

The primary goal of our study was to determine if subtle variations in local weather affected body temperatures of predator and prey differently at each of four different sites on Santa Cruz Island. We were not able to perform a spectral analysis to establish the pattern of dynamical coupling between both records using the cross-coherence function because of repeated instrument loss and the short study period (Bendat and Piersol 1986). Alternatively, we examined the temporal cross-covariance between the body temperatures of *Mytilus* relative to the body temperatures of *Pisaster* at multiple temporal scales (i.e. frequencies). To remove serial correlation, we transformed all temperature

time series to anomalies through first-order differencing before calculating statistics (Helmuth et al. 2006a). We examined patterns of thermal covariance over different temporal scales filtering the time series from 0.5 to 24 h using a 30-min running-mean filter (48 scales) and calculating Kendall-Tau ( $R_{\tau}$ ) cross-correlations between seastar and mussel body temperatures lagging the filtered anomaly time series between  $\pm 240$  min ( $\pm 4$  h or 8 lags back and forward in time plus lag-0, e.g. 17 lags). Negative lags in the cross-correlation correspond to the seastar temperature anomalies leading the correlation (e.g. the seastars heating or cooling before the mussels), while positive lags corresponded to the mussel temperature anomalies leading the correlation. We computed  $R_{\tau}$  by sampling the time series at the frequencies prescribed by the filter lengths across all scales. Then, using Monte Carlo simulations, we calculated significant cross-correlations through the standard error distribution of  $R_{\tau}$  (Sokal and Rohlf 1981). We used a Bonferroni correction for the multiple comparisons (48 time scales  $\times$  17 lags) to adjust our significance levels accordingly ( $\alpha < 0.05$ ). In this way, we are estimating concordance (Kruskal 1958) between the two signals at different lags and time scales, and using simulations to establish their significance and accommodate error in their measurement.

### Results

The body temperature of both mussels and seastars (as recorded by biomimetic sensors) showed large amplitude fluctuations during the 40-day study period. However, the body temperatures of seastars were consistently lower than those of adjacent mussels, and their body temperature fluctuations were of smaller amplitude. As expected for intertidal ectotherms, temporal variation in body temperature was dominated by the daily cycle with ca 12 h fluctuations between daily thermal extremes. The periodicity in the detrended temperature time series was uncorrelated to the fortnightly tidal cycle at all sites (results not shown). For mussels, oscillations of approximately 8°C were observed at the beginning of the study period at the southeastern sites (Valley and Willows, Fig. 2A–B). The mean body temperature of both mussels and seastars followed a clear spatial gradient with the highest temperatures observed at the southeastern sites and the lowest at the northwestern sites. Both mean body temperature and variance in body temperature was higher for mussels than for seastars. For mussels, the largest variances were observed at the sites with the lowest means (Table 1). At the southeastern sites (Valley and Willows, Fig. 2A–B), daily fluctuations in seastar body temperature were smaller than those of their mussel prey. In contrast, at northwestern sites, where overall mean temperatures were lower (Trailer and Fraser, Fig. 2C–D), daily fluctuations were greater between the two species.

The dynamical association between temperature fluctuations showed that at the scale of sites, mussel and seastar body temperatures covary over a range of temporal scales (Fig. 3). Temporal decoupling was more pronounced at the

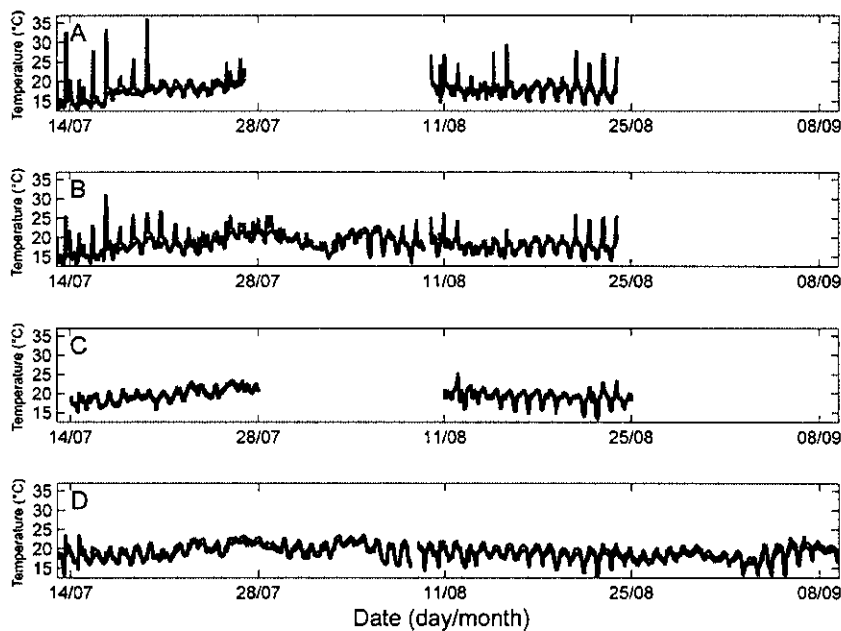


Figure 2. Temperature time series of the seastar *Pisaster ochraceus* (black lines) and the mussel *Mytilus californianus* (gray lines) during the study period (July–August 2006) at the four study sites around Santa Cruz Island in southern California. (A) Valley, (B) Willows, (C) Trailer and (D). Fraser. Note the larger amplitude of the body temperature fluctuations in the mussel. Gaps in the record are due to instrument loss.

northwestern sites, Trailer (Fig. 3C) and Fraser (Fig. 3D), where body temperatures of *Mytilus* and *Pisaster* were not correlated at scales smaller than about 6 h, and instead were restricted to the daily temperature cycle of  $\sim 12$  h. Predator and prey body temperatures were more tightly coupled at the southeastern sites, with highly significant correlations between 1 and 24 h across a broad range of lags (Fig. 3A–B). At all sites, the body temperature of *Mytilus* led the correlations (i.e. *Mytilus* warmed or cooled before *Pisaster*), more notably at the 12-h scale. The rapid response of *Mytilus* body temperature was apparent through the prevalence of significant correlations at positive lags, particularly in the northwestern sites where temperatures were largely decoupled. The symmetrical pattern of lagged correlation at the 12-h scale observed at the northwestern sites suggested that body temperatures of *Mytilus* and *Pisaster* became coupled only during the extremes of the daily temperature cycle.

Table 1. Body temperature statistics of biomimetic sensors of (A) the seastar *Pisaster ochraceus* and (B) the mussel *Mytilus californianus*. Note that although the southeastern sites (Valley and Willows) are warmer, variances are generally larger at the cooler sites (Trailer and Fraser) for both seastars and mussels.

|                     | Valley | Willows | Trailer | Fraser |
|---------------------|--------|---------|---------|--------|
| (A) <i>Pisaster</i> |        |         |         |        |
| Mean                | 19.053 | 18.444  | 18.007  | 17.209 |
| Variance            | 2.964  | 2.948   | 3.462   | 2.208  |
| Anomaly variance    | 0.156  | 0.132   | 0.125   | 0.082  |
| (B) <i>Mytilus</i>  |        |         |         |        |
| Mean                | 19.752 | 19.411  | 18.726  | 18.289 |
| Variance            | 3.230  | 3.831   | 7.198   | 7.139  |
| Anomaly variance    | 0.167  | 0.174   | 0.529   | 1.210  |

## Discussion

Our results showed that the body temperature of two ectotherms, a dominant intertidal mussel and its keystone seastar predator, can have very different temporal patterns of body temperature across sites, both in terms of maximum temperature and in level of dynamical coupling. Since we used standardized biomimetic sensors to monitor the body temperature of these two species, and controlled for microhabitat characteristics, we attribute the contrasting temperature dynamics to landscape-scale differences in climate and the interaction of climate with the thermal properties of *Mytilus* and *Pisaster* bodies. Importantly, it is highly unlikely that these impacts on predator and prey could be predicted by patterns in habitat alone, which appear to have a large impact on the prey species but only a very subtle impact on the predator.

Differences in climate between the southeast and northwest of the island are associated with the gradient in ocean temperature driven by the oceanographic transition zone around Point Conception (Winant et al. 2003). The gradient is particularly steep across Santa Cruz Island (Broitman et al. 2005), and the two extremes of the island experience different oceanic and atmospheric conditions, with the northwestern extreme being dominated by fog formation and much cooler temperatures, particularly during summer insolation maxima (Fischer and Still 2007). This landscape-level thermal and insolation gradient causes the body temperatures of both ectotherms to be tightly coupled at the warmer southeastern sites but not at the cooler northwestern sites.

Climate is a defining characteristic of these habitats, and it can be described without any reference to the organism. However, the niche space that an organism occupies has

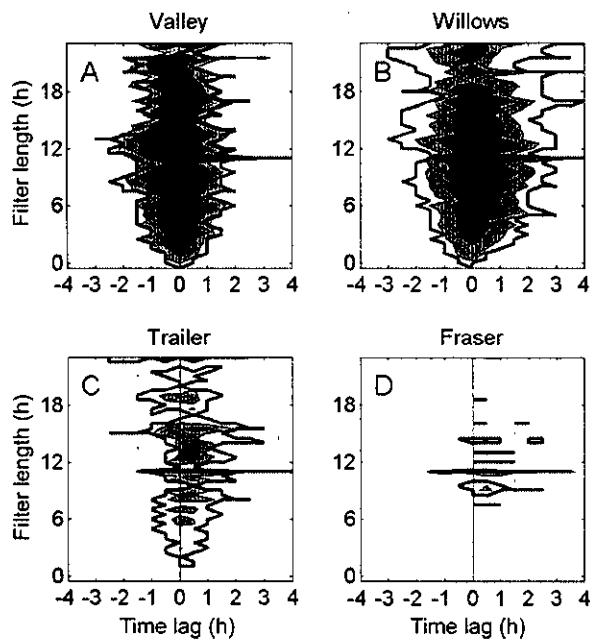


Figure 3. Kendall correlation coefficients showing the dynamical coupling between time series of body temperature anomalies of *Mytilus* and *Pisaster* at the four study sites. (A) Valley, (B) Willows, (C) Trailer and (D) Fraser. Correlations were calculated across a range of lags and filters representing scales of temporal integration. Correlations inside the black contour indicate significant correlations and the greyscale contours, from black to white, indicate the magnitude of significant correlations (0.95, 0.75, 0.65 and <0.65, respectively). Positive lags correspond to *Mytilus* body temperature anomalies leading the correlation (*Mytilus* warming or cooling before), while negative lags indicate *Pisaster* leading. Significant correlations are always maximal around lag 0 and lag 1 showing that the *Mytilus* time series usually led the correlation. Highly significant correlations extend into positive and negative lags at the 12 h filter scale indicating that the body temperatures of both species are maximally coupled during the extremes of the daily thermal cycle. The largest degree of coupling is observed on temporal scales (filters) above one hour while in Fraser, the coolest site, temperatures are significantly coupled around the extremes of the daily cycle. Note the contrasting pattern of the overall dynamical coupling with the southeastern (warmer) sites showing greater coupling between predator and prey temperatures than the northwestern (cooler) sites.

more dimensions than climate. For example, the ‘environment’ cannot be described without reference to a particular organism (Kearney 2006). These two species occupy basically the same habitat as suggested by their overlapping biogeographic ranges and ecological characteristics, but *Pisaster* predation regulates the abundance and vertical distribution of *Mytilus* (Paine 1974, Menge et al. 1994). Also, it is necessary to understand how morphology, physiology, and especially behavior, determine the kind of environment an organism experiences when living in a particular habitat to define its niche space. *Pisaster* is mobile and has the ability to behaviorally thermoregulate, and its feeding activity can be modulated by both submerged and aerial body temperature (Szathmary et al. in press). Pincebourde et al. (2008) showed that while *Pisaster* was

unlikely to experience body temperatures close to its lethal limit (35°C) in the field (Fig. 2A), it regularly experienced temperatures that reduced feeding. Chronic exposures (>8 days) to body temperatures above 23°C resulted in a 30–40% reduction in feeding rate on mussels and concomitantly decreased rates of growth. In contrast acute exposure caused increased feeding rates. These laboratory results were supported by field measurements conducted at Bodega Bay, CA, and at Strawberry Hill, OR which showed that the number of exposures to physiologically damaging temperatures varied with tidal height (Petes et al. 2008). These results suggest that despite *Pisaster*'s ability to move, it nevertheless is exposed to varying conditions in the field, which may compromise its ability to feed (Pincebourde et al. 2008). When mussels collected from the mainland near Santa Cruz Island were exposed to a range of aerial body temperatures, mortality rates of 100% were observed for the following condition – body temperatures of 36°C for periods of 2 h or more for 3 days (Mislan unpubl.). Mussel biomimetic logger temperatures at Valley (Fig. 2A) approached 36°C once during this study suggesting that mussels can experience harmful body temperatures at some sites and not others on Santa Cruz Island which is in broad agreement with the mosaic structure of body temperature patterns of *Mytilus* along the coast of western north America (Helmuth et al. 2002, 2006a).

Habitat alone does not determine the distribution and abundance of these two species, and additional explicit mechanisms related to more than one dimension of the species' niche may be required to understand the present and future distribution of *Mytilus* and *Pisaster*. If the predator–prey interaction is included in the calculation of the niche, one can obtain better approximation of the realized niche of either species (Hutchinson 1957, Kearney 2006). We have shown that the temporal dynamics of body temperatures of an ectothermic predator–prey pair can significantly depart under different climate scenarios. Vertical distribution of *Mytilus* may actually expand if atmospheric temperatures in the future are stressful enough to decrease *Pisaster* feeding rates but not high enough to kill *Mytilus* (Pincebourde et al. 2008). Alternatively, a milder atmospheric temperature increase can positively affect *Pisaster* feeding rates and contract *Mytilus* vertical distribution. Since the vertical distribution of *Mytilus* can have major community-level consequences (Paine 1974), a statistical model describing associations between the distributions of organisms across a landscape and bioclimatic features can be considered at best as a ‘habitat model’ (Kearney 2006). Only when interspecific interactions and their sensitivity to climate become part of the bioclimate models we may be approaching functional trait-based multispecies distribution models which are capable of reliable ecological forecasting (Kearney and Porter 2004, Kearney 2006, McGill et al. 2006).

*Acknowledgements* – BRB acknowledges support from the National Center for Ecological Analysis and Synthesis a Center funded by NSF (Grant no. DEB-0553768), the Univ. of California, Santa Barbara, and the State of California. BH, LS and KAS were

supported by funding from NASA NNG04GE43G and by NOAA NA04NOS4780264.

References

Bendat, J. S. and Piersol, A. G. 1986. Random data: analysis and measurement procedures. – Wiley.

Blanchette, C. A. et al. 2006. Intertidal community structure and oceanographic patterns around Santa Cruz Island, California, USA. – *Mar. Biol.* 149: 689–701.

Broitman, B. R. et al. 2005. Recruitment of intertidal invertebrate and oceanographic variability at Santa Cruz Island, California. – *Limnol. Oceanogr.* 50: 1473–1479.

Buckley, B. A. et al. 2001. Adjusting the thermostat: the threshold induction temperature for the heat-shock response in intertidal mussels (genus *Mytilus*) changes as a function of thermal history. – *J. Exp. Biol.* 204: 3571–3579.

Buckley, L. B. et al. 2008. Thermal and energetic constrains on ectotherm abundance: a global test using lizards. – *Ecology* 89: 48–55.

Clark, J. S. et al. 2001. Ecological forecasts: an emerging imperative. – *Science* 293: 657–660.

Durant, J. M. et al. 2007. Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. – *Clim. Res.* 33: 271–238.

Fischer, D. T. and Still, C. J. 2007. Evaluating patterns of fog water deposition and isotopic composition on the California Channel Islands. – *Water Resour. Res.* 43: doi:10.1029/2006WR005124.

Fitzhenry, T. et al. 2004. Testing the effects of wave exposure, site, and behavior on intertidal mussel body temperatures: applications and limits of temperature logger design. – *Mar. Biol.* 145: 339–349.

Hallett, T. B. et al. 2004. Why large-scale climate indices seem to predict ecological processes better than local weather. – *Nature* 430: 71–75.

Harley, C. D. G. 2003. Abiotic stress and herbivory interact to set range limits across a two-dimensional stress gradient. – *Ecology* 84: 1477–1488.

Helmuth, B. 2002. How do we measure the environment? Linking intertidal thermal physiology and ecology through biophysics. – *Int. Comp. Biol.* 42: 837–845.

Helmuth, B. S. et al. 2002. Climate change and latitudinal patterns of intertidal thermal stress. – *Science* 298: 1015–1017.

Helmuth, B. et al. 2006a. Mosaic patterns of thermal stress in the rocky intertidal zone: implications for climate change. – *Ecol. Monogr.* 76: 461–479.

Helmuth, B. et al. 2006b. Living on the edge of two changing worlds: forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change. – *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 37: 373–404.

Huey, R. et al. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. – *Ecology* 70: 931–944.

Hugall, A. et al. 2002. Reconciling paleodistribution models and comparative phylogeography in the wet tropics rainforest land snail *Gnarosiphia bellendenkerensis* (Brazier 1875). – *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 99: 6112–6117.

Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. – *Cold Spring Harbour Symp. Quant. Biol.* 22: 415–427.

IPCC 2007. Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Rep. of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Camb. Univ. Press.

Kearney, M. 2006. Habitat, environment and niche: what are we modelling? – *Oikos* 115: 186–191.

Kearney, M. and Porter, W. P. 2004. Mapping the fundamental niche: physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. – *Ecology* 85: 3119–3131.

Kruskal, W. H. 1958. Ordinal measures of association. – *J. Am. Stat. Assoc.* 53: 814–861.

McGill, B. J., et al. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. – *Trends Ecol. Evol.* 21: 178–185.

Menge, B. A. et al. 1994. The keystone species concept: variation in interaction strength in a rocky intertidal habitat. – *Ecol. Monogr.* 64: 249–286.

Newell, R. C. 1973. Factors affecting the respiration of intertidal invertebrates. – *Int. Comp. Biol.* 13: 513–528.

Otero, M. P. and Siegel, D. A. 2004. Spatial and temporal characteristics of sediment and phytoplankton blooms in the Santa Barbara Channel. – *Deep Sea Res. II* 51: 1129–1149.

Paine, R. T. 1974. Intertidal community structure: experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. – *Oecologia* 15: 93–120.

Pearson, R. G. and Dawson, T. P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? – *Global Ecol. Biogeogr.* 12: 361–371.

Petes, L. E. et al. 2008. Effects of environmental stress on intertidal mussels and their seastar predators. – *Oecologia* 156: 671–680.

Pincebourde, S. et al. 2008. Body temperature during low tide alters the feeding performance of a top intertidal predator. – *Limnol. Oceanogr.* 23: 1562–1573.

Porter, W. P. and Gates, D. M. 1969. Thermodynamic equilibria of animals with environment. – *Ecol. Monogr.* 39: 245–270.

Porter, W. P. et al. 2000. Calculating climate effects on birds and mammals: impacts on biodiversity, conservation, population parameters, and global community structure. – *Am. Zool.* 40: 597–630.

Pörtner, H. O. and Knust, R. 2007. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. – *Science* 315: 95–97.

Robles, C. et al. 1995. Responses of a key intertidal predator to varying recruitment of its prey. – *Ecology* 76: 565–579.

Sanford, E. 1999. Regulation of keystone predation by small changes in ocean temperature. – *Science* 283: 2095–2097.

Sanford, E. 2002. Water temperature, predation, and the neglected role of physiological rate effects in rocky intertidal communities. – *Int. Comp. Biol.* 42: 881–891.

Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. 1981. Biometry. – W. H. Freeman.

Somero, G. N. 2005. Linking biogeography to physiology: evolutionary and acclimatory adjustments of thermal limits. – *Front. Zool.* 2: doi:10.1186/1742-9994-2-1.

Stevenson, R. D. 1985. Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms. – *Am. Nat.* 125: 102–117.

Stockwell, D. and Peters, D. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. – *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 13: 143–158.

Szathmary, P. L. et al. in press. Climate change in the rocky intertidal zone: predicting and measuring the body temperature of an intertidal keystone predator. – *Mar. Ecol. Prog. Ser.*

Winant, C. D. et al. 2003. Characteristic patterns of shelf circulation at the boundary between central and southern California. – *J. Geophys. Res.* 108: doi: 10.1029/2001JC001302.



## MOSAIC PATTERNS OF THERMAL STRESS IN THE ROCKY INTERTIDAL ZONE: IMPLICATIONS FOR CLIMATE CHANGE

BRIAN HELMUTH,<sup>1,6</sup> BERNARDO R. BROITMAN,<sup>2,7</sup> CAROL A. BLANCHETTE,<sup>2</sup> SARAH GILMAN,<sup>1,8</sup> PATRICIA HALPIN,<sup>2</sup>  
CHRISTOPHER D. G. HARLEY,<sup>3</sup> MICHAEL J. O'DONNELL,<sup>2</sup> GRETCHEN E. HOFMANN,<sup>4</sup> BRUCE MENGE,<sup>5</sup>  
AND DENISE STRICKLAND<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biological Sciences, University of South Carolina, Columbia, South Carolina 29208 USA

<sup>2</sup>Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, California 93106 USA

<sup>3</sup>Department of Zoology, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia V6T 1Z4 Canada

<sup>4</sup>Department of Ecology, Evolution and Marine Biology, University of California, Santa Barbara, California 93106 USA

<sup>5</sup>Department of Zoology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331 USA

**Abstract.** We explicitly quantified spatial and temporal patterns in the body temperature of an ecologically important species of intertidal invertebrate, the mussel *Mytilus californianus*, along the majority of its latitudinal range from Washington to southern California, USA. Using long-term (five years), high-frequency temperature records recorded at multiple sites, we tested the hypothesis that local “modifying factors” such as the timing of low tide in summer can lead to large-scale geographic mosaics of body temperature. Our results show that patterns of body temperature during aerial exposure at low tide vary in physiologically meaningful and often counterintuitive ways over large sections of this species’ geographic range. We evaluated the spatial correlations among sites to explore how body temperatures change along the latitudinal gradient, and these analyses show that “hot spots” and “cold spots” exist where temperatures are hotter or colder than expected based on latitude. We identified four major hot spots and four cold spots along the entire geographic gradient with at least one hot spot and one cold spot in each of the three regions examined (Washington–Oregon, Central California, and Southern California). Temporal autocorrelation analysis of year-to-year consistency and temporal predictability in the mussel body temperatures revealed that southern animals experience higher levels of predictability in thermal signals than northern animals. We also explored the role of wave splash at a subset of sites and found that, while average daily temperature extremes varied between sites with different levels of wave splash, yearly extreme temperatures were often similar, as were patterns of predictability. Our results suggest that regional patterns of tidal regime and local pattern of wave splash can overwhelm those of large-scale climate in driving patterns of body temperature, leading to complex thermal mosaics of temperature rather than simple latitudinal gradients. A narrow focus on population changes only at range margins may overlook climatically forced local extinctions and other population changes at sites well within a species range. Our results emphasize the importance of quantitatively examining biogeographic patterns in environmental variables at scales relevant to organisms, and in forecasting the impacts of changes in climate across species ranges.

**Key words:** biogeography; climate change; intertidal; mussel; *Mytilus californianus*; signal analysis; temperature; thermal stress; U.S. Pacific Coast.

### INTRODUCTION

The effects of temperature on the survival and physiological performance of organisms, and the subsequent influence of physiological temperature tolerance on species distributions patterns, have been major foci of investigation for decades (Orton 1929, Hutchins 1947, Vernberg 1962, Somero 2005). Virtually all physiological

processes are affected to at least some degree by the temperature of an organism’s body. Recent technological innovations at molecular and biochemical levels have precipitated major advances in our understanding of how temperature drives organismal physiology and ecology (e.g., Somero 2002, Dahlhoff 2004, Hofmann 2005). Exploring the role of organism temperature in driving species distribution patterns has assumed a further sense of urgency given changes in global climate (Intergovernmental Panel on Climate Change 2001), the observable impacts of these changes on ecological patterns in nature (Root and Schneider 1995, Parmesan and Yohe 2003, Root et al. 2003, Parmesan and Galbraith 2004, Harley et al. 2006), and a pressing need to forecast the impacts of climate change on natural

Manuscript received 9 June 2006; accepted 13 June 2006.  
Corresponding Editor: T. D. Williams.

<sup>6</sup> E-mail address: helmuth@biol.sc.edu

<sup>7</sup> Present address: National Center for Ecological Analysis and Synthesis, State St. 735, Suite 300, Santa Barbara, California 93101 USA.

<sup>8</sup> Present address: Friday Harbor Laboratories, University of Washington, Friday Harbor, Washington 98250 USA.

ecosystems (Clark et al. 2001, Halpin et al. 2004b, Gilman et al. 2006, Helmuth et al. 2006).

In many cases, however, our understanding of how the physical environment, and in particular aspects of climate, may limit the distribution of organisms is limited by our rather poor understanding of how physiologically relevant environmental factors vary in space and time (Hallett et al. 2004). In particular, we often know little of how "climate" is translated into patterns of body temperature, especially at spatial and temporal scales relevant to organisms (Helmuth 2002). Thus, while we have a general understanding of how large-scale climatic indices change over large geographic gradients (Stenseth et al. 2003), we often are at a loss as to how to explicitly test hypotheses relating to the influence of climate on levels of physiological performance (Chown et al. 2004, Hallett et al. 2004, Helmuth et al. 2005).

Mechanistically exploring the impacts of climate, and climate change, on the distribution of organisms in nature thus mandates a detailed knowledge of (1) how physiologically relevant environmental factors vary in space and time (Hallett et al. 2004, Holtmeier and Broll 2005); (2) how organisms interact with and perceive those environmental signals (Helmuth 2002, Helmuth et al. 2005, Gilman et al. 2006); and (3) what the physiological consequences of those varying signals are to the organism (Chown et al. 2004, Hofmann 2005, Somero 2005), including how organisms may adapt and physiologically acclimate to those signals (Clarke 2003, Stillman 2003). While significant progress has been made in all of these arenas, recent studies have emphasized that the physical environment can vary on scales that are not only highly complex but often counterintuitive (Underwood and Chapman 1996, Helmuth and Hofmann 2001, Helmuth and Denny 2003, Denny et al. 2004, Wright et al. 2004). The body temperatures of ectothermic organisms are often quite different from the temperature of the surrounding air or substratum (Porter and Gates 1969, Stevenson 1985, Huey et al. 1989). Subsequently, two organisms exposed to identical climatic conditions can experience markedly different body temperatures and thus very different levels of physiological stress, even when physiological responses to temperature are similar. Thus, patterns of organism temperature can vary over a wide range of temporal and spatial scales, even when broad-scale climatic patterns appear far simpler (Holtmeier and Broll 2005, Gilman et al. 2006). Moreover, physiological responses to fluctuating temperatures are often complex, and simple metrics such as average temperature may not be a sufficient indicator of physiological stress (Buckley et al. 2001, Halpin et al. 2004a). Knowing how and when to look for the effects of climate change, either through direct empirical observation or through modeling, therefore requires an explicit understanding of how potentially limiting factors such as body temperature vary over space and time, as well as knowledge of how physiological tolerance to those parameters varies along comparable scales (Halpin et

al. 2002, 2004a, Clarke 2003, Stillman 2003, Tomanek and Sanford 2003, Kearney and Porter 2004, Wright et al. 2004, Dethier et al. 2005, Stenseng et al. 2005).

The intertidal zone, the interface between marine and terrestrial environments, has long served as a model for examining the effects of climate on species distributions (Connell 1972) and may also prove an excellent model for the effects of climate change on species distributions (Hawkins et al. 2003, Harley et al. 2006, Helmuth et al. 2006). Here, we explicitly quantify spatial and temporal patterns in the body temperature of an ecologically important species of intertidal invertebrate, the mussel *Mytilus californianus*, along the majority of its latitudinal range from Washington to southern California, USA. We present long-term (5-yr) temperature records recorded at multiple sites along the west coast of the United States. We show that patterns of body temperature vary in potentially physiologically meaningful and often counterintuitive patterns over large sections of this species' geographic range. We use temporal autocorrelation to evaluate year-to-year consistency and temporal predictability in the mussel body temperatures along this large-scale gradient. Additionally, we evaluate the spatial correlations among sites to explore how body temperatures change along the latitudinal gradient, and explore the role of wave exposure at a subset of sites to explore the relative importance of wave splash in driving patterns of body temperature.

#### *The roles of aerial and aquatic body temperatures in the intertidal zone*

The upper zonation limits of many rocky intertidal organisms are thought to be set by some aspect of thermal or desiccation stress related to aerial exposure at low tide (Connell 1972), and organisms living in this habitat have been shown to exist at or near the edges of their thermal tolerance limits (Davenport and Davenport 2005). The intertidal zone is a model ecosystem for exploring the effects of climate, and climate change, on natural communities (Fields et al. 1993, Southward et al. 1995, Sagarin et al. 1999, Helmuth et al. 2006). The body temperature of intertidal invertebrates and algae at low tide is a crucial determinant of organism survival and performance (Somero 2002, 2005). Many studies have documented that the production of heat shock proteins (hsps) occurs after exposure to temperatures experienced during low tide (Sanders et al. 1991, Roberts et al. 1997, Hofmann 1999, Somero 2002, Tomanek 2002, Tomanek and Sanford 2003, Dahlhoff 2004, Halpin et al. 2004a, Li and Brawley 2004, Snyder and Ross 2004) and that the production of these proteins and their use in chaperoning activity exerts a metabolic cost (Heckathorn et al. 1996, Iwama et al. 1998). Other studies have shown physiologically significant impacts of aerial body temperature on the heart function of intertidal invertebrates (Stillman 2003, Stenseng et al. 2005).

Water temperature has also been shown to be an important limiting environmental factor, affecting rates

of feeding (Sanford 1999, 2002), larval mortality, and reproductive success (Hoegh-Guldberg and Pearse 1995). It may also influence the body temperature of intertidal organisms during low tide by setting the initial temperature following emersion, and by influencing rock temperature (Wethey 2002, Gilman et al. 2006). Moreover, it is an indicator of upwelling, another important driver of geographic distributions (Broitman et al. 2001, Leslie et al. 2005, Blanchette et al. 2006). While the relative importance of aerial and aquatic body temperatures to organismal survival remains unresolved, evidence suggests that both are likely important determinants of the physiological function and geographic distribution of intertidal species. As a result, the local and geographic responses of intertidal organisms are expected to display strong responses to changes in both terrestrial and aquatic climatic conditions (Lubchenco et al. 1993, Sanford 1999, Somero 2002, Harley 2003, Helmuth et al. 2006).

However, to date most studies have focused exclusively on the role of water temperature in driving temporal and spatial patterns of intertidal assemblages (e.g., Barry et al. 1995, Schiel et al. 2004). Moreover, physiological evidence suggests that not only the magnitude of extremes in temperature, but also the duration, frequency, and time history of these events may be important determinants of survival (Buckley et al. 2001, Crozier 2004, Halpin et al. 2004a, Wright et al. 2004). Explicitly quantifying spatial and temporal patterns in both aerial and aquatic body temperature is thus a necessary first step in generating hypotheses regarding the likely impacts of climatic variability on the geographic distributions of intertidal invertebrates.

Recent studies suggest that patterns of aerial body temperature may be more geographically complex than anticipated in coastal communities (Helmuth et al. 2002). Multiple factors interact to drive the body temperature of an intertidal alga or invertebrate during aerial exposure. The absolute tidal height of an organism on the shore, the amount of wave splash that it receives, and the local tidal cycle all interact to determine the timing and duration of exposure to terrestrial conditions at low tide. While exposed, substratum angle plays a major role in determining the amount of solar radiation received (Schoch and Dethier 1996, Helmuth and Hofmann 2001). Patterns of local climate such as fog can also have a significant modifying effect. Many of these factors (such as the effects of substratum aspect) can be very localized (Helmuth and Hofmann 2001). Other factors, such as regional differences in the timing of low tide (Denny and Paine 1998), may be sufficiently extensive to have biogeographic consequences for intertidal organisms (Helmuth et al. 2002). Yet other modifying influences, such as wave splash, may operate at intermediate scales (Schoch and Dethier 1996). As a result, while climatic conditions generally become increasingly colder moving poleward along coastlines, the occurrence of local "modifying factors" may theo-

retically override the impacts of climatic gradients, leading to mosaic patterns of temperature (Helmuth et al. 2006), as has been suggested for terrestrial ecosystems (Holtmeier and Broll 2005). This model suggests that the impacts of climate change will be most effectively detected by conducting investigations throughout species ranges rather than just at the margins of species ranges (Helmuth et al. 2002, Sagarin and Somero 2006). Specifically, this concept suggests that climate change may exhibit disproportionately large impacts at a series of "hot" and "cold" spots within species ranges (Helmuth et al. 2006), rather than causing simple latitudinal range shifts. Helmuth et al. (2002) for example, showed that because summer-time low tides occur in the middle of the day at northern latitudes, aerial body temperatures of mussels at sites in Oregon were as hot as some sites in Southern California, where summertime low tides seldom occur midday. As a result, Helmuth et al. (2002) predicted that mortality and physiological stress due to climate change would likely be detected not only at range margins, but also at hot spots within the species range. However, this study was conducted over only a one year time period, and at a limited number of sites.

Here, we explore this concept in detail using long-term, high-frequency measurements of temperatures relevant to the body temperatures of intertidal mussels (*Mytilus californianus*). We use this data set to test the hypothesis that aerial thermal regimes do not decrease monotonically with increasing latitude, and that "hot spots" and "cold spots" exist along the west coast of the United States. We furthermore explore the role of local patterns of wave splash in driving aerial thermal regimes, and patterns of temporal variability to investigate the concept that there exist geographic patterns in the predictability of thermal stress that may be detectable by intertidal organisms.

## METHODS

### *Temperature instrumentation*

Like terrestrial ectotherms (Porter and Gates 1969), the body temperatures of intertidal invertebrates during low tide are driven by multiple, interacting climatic factors such as solar radiation, wind speed, relative humidity and air and ground temperatures (Johnson 1975, Helmuth 2002). Furthermore, the shape, color, and mass of the organism also affect body temperature. Thus, two organisms exposed to identical climatic conditions can display very different temperatures (Porter and Gates 1969, Etter 1988, Helmuth 2002). As a result, during aerial exposure the body temperatures of intertidal organisms are often quite different from the temperature of the surrounding air, and can vary from one another by more than 15°C, even over scales of <20 cm (Bertness 1989, Helmuth 1998, Helmuth and Hofmann 2001).

As is the case for organisms, the shape, size and color of a data logger can influence the temperature that it records while in air (Heath 1964), and one type of logger

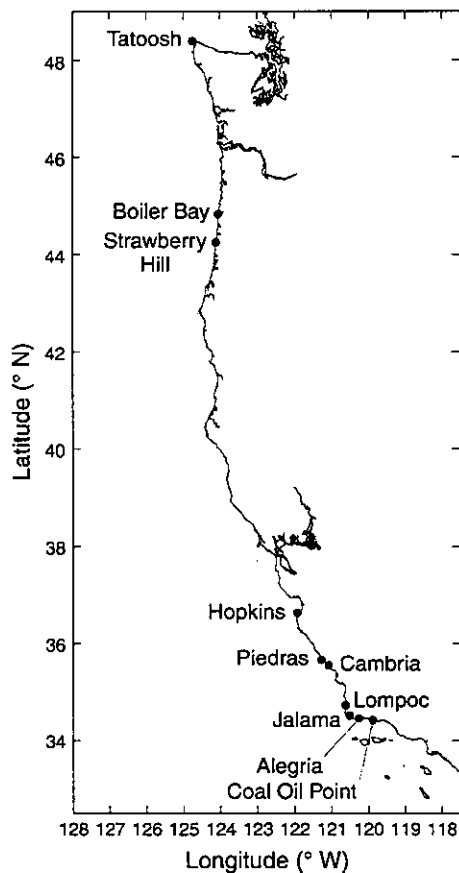


FIG. 1. Map of all deployment sites along the U.S. Pacific Coast.

is unlikely to serve as an effective proxy for all species at a site (Fitzhenry et al. 2004). We therefore matched the thermal characteristics of living mussels using a series of biomimetic sensors. Commercially available Tidbit loggers (Onset Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, USA) were either encased in black-tinted epoxy (Fitzhenry et al. 2004) or were placed in real mussel shells that were filled with silicone (Helmuth and Hofmann 2001). Fitzhenry et al. (2004) have previously shown that this species does not appear to cool via the evaporation of water even when forced to gape, and so does not behaviorally thermoregulate. Our loggers thus recorded the body temperatures of living mussels to within  $\sim 2\text{--}2.5^\circ\text{C}$  during aerial exposure at low tide (Helmuth and Hofmann 2001, Fitzhenry et al. 2004).

#### Deployment sites

The primary goal of this study was to explore the role of the timing of low tide in driving latitudinal patterns in body temperature. We attempted to hold other local modifying factors such as wave splash, substratum aspect, and relative tidal height constant. Loggers were deployed at the seaward (wave-exposed) margins of 10 sites along the U.S. Pacific Coast (Fig. 1, Table 1): one

site in Washington (Tatoosh Island; see Plate 1); two sites in Oregon (Boiler Bay and Strawberry Hill); and seven sites in California (Hopkins, Piedras Blancas, Cambria, Lompoc, Jalama, Alegria, and Coal Oil Point [COP]). At three sites (Strawberry Hill, Boiler Bay, and Hopkins), loggers were additionally deployed at wave-protected (sheltered) areas adjacent to the wave-exposed sites to explore the role of wave splash. It should be noted, however, that the "wave protected" site at Boiler Bay, a bench landward of the wave-exposed bench, is less sheltered than the Hopkins or Strawberry Hill sites (Fitzhenry et al. 2004). All loggers were deployed on approximately horizontal substrata, which was verified using a Brunton inclinometer. Deployment durations varied from site to site, and were interrupted by instrument loss and damage. Our longest continuous deployment was at Hopkins (Monterey Bay, California), which was initiated in 1998 (Helmuth and Hofmann 2001) and is ongoing, while our shortest deployment was 431 days at Tatoosh Island. For some analyses, we grouped these sites into three regions: Washington-Oregon (WaOr; Tatoosh, Boiler Bay, and Strawberry Hill), Central California (CenCal; Hopkins, Piedras Blancas, and Cambria), and Southern California (SoCal; Lompoc, Jalama, Alegria, and COP). Data from a few additional sites were not included in the analysis because of data sparseness (short deployment or very recent deployment) but are included in the Appendix for comparison (Bamfield [Seppings Island], British Columbia; Cattle Point, Washington; Collin's Cove, Washington; Bodega Bay, California; and Boat House, California).

#### Instrument deployment

Previous results indicated that variability between microsites at any given location was generally rather low, as long as instruments were deployed in regions with similar wave exposure, and on a uniform substratum angle (Helmuth et al. 2002, Harley and Helmuth 2003, Fitzhenry et al. 2004). Wave splash was quantified at each site using the method of Harley and Helmuth (2003) which compares the timing of "effective shore level" (the tidal height at which loggers are cooled by the returning tide) against the absolute tidal height (as measured using a laser level or theodolite; Table 2). The difference between the two values is estimated as the average wave run-up (AWR), i.e., the average distance that waves "run up" the shore above the still tide line after breaking. Loggers were affixed to the rock surface using Z-spar epoxy putty (Splash Zone compound A-788, Kop-Coat, Inc., Rockaway, New Jersey, USA) oriented in approximate growth position (Helmuth et al. 2002). The number of loggers retrieved varied due to instrument loss, ranging from three to six (Table 2). Each logger recorded average temperature at an interval of 10 or 15 min. Using the daily extremes of these high-frequency observations across all loggers deployed at a site, we calculated the average daily minima and

TABLE 1. Names and positions of all sites and locations discussed in the study, ordered from north to south.

| Region | Location                 | Alongshore position (km) | Latitude (° N) | Longitude (° W) |
|--------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|
| WaOr   | Tatoosh Island, WA       | 1660.1                   | 48.39          | 124.74          |
| WaOr   | Boiler Bay, OR           | 1260.7                   | 44.83          | 124.05          |
| WaOr   | Strawberry Hill, OR      | 1196                     | 44.25          | 124.12          |
| CenCal | Hopkins, CA              | 327.1                    | 36.62          | 121.90          |
| CenCal | Piedras Blancas, CA      | 208.11                   | 35.66          | 121.28          |
| CenCal | Cambria, CA              | 185.66                   | 35.54          | 121.10          |
| SoCal  | Lompoc, CA               | 84.175                   | 34.72          | 120.61          |
| SoCal  | Jalama, CA               | 57.722                   | 34.50          | 120.50          |
| SoCal  | Alegria, CA              | 37.284                   | 34.47          | 120.28          |
| SoCal  | Coal Oil Point (COP), CA | 0                        | 34.41          | 119.88          |

Notes: All coordinates were measured using the WGS84 system. State abbreviations: WA, Washington; OR, Oregon; CA, California.

maxima. Temperature observations during high tide (estimated by comparing temperature records against tide tables) were used to calculate average daily seawater temperature. We then used these daily statistics to calculate the average daily maxima and minima for the entire period of record for each site, a measure of "chronic" stress that incorporates both water and aerial temperature (Helmuth and Hofmann 2001), as daily extremes over the time period reflect extremes from both environments. We also calculated the highest and lowest temperatures recorded at each site for the period of February 2002–February 2003 in order to compare patterns of extreme or "acute" temperatures (Helmuth and Hofmann 2001), a reflection of aerial temperature extremes (Table 3). This time period represents the longest nearly continuous record available for most sites, with the exception of 2001, which was discussed in an earlier paper (Helmuth et al. 2002).

From the daily statistics, we calculated monthly summary statistics for each logger for every month with at least 25 days of data. Data for all sites, when available, are presented in the Appendix. For these long-term estimates, we applied a filter of 30 min as a smoothing function, calculating the highest and lowest temperature that occurred for a minimum of 30 min/d (the 97.9 and 2.1 percentile, respectively; Fitzhenry et al. 2004; Appendix).

#### Data analysis

Our hypothesis-testing framework was geared toward dissecting the main spatial and temporal patterns of variation of daily extremes in mussel body temperature. In order to examine spatial patterns, we relied on standard regression techniques to test for a latitudinal thermal gradient. Temporal patterns were examined with two different analyses to characterize the thermal regimes at every site with suitable temporal records. First, using temperature return times we examined the cumulative risk of experiencing a physiologically critical temperature. Second, we used temporal autocorrelation to examine the time-varying predictability in temper-

ature extremes. These spatial and temporal analyses are detailed in the next two subsections.

#### Spatial patterns

We tested for latitudinal gradients in daily maximum and minimum mussel body temperature using a regression model of the alongshore distance between sites and mussel body temperature statistics. This regression analysis tested the hypothesis that mussel body temperature extremes change with the large-scale (latitudinal) gradient in solar radiation and air temperature. We used the alongshore distance instead of latitude in order to appropriately represent the two Santa Barbara Channel sites (Alegria and COP), which are located along the same latitude (Table 1, Fig. 1), and preserve the spatial relationship across sites. The use of this criterion does not affect the general trend of decreasing temperature with latitude as the Santa Barbara Channel sites experience much warmer atmospheric and oceanographic conditions than the open coast sites (Lompoc and Jalama) located at approximately the same latitude (Cudaback et al. 2005). In order to examine the

TABLE 2. Descriptions of each wave-exposed site and of logger deployments.

| Location        | Average wave run-up (cm) | No. loggers | Tidal height (cm) | Tidal height (proportion of range) |
|-----------------|--------------------------|-------------|-------------------|------------------------------------|
| Tatoosh Island  | 67.9                     | 4–5         | 170               | 0.71                               |
| Boiler Bay      | 66.1                     | 3–6         | 112               | 0.48                               |
| Strawberry Hill | 47.4                     | 3–5         | 157               | 0.68                               |
| Hopkins         | 94.3                     | 4           | 175               | 1.09                               |
| Piedras Blancas | 81.8                     | 6           | 162               | 1.01                               |
| Cambria         | NA                       | 3           | 139               | 0.87                               |
| Lompoc          | 58.2                     | 3–4         | 133               | 0.84                               |
| Jalama          | 50.0                     | 4–6         | 114               | 0.72                               |
| Alegria         | 36.7                     | 4           | 110               | 0.68                               |
| Coal Oil Point  | 31.0                     | 3–4         | 81                | 0.50                               |

Notes: Loggers were deployed near the middles of mussel beds at each site (reported as both height above mean lower low water [MLLW] and scaled as proportion of diurnal tidal range). Data are not shown for wave-protected subsites. Note that absolute tidal range increases with latitude and is ~50% higher at northern latitude sites than at southern sites.

TABLE 3. Long-term means of daily statistics and extremes for the period February 2002–February 2003 at all wave-exposed locations.

| Location        | Intertidal mussel temperature (°C) |               |         |                 |                   |
|-----------------|------------------------------------|---------------|---------|-----------------|-------------------|
|                 | Average                            | Daily average |         | Yearly maximum† | Month of maximum‡ |
|                 |                                    | Minimum       | Maximum |                 |                   |
| Tatoosh Island  | 9.9604                             | 8.0302        | 13.249  | 25.44 ± 4.36    | May               |
| Boiler Bay      | 11.465                             | 8.6199        | 18.179  | 34.72 ± 2.22    | July              |
| Strawberry Hill | 11.22                              | 8.8817        | 16.621  | 27.08 ± 7.00    | July              |
| Hopkins         | 13.905                             | 11.178        | 19.518  | 33.59 ± 2.38    | April             |
| Piedras Blancas | 13.234                             | 10.539        | 19.794  | 33.64 ± 3.59    | April             |
| Cambria         | 13.786                             | 10.208        | 21.416  | 35.30 ± 0.86    | April             |
| Lompoc          | 13.871                             | 11.134        | 19.861  | 31.15 ± 3.13    | June              |
| Jalama          | 14.995                             | 11.645        | 22.452  | 35.46 ± 1.43    | May               |
| Alegria         | 15.691                             | 11.92         | 23.434  | 39.50 ± 3.83    | June              |
| Coal Oil Point  | 15.713                             | 12.688        | 20.636  | 34.32 ± 1.89    | June              |

† Hottest temperature recorded for at least half an hour (mean ± SD for all loggers at each site).

‡ Month in which the extreme high temperature was recorded.

hypothesis that hot-spots and cold-spots may exist regardless of their latitudinal position we used a third-order polynomial regression of alongshore position with the long-term means of daily maximum and minimum temperature and plotted the bivariate relationship between residuals for each site using all data. The polynomial fit was used to remove the large-scale spatial structure in the data. Residuals from the large-scale model represent temperature variations due to local-scale processes (Legendre and Legendre 1998). We statistically tested the presence of cold and hot spots by fitting the polynomial regression across all sites during the only period when all sites had concurrent temperature measurements (13 January–18 July 2001, 183 days) and using a one-tailed *t* test to examine if the daily deviations from the large-scale model at every site were significantly smaller or greater than zero for average daily minima and maxima, respectively.

To compare the magnitude of variation within and among sites, we used variance components analysis to quantify the magnitude of variation in average daily maximum logger temperature among sites, replicate loggers within sites, and replicate days of observations within loggers. We independently tested for the influence of wave splash on mussel temperature, by regressing the residuals from the polynomial regression (i.e., deviations from the expectations based on latitude) against the average wave run-up (AWR) for each site. We similarly tested for the effects of logger intertidal height (both absolute and as a percentage of tidal range, Table 2) using linear regression analysis.

#### Temporal patterns

Because high-temperature stress is known to affect mussel distribution and physiology, we examined the distributions of daily maxima for all exposed sites for which we had a concurrent, continuous data set. We used a period from 12 January to 13 November 2001 at all exposed sites except Cambria and COP, where data were lacking. Previous data indicate that brief exposure

to temperatures above 30°C are sufficient to induce production of hsp's in *M. californianus* (Halpin et al. 2004a), so we used this temperature as a basis for comparing the potential for thermal stress among exposed sites. We calculated a survival distribution function ( $1 - F(x)$ , where  $F(x)$  is the cumulative distribution function), from which we derived the probability of observing a daily maximum above 30°C.

We used the daily statistics to study the dynamical behavior of mussel body temperature by examining patterns of temporal autocorrelation using data from January 2000 through December 2004. We examined daily patterns of variation at short but physiologically relevant time scales with our maximal temporal scale being 28 days. The raw daily time series showed a strong seasonal cycle that can bias autocorrelation estimates through serial correlation (i.e., inflate autocorrelation at short time lags). Due to the limited number of years in the record and temporal gaps in several of the time series, it was not possible to remove the annual cycle using harmonic regression. Thus, we removed seasonality by first-order differencing such that the first difference,  $D$ , at time  $t$  and temperature  $T$  is  $D = T(t) - T(t - 1)$ . We then centered each time series by subtracting the mean and dividing by the standard deviation and calculated the unbiased temporal autocorrelation of mussel body temperature (Bendat and Piersol 1986, Denny et al. 2004). We computed conservative confidence intervals for autocorrelation by calculating them for the time series with fewer degrees of freedom at each lag in the comparisons by regions (see *Results*). Due to the limited length of the time series, autocorrelation estimates were calculated using all available pairs of data at each time lag.

#### Wave exposure

To examine the role of wave splash, we separately compared the three sites where a suitable record of different wave-splash regimes existed (Boiler Bay, Oregon; Strawberry Hill, Oregon; and Hopkins, Cal-

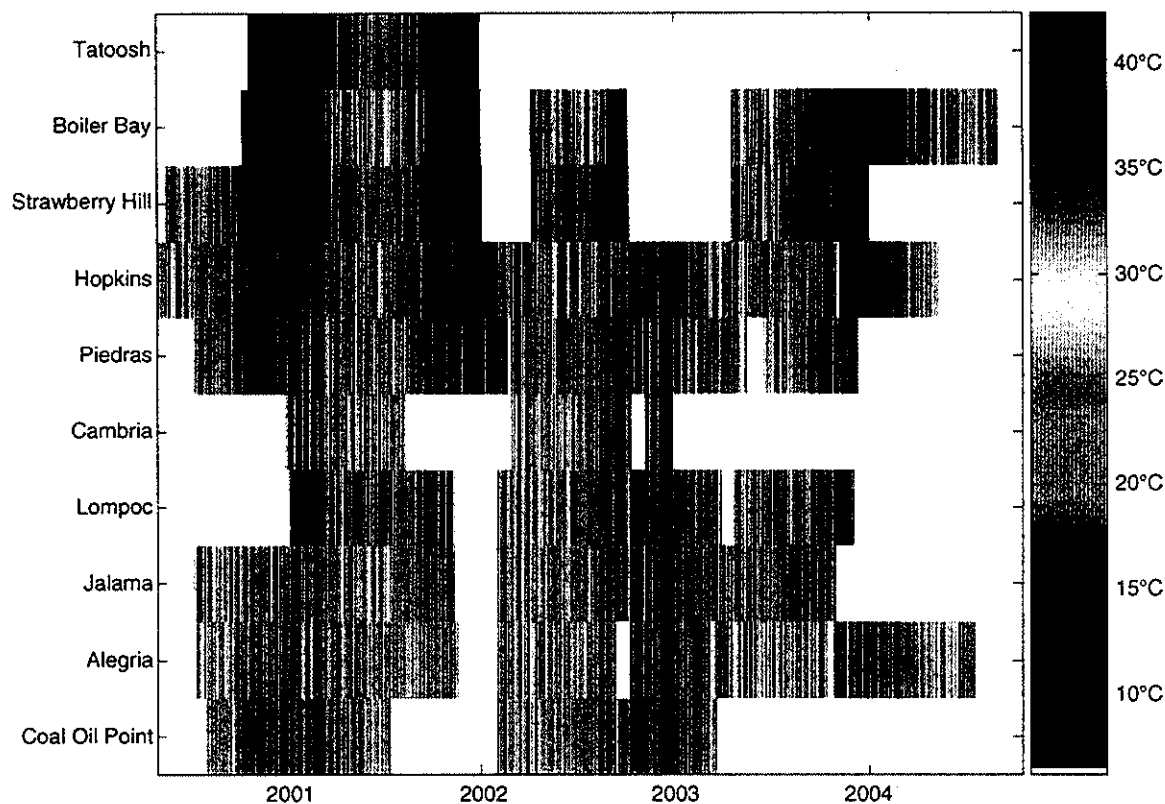


FIG. 2. Daily maximum mussel body temperature at all sites from 1 January 2000 to 31 December 2004. Sites are sorted latitudinally from north (top) to south (bottom). The color bar on the right side of the figure is the key to the temperatures shown in the figure, which range from 6° to 42°C.

ifornia). Specifically, we tested the hypothesis that mussels at wave-protected locations experience hotter and less variable temperature than their wave-exposed counterparts. In order to follow a hierarchical approach to examine temperature variability, we compared mussel body temperature extremes through correlation and examined their temporal dynamics through their autocorrelation functions at all three pairs of sites. This allowed us to examine temperature variations at the regional and local scales, over a range of temporal scales. Thus, we examined nested scales of variation, exploring the effect of wave splash on temperature over tens of meters and comparing differences in temperature due to latitude over hundreds of kilometers. All analyses were performed using Matlab 7.01 v.14 (Mathworks, Natick, Massachusetts, USA) or SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA).

## RESULTS

### *Spatial patterns in extreme temperatures*

In accordance with our previous results from 2001 (Helmuth et al. 2002), yearly extremes in maximum body temperature from 2002 revealed a highly variable thermal mosaic (Table 3, Fig. 2), with no clear latitudinal pattern. The probability of exposure to a temperature over 30°C, at which induction of the heat-

shock response is likely, also showed a complex spatial pattern, with sites having a relatively high probability interspersed with sites having a lower probability (Fig. 3). In contrast, the long-term averages of daily minimum and daily high tide body temperature did show a fairly strong latitudinal gradient (Table 3, Figs. 4 and 5).

Results of the ANOVA confirmed that between-site variability in logger temperature were greater than within-site variability. Separate analysis on daily maxima and minima both showed greater variance among sites than within sites (20% vs. 8% for maxima, 45% vs. 3% for minima). In both analyses, day-to-day variation within loggers represented the greatest variance component. The observation of greater variance among than within sites suggests that microsite differences were indeed quite low, and were unlikely to be driving site-level temperature differences. The regression of residuals vs. average wave run-up (a measure of wave splash) and logger height showed that there were no relationships between either maximum or minimum temperature for both of these metrics, again confirming that the patterns observed were not due to variability in logger placement.

The results of the polynomial regression of the daily minimum and maximum temperatures aid in elucidating the complex geographic pattern. Moreover, the analysis provides a means of objectively identifying sites as hot

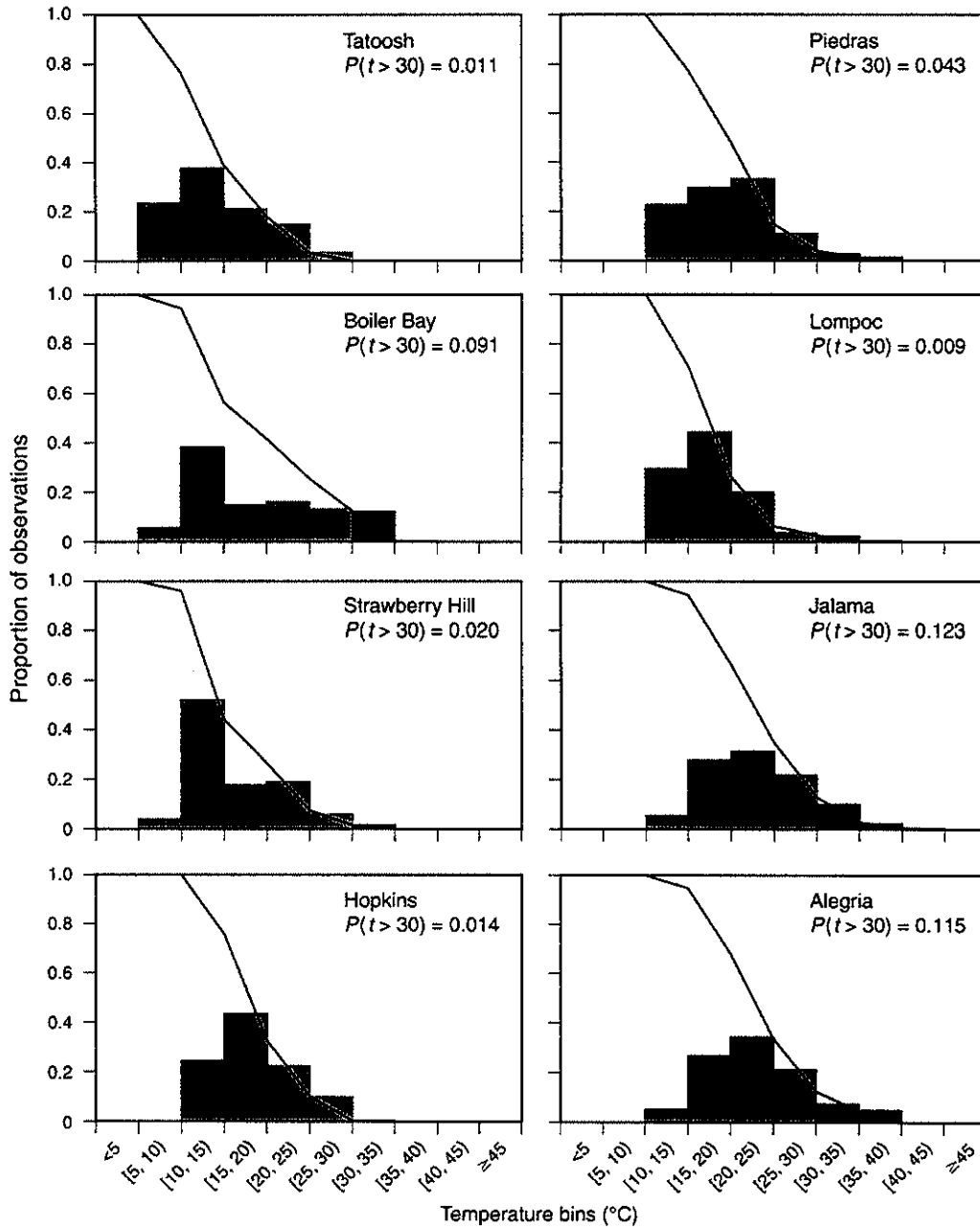


FIG. 3. Distributions and survival function for daily maximum body temperature at all wave-exposed sites (except Cambria and Coal Oil Point) ranging from northernmost to southernmost from top left panels to bottom right panels, for the period 12 January–13 November 2001. Temperatures are binned in 5° temperature bins, and histograms represent the proportional occurrences of temperatures in these bins in the time period. The  $P(t > 30)$  in each case represents the probability that any given temperature will exceed 30°C.

and cold spots based on long term trends in daily minima and maxima. The polynomial regression demonstrates that while a simple spatial model can explain some variation in long-term measurements in daily maxima and minima (Fig. 6), important deviations from predicted temperatures remain, with sites having colder daily minima and hotter daily maxima than expected. The bivariate relationship between minimum and

maximum temperature residuals from the polynomial regression shows that departures from the latitudinal model are not sorted geographically (Fig. 7, Table 4). Here, we define a hot spot as a site with maximal daily temperatures that are warmer than expected based on the expectation of latitudinal gradient and a cold spot as a site with daily minimal temperatures that are colder than expected based on the latitudinal gradient. There





PLATE 1. Measurements of intertidal heights were conducted at most sites with a laser level, using a reference point obtained by observing still tidal height on multiple days. The site shown here is Strawberry Draw, Tatoosh Island, Washington, USA. Photo credit: B. Helmuth.

were at least four major hot spots among the locations examined: Boiler Bay (WaOr), Cambria (CenCal), and Alegria and Jalama (SoCal). The long-term average of the average daily maximum temperatures at these sites was around a full degree Celsius hotter than predicted by the geographic structure, with Alegria being 1.73°C hotter. Although departures from the latitudinal model were smaller in the case of average daily minima, the analysis identified four sites as cold-spots during the period of time examined: Boiler Bay (WaOr), Cambria (CenCal), and Alegria and Jalama (SoCal; Table 4). Strikingly, three sites appeared as both a hot and cold spot suggesting they experienced extreme thermal variability with respect to the rest of the sites used as the latitudinal sample. The one-tailed *t* test for the residuals of the daily latitudinal model supported the conclusions reached by examining only the residuals of the long-term means (Table 4).

#### *Temporal patterns*

In order to examine the dynamical behavior of extremes in mussel body temperature, we calculated the temporal autocorrelation at all exposed locations within each region. In the SoCal region, the dominant signal related to tidal forcing as evidenced by the positive autocorrelation estimates around 14- and 28-d lags (Fig. 8E and 8F). Similarly, negative autocorrelation is evident around opposite phases of the tidal cycle (i.e., 7- and 14-d lags). The tidal signal is more

pronounced in the autocorrelation of maximum body temperatures. Although the strength of the tidal signal is still evident in the autocorrelation of maximum and minimum daily mussel body temperature in the CenCal region (Fig. 8C and 8D), the tidal pattern is completely absent in the WaOr region (Fig. 8A and 8B). One of the most prominent features of the autocorrelation function is the large negative autocorrelation observed at short time lags. The pattern of temporal variability over short time lags is in striking contrast with the tidal signal, with the WaOr region showing the largest and more persistent negative autocorrelation estimates at short time lags (1–3 d) in the three regions. In the CenCal region, negative autocorrelation at short time lags was largely confined to 1-d lags and to the opposite phases of the tidal cycle. The SoCal region showed a moderate day-to-day variation in maximum body temperatures with marginally significant negative autocorrelation observed 1-d lags in maximum body temperatures, but with a persistent negative autocorrelation pattern over 1- to 10-d lags in minimum body temperatures.

#### *Contrasts between exposed and protected locations*

Daily maximum and minimum mussel body temperatures were always correlated between exposed and protected locations within sites (Fig. 9, Table 5). Tighter correlations were observed with measures of minimum temperatures at exposed and protected sites, and the linear trends tended to closely follow a 1:1 relationship

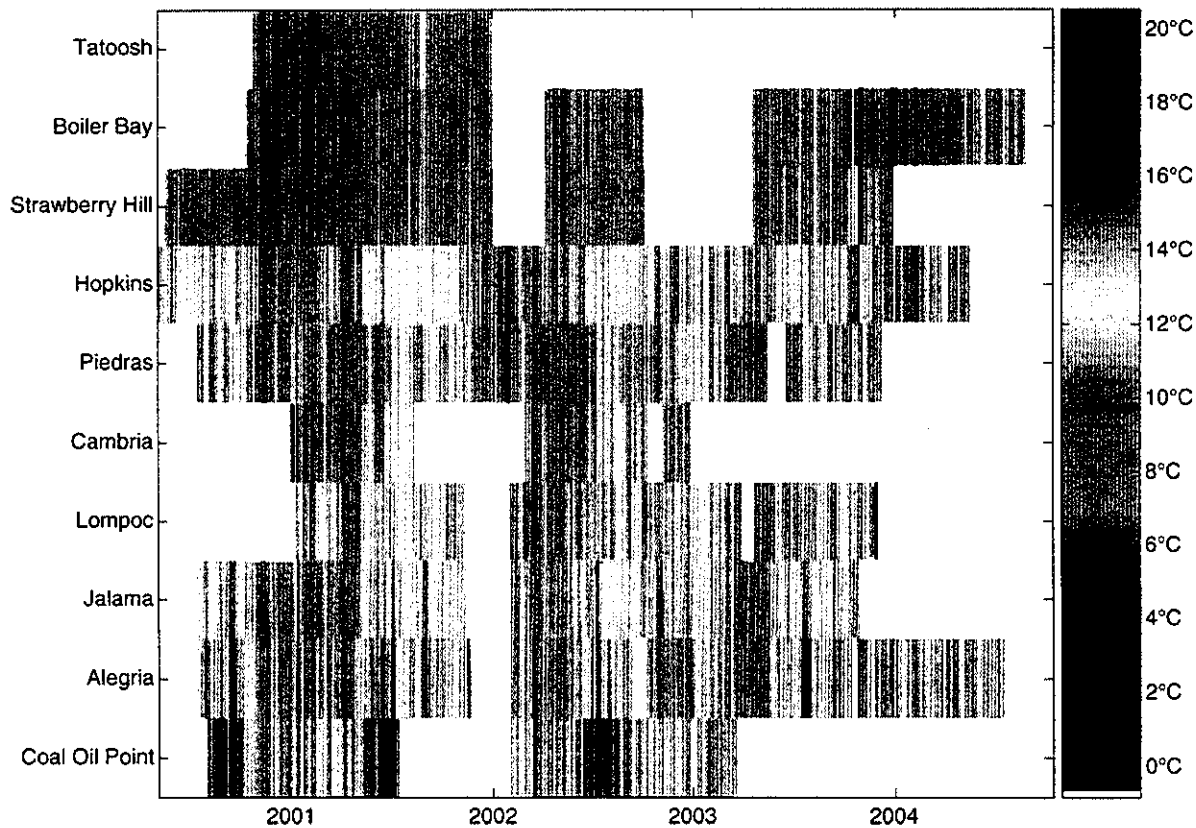


FIG. 4. Time series of daily minimum mussel body temperature at all sites from 1 January 2000 to 31 December 2004. Sites are sorted latitudinally from north (top) to south (bottom). Temperatures range from  $-1^{\circ}$  to  $21^{\circ}\text{C}$ .

(Fig. 9A, C, and E; Table 5). In agreement with the correlation patterns, we did not find differences in minimum daily mussel body temperatures within any site ( $t$  test; Hopkins,  $P = 1$ ; Strawberry Hill,  $P = 1$ ; Boiler Bay,  $P = 0.32643$ , Table 5). Protected locations were hotter (on average) than their exposed counterparts when we compared maximum daily mussel body temperatures ( $t$  test; all locations,  $P < 0.0001$ , Table 5). It was apparent that at higher daily minimum temperatures, the temperatures at the exposed and protected locations converged (Fig. 9E) perhaps because the minima on those days reflect water temperature at high tide, when both protected and exposed locations are submerged. In contrast, at higher average daily maximum temperatures, exposed locations tended to stay cooler than protected locations, probably indicating the amelioration of high temperatures in exposed area by wave splash (Fig. 9F).

We found that patterns of autocorrelation in extreme temperatures at exposed and protected at any given site showed almost identical patterns. The autocorrelation function of minimum temperatures is strikingly similar at any given site regardless of wave exposure (Fig. 10A, C, and E). An interesting feature was the presence of a small-scale (1–2-d lags) negative autocorrelation indicating that minimum temperatures were extremely variable

from day to day. A similar picture was evident in the autocorrelation of maximum temperatures where exposed and protected locations behaved similarly across exposed and protected locations at all sites (Fig. 10B, D, and F). As we had detected before for all exposed locations, the tidal signal became stronger with decreasing latitude (Fig. 7) for both exposed and protected locations at all three sites. The magnitude of the negative autocorrelation at 1-d lag at the protected location in Strawberry Hill was the largest detected in the present study (Fig. 10D,  $r = -0.36056$ ).

## DISCUSSION

### *The significance of latitude*

Geographic patterns of environmental variables play an important role in the ecology and evolution of broadly distributed species. Because abiotic factors such as solar radiation, day length, wave height, upwelling, the timing of low tide, and air and water temperature can all vary with latitude, physiological stress, and organismal performance are expected to change with latitude as well, but often in nonintuitive ways. Here, we show that the latitudinal patterns in the aerial body temperatures of *Mytilus californianus* are complex, and that patterns vary depending on whether one looks at water temperature, long-term averages of daily maxima and

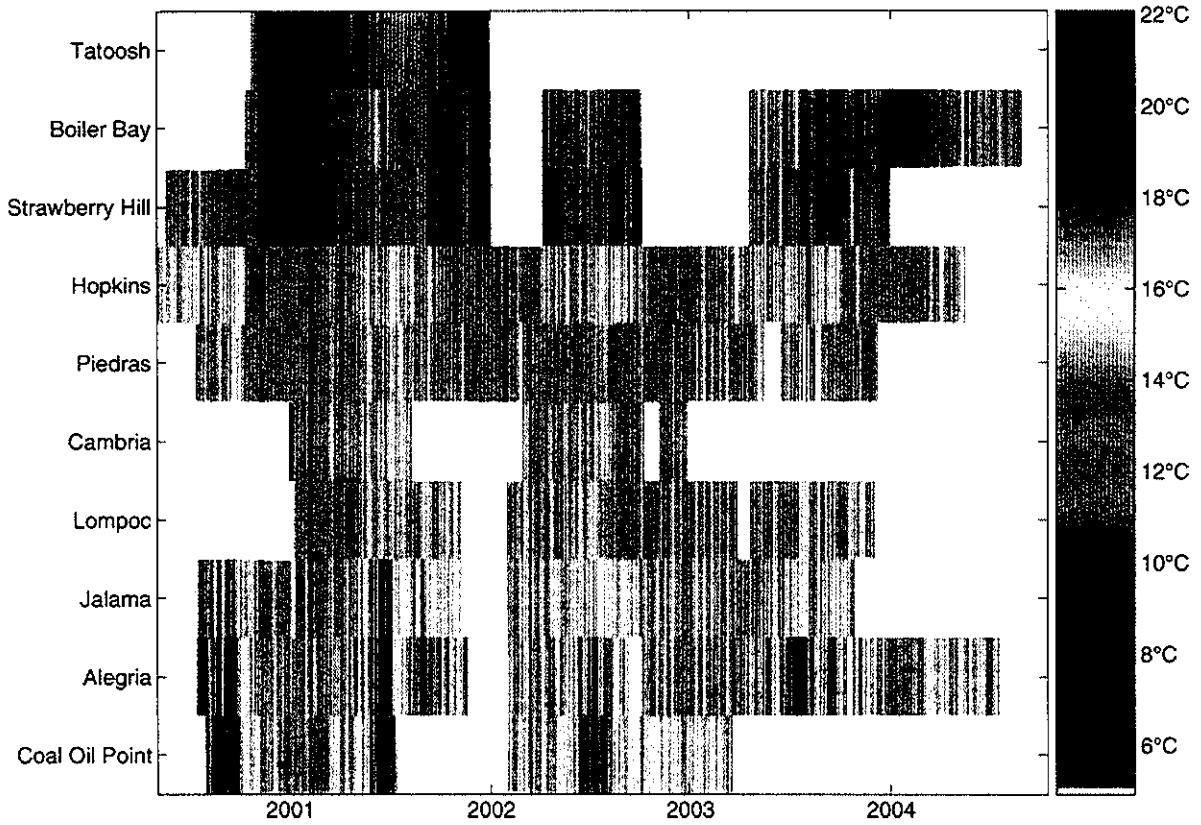


FIG. 5. Time series of daily mussel body temperature during high tide at all sites from 1 January 2000 to 31 December 2004. Sites are sorted latitudinally from north (top) to south (bottom). Temperatures range from 5° to 22°C.

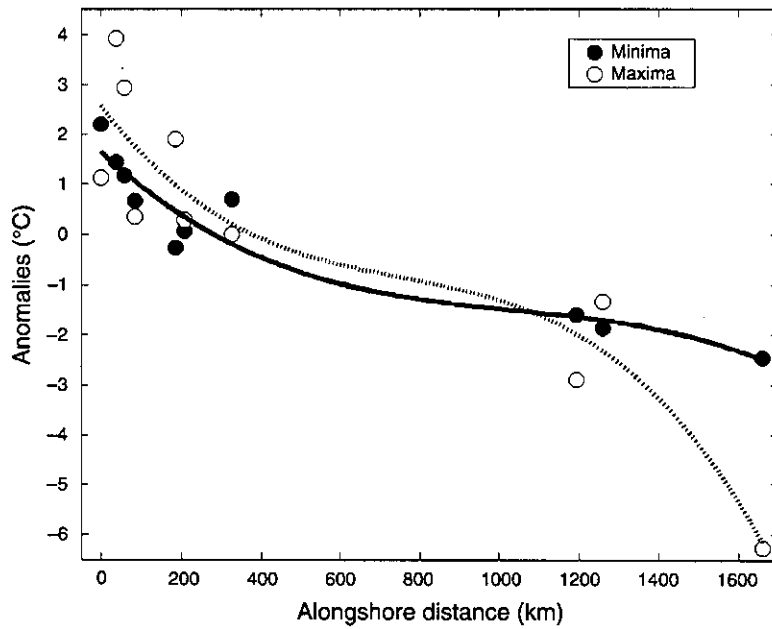


FIG. 6. Third-order polynomial regression of the alongshore position of all sites and their long-term means of maximum (open circles) and minimum (solid circles) mussel body temperatures. The solid line is the least-squares polynomial fit of alongshore position and maximum temperatures ( $r^2 = 0.8604$ ,  $F_{3,6} = 12.326$ ,  $P < 0.001$ ) while the segmented line corresponds to the least-squares fit of the minimum temperatures ( $r^2 = 0.90963$ ,  $F_{3,6} = 20.132$ ,  $P < 0.001$ ).

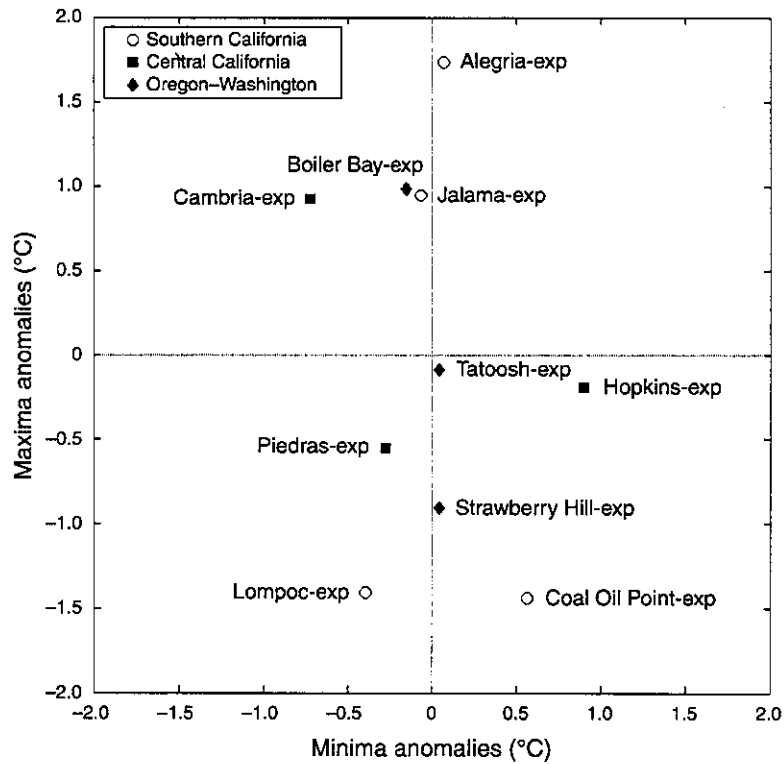


FIG. 7. Bivariate relationship between residuals from the polynomial regression of alongshore position and long-term daily maximum and minimum mussel temperature for all exposed (exp) locations. Locations lying above the horizontal line show average daily maxima that are hotter than expected by their geographic position, while locations falling below the horizontal exhibit maxima that are less hot than expected. The vertical line depicts the same relationship for average daily minima, with sites lying on the left being colder and sites on the right being less cold than predicted by the latitudinal gradient. Sites are grouped by geographic region, with solid circles corresponding to the southern California locations, open squares to the central California locations, and solid diamonds to the Oregon-Washington locations.

minima (chronic stress), patterns of predictability, or at yearly extremes (acute stress). Specifically, latitudinal variation in average temperature increases with decreasing latitude. This is not surprising, since this metric is in part driven by water temperature, which shows a clear

decrease with increasing latitude (Fig. 5). In contrast, while long-term averages of daily maxima and minima show a general trend with latitude over large scales (which likewise is not unexpected since daily maxima and minima during neap tidal cycles are reflective of body temperature during submersion), large deviations from this model occur in the daily maxima and minima at specific locations (hot and cold spots; Figs. 6 and 7) likely due to the impact of modifying factors such as the timing of low tides and local microclimates.

TABLE 4. Results of one-tailed *t* test for differences between anomalies from the latitudinal model for maximal and minimal daily temperature values.

| Location        | Maximum daily temperatures |          | Minimum daily temperatures |          |
|-----------------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|
|                 | <i>t</i>                   | <i>P</i> | <i>t</i>                   | <i>P</i> |
| Coal Oil Point  | -17.125                    | 1        | 13.512                     | 1        |
| Alegria         | 14.424                     | <0.001   | -1.0371                    | 0.1505   |
| Jalama          | 14.941                     | <0.001   | -9.0401                    | <0.001   |
| Lompoc          | -19.267                    | 1        | 1.5765                     | 0.9416   |
| Cambria         | 7.9847                     | <0.001   | -13.472                    | <0.001   |
| Piedras         | 2.0411                     | 0.0213   | -5.2718                    | <0.001   |
| Hopkins         | -5.6733                    | 1        | 15.389                     | 1        |
| Strawberry Hill | -14.567                    | 1        | 4.5958                     | 1        |
| Boiler Bay      | 14.983                     | <0.001   | -8.2764                    | <0.001   |
| Tatoosh         | -14.697                    | 1        | 16.666                     | 1        |

Notes: The alternative hypothesis is that the anomaly is greater (for maximal temperatures) or smaller (for minimal temperatures) than 0. Boldface *P* values indicate rejection of the null hypothesis with  $P < 0.01$  (all  $df = 184$ ).

The complexity of the latitudinal pattern is even more apparent when examining values of yearly extremes (Table 3), which reflect only the influence of aerial body temperatures. For example, the maximum temperatures experienced at Boiler Bay (WaOr) in 2002 differ more from the neighboring site at Strawberry Hill, 60 km away, than they do from Hopkins (CenCal), even though the latter is >900 km south (Table 2) and loggers at the latter site were higher in the intertidal (Table 2). (It should be noted, however, that, in other years, Strawberry Hill and Boiler Bay displayed very similar high temperature extremes; Appendix.) Similarly, freeze events were recorded at Boiler Bay (November 2003), Hopkins (December 1998), and Lompoc (November

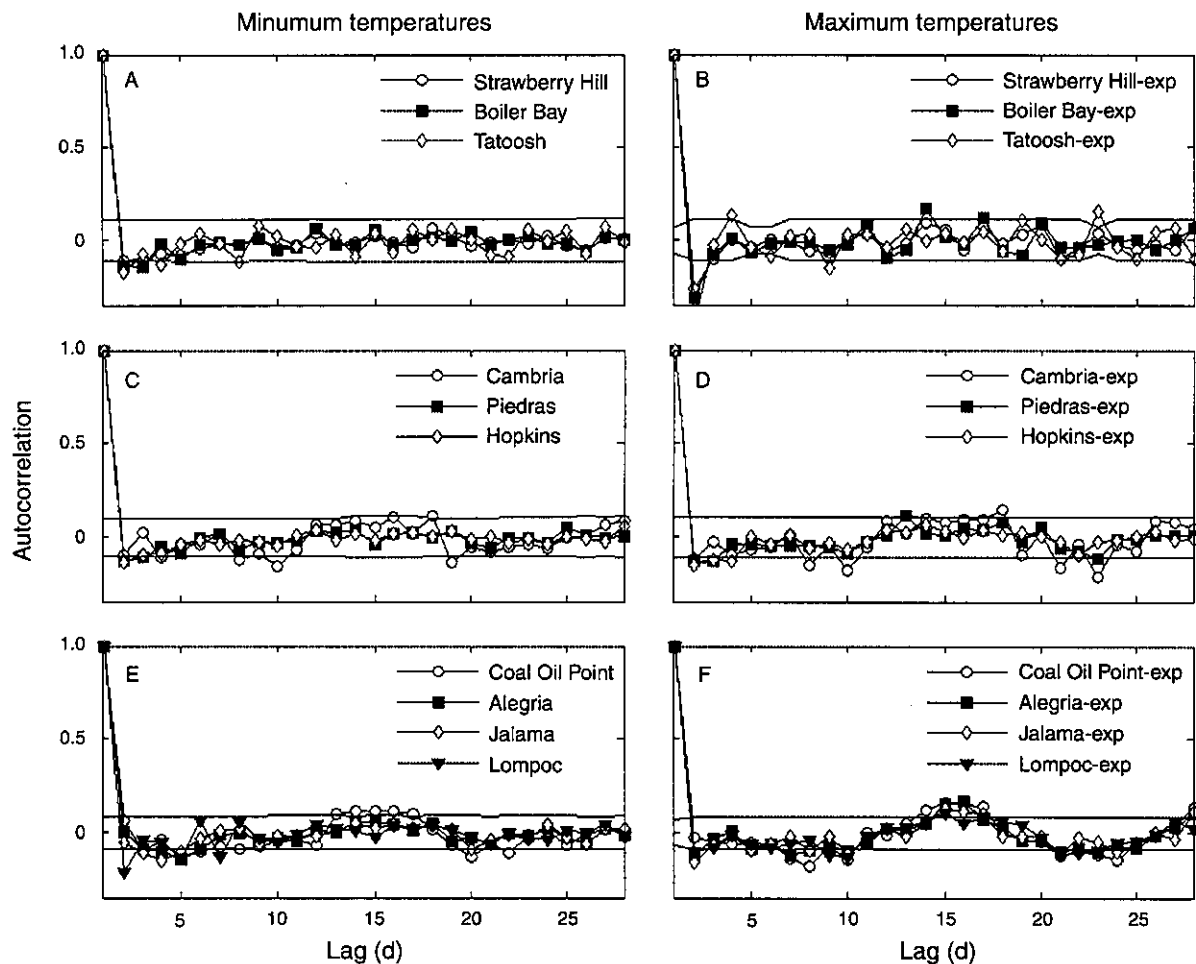


FIG. 8. Autocorrelation functions of daily minimum (A, C, and E) and maximum (B, D, and F) mussel body temperatures at all sites. Horizontal lines are Bonferroni-corrected ( $\alpha = 0.05$ ) confidence intervals for significant autocorrelation. Notice the weakening of the tidal signal toward high-latitude sites, particularly for the autocorrelation of maximum daily temperatures and the presence of strong negative autocorrelation in both maximum and minimum temperatures at one- and two-day lags for all high-latitude sites. Autocorrelation trends show that the tidal signal is significantly negative at lags (distance in time) equivalent to half of a tidal cycle ( $\sim 7$  d) and is positive around a full tidal cycle ( $\sim 14$  d). This pattern is more evident in the maximal temperatures at lower latitudes (F); the harmonic characteristics of the signal are less evident at higher latitudes (panels D and B). To illustrate the decay in the tidal signal, sites are sorted latitudinally, from higher latitudes (top panels, WaOr region) toward lower latitudes (CenCal, mid panels, and SoCal, lower panels).

2003), but not at any of the other outer-coast sites (but see data for Puget Sound sites in Appendix).

As discussed by Helmuth et al. (2002), the daily pattern of immersion and emersion, as determined by tides and wave splash, interacts with the local terrestrial climatic regime to determine an intertidal organism's aerial thermal regime. Generally organisms with body temperatures driven largely by solar radiation experience maximum body temperatures in mid-day and early afternoon hours, especially during summer when levels of solar radiation are greatest. But, depending on the tides, intertidal organisms may be submerged and thus avoid exposure to solar radiation during this part of the day. Such is the case in southern California where low tides seldom occur midday in summer months (Helmuth et al. 2002). While many of the physical forcing factors

controlling body temperature exhibit strongly cyclical variation (e.g., solar radiation and wave heights on an annual cycle, tidal immersion on a 14-d cycle embedded in an 18.6-yr cycle [Denny and Paine 1998]), variability within these forcing mechanisms and the combination of their signals contribute to the thermal mosaic observed. The importance of the tidal cycle in driving geographic patterns of temperature is confirmed by our observation that peak temperatures at southern California sites typically occur in April and May, while those at northern sites occur in June and July (Table 3). Latitudinal variation in wave exposure may also contribute to observed patterns in temperature, especially at sites south of Point Conception where levels of wave splash are typically very low. In southern California, where low tides in summer seldom occur in

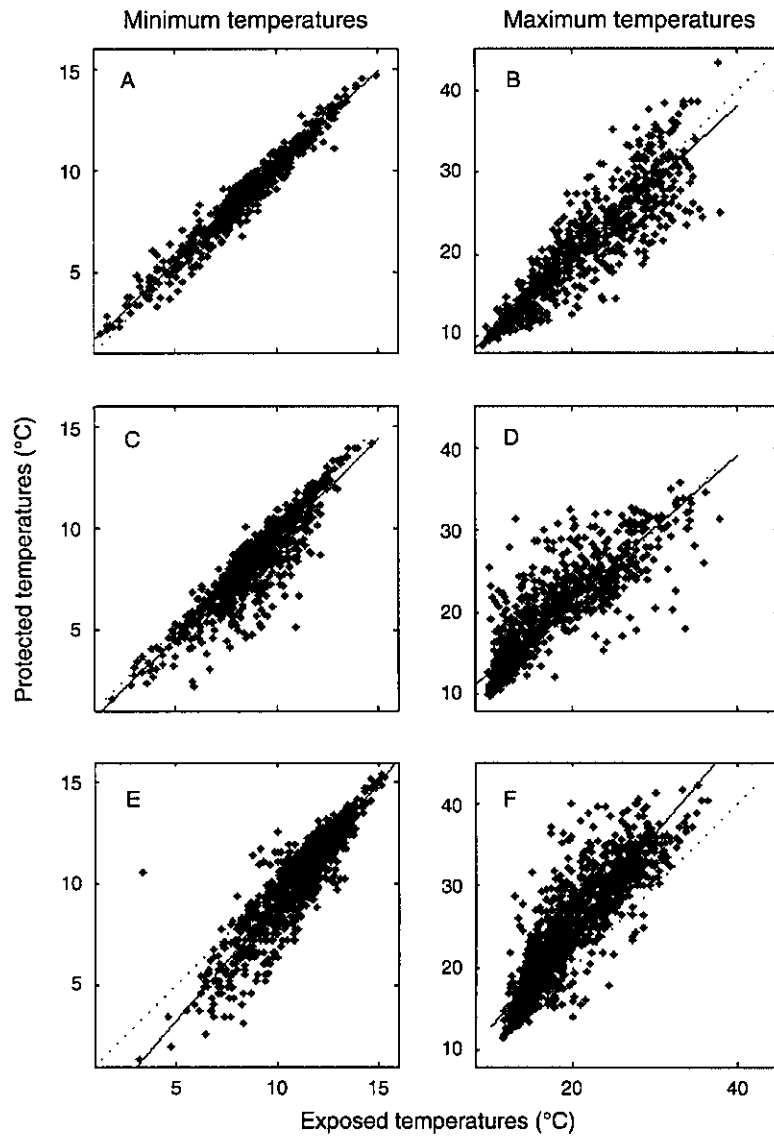


FIG. 9. Scatter plots between exposed and protected locations for minimum (A, C, and E) and maximum (B, D, and F) daily mussel body temperatures in the three sites with paired locations: Boiler Bay (A and B), Strawberry Hill (C and D), and Hopkins (E and F). All correlations are highly significant (see Table 2 for statistics). The solid line is the least-squares fit to the data, while the dotted line shows the 1:1 relationship.

TABLE 5. Statistics for the correlation between exposed and protected locations at all three sites where the comparison was possible for average daily minimum temperatures and average daily maximum temperatures.

| Location        | Average daily minimum temperatures |          |      |          | Average daily maximum temperatures |          |      |          |
|-----------------|------------------------------------|----------|------|----------|------------------------------------|----------|------|----------|
|                 | <i>r</i>                           | <i>t</i> | df   | <i>P</i> | <i>r</i>                           | <i>t</i> | df   | <i>P</i> |
| Hopkins         | <b>0.90901</b>                     | 10.958   | 3111 | 1        | <b>0.87063</b>                     | -21.458  | 3111 | <0.001   |
| Strawberry Hill | <b>0.89441</b>                     | 6.1634   | 2060 | 1        | <b>0.86023</b>                     | -7.1008  | 2060 | <0.001   |
| Boiler Bay      | <b>0.97806</b>                     | -0.4499  | 1128 | 0.32643  | <b>0.92838</b>                     | -6.3482  | 1128 | <0.001   |

Notes: Values of *r* in boldface indicate significant correlations ( $P < 0.001$ ); *t* is the *t* statistic after testing the alternative hypothesis that the mean of the protected location is greater than the mean of the exposed location with  $\alpha = 0.05$ ; *P* is the probability that the null hypothesis is true; and rejections are shown in boldface type.

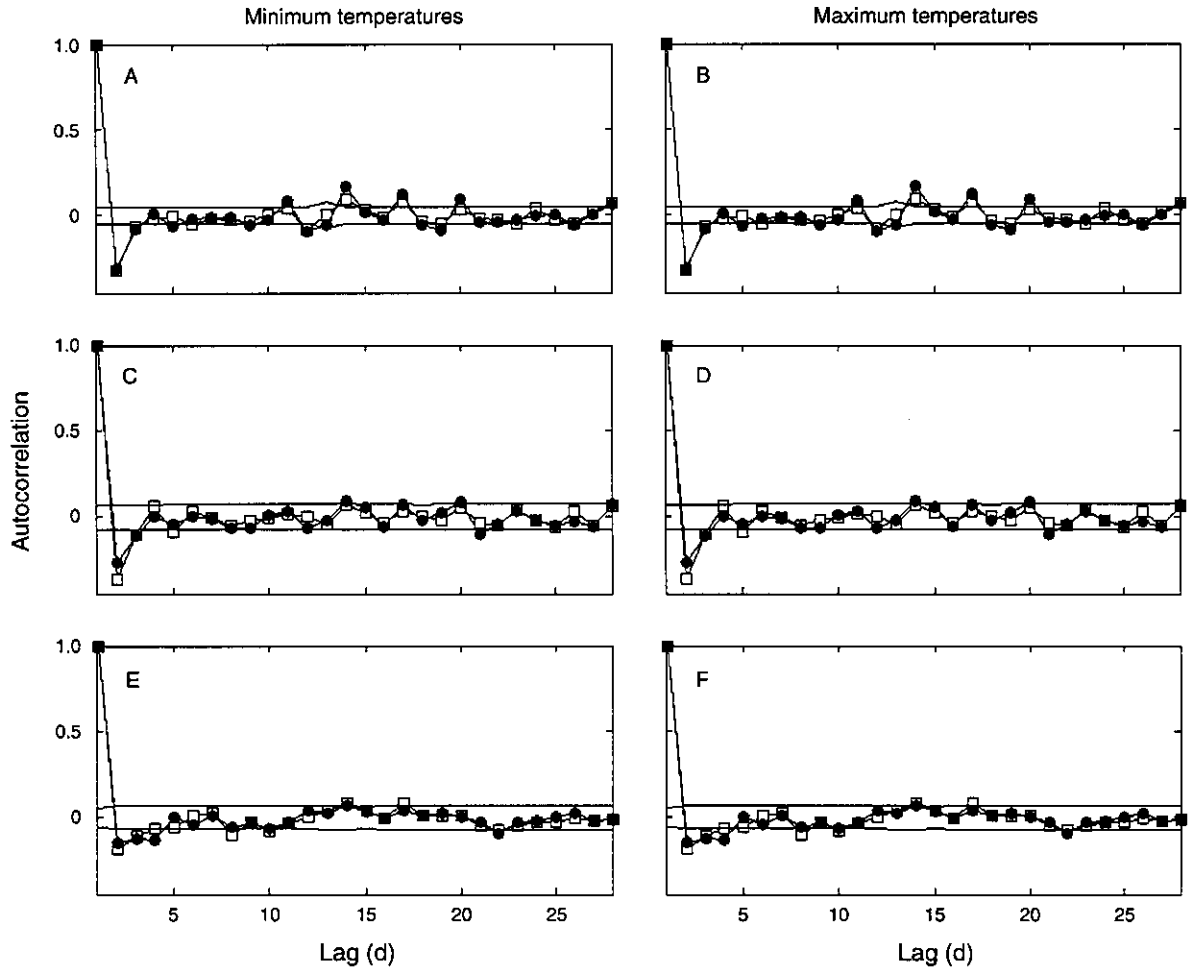


FIG. 10. Autocorrelation functions of daily minimum (A, C, and E) and maximum (B, D, and F) mussel body temperatures at exposed and protected locations at Boiler Bay (A and B), Strawberry Hill (C and D), and Hopkins (E and F). Horizontal lines are Bonferroni-corrected ( $\alpha = 0.05$ ) confidence intervals for significant autocorrelation. Solid circles are protected locations, and open squares are exposed locations. Note the extreme similarity in the autocorrelation functions and the presence of large and significant negative autocorrelation over 1–2 d lags in the high-latitude sites (A–D).

the middle of the day, the risk of extreme body temperatures may typically be fairly low, especially in wave-exposed areas, even when terrestrial climatic conditions are hot (Helmuth et al. 2002). Thus yearly temperature extremes at Jalama (SoCal) were very similar to those at Boiler Bay (WaOr; Table 3).

At northern sites, thermal conditions at wave-exposed and wave-protected sites can be quite similar during periods of calm waves at extreme low tide (Fitzhenry et al. 2004; Appendix). For example, yearly maximum temperatures recorded at Strawberry Hill wave-exposed and wave-protected sites during the course of this study were very similar in magnitude, even though values of average daily maximum temperatures were higher in the wave-protected site (Fitzhenry et al. 2004; Appendix). Consequently, because animals may be less acclimated to elevated temperatures, they may be more at risk for

physiological stress in these wave-exposed areas than at wave-protected areas.

*Physiological implications of spatial variation in thermal stress*

We observed clear differences among regions in the frequency and magnitude of extreme events, as well as the thermal history of these events, which may have important physiological and biogeographic consequences. Interpreting the importance of these patterns requires a better understanding of the relative importance of submerged temperature, aerial body temperature, and thermal history on the physiology of *M. californianus*. Mussels living in southern California experience predictable cycles of thermal stress over a lunar tidal cycle. Because of this environmental predictability at relatively short time scales, mussels may be able to acclimate to stressful thermal conditions (Weber

1992, Dahlgard et al. 1998, Horowitz 2002). At higher latitudes, tidal rhythms in thermal stress are absent, and negative autocorrelations suggest that day-to-day thermal variability is highly unpredictable. In this context, organisms may be more vulnerable to damage from temperature maxima after periods of lower temperatures, and conversely, organisms at low-latitude sites may be less vulnerable, even when the absolute magnitude of the temperature maxima are the same. The interplay of the duration and magnitude of heat stress on an individual's subsequent acclimation to thermal stress is complex and poorly understood, although the process of "thermal hardening" is thought to be important (Krebs and Feder 1998). Clearly, more information on the time course of thermal acclimation will be of use in predicting organismal response to environmental variation. Interpreting the biological consequences of these complicated thermal will require that information about the physiological performance and tolerance of the organisms living along the North American west coast be collected on concomitant spatial scales (Hofmann 2005).

#### *Implications for climate change*

The mosaic of hot and cold spots across the distribution of *M. californianus* suggests a number of hypotheses regarding the geographic response of this species to future climate change. Latitudinal range shifts are commonly predicted consequences of climate change (e.g., Fields et al. 1993, Barry et al. 1995) and have been observed empirically in many systems (Parmesan et al. 1999, Walther et al. 2002). Local hot-spots may facilitate such poleward expansions by providing footholds for advancing populations, as has been hypothesized for some invasive populations (Ruiz et al. 1999). Alternatively, cold spots may function as thermal refugia as the ranges of colder water species contract to higher latitudes. If hot spots become sufficiently large, or occur adjacent to regions of unsuitable habitat, they could instead serve as barriers to dispersal, in effect creating disjunct populations (Helmuth et al. 2006). Because complex tidal regimes where latitudinal variability in the timing of low tide in summer and winter may be commonplace, the potential for hot spots and cold spots to be a worldwide phenomenon is very real. As a result, if thermal mosaics are a pervasive feature of many species' latitudinal ranges, a narrow focus on population changes only at the margins may overlook climatically forced local extinctions and other population changes at sites well within a species range. Our results therefore stress the importance of quantitatively examining patterns in environmental variables at scales relevant to organisms, and in forecasting the impacts of changes in climate across species range distributions.

Latitudinal trends in the temporal predictability of thermal stress also have implications for population responses to climate change. The temporal unpredictability (i.e., the low autocorrelation) of more northern

intertidal sites renders the organisms within them vulnerable to unsystematic deviations from the local mean. The true physiological impact of this prediction for a potential climate change scenario remains untested as far as we know. The level of temperature variability also influences the abilities of organisms to survive extreme temperature events (Kelty and Lee 2001) thus mussels at sites such as Cambria, which appeared as both a hot and a cold spot, may be better suited for rare climatic extremes than those from sites such as Tatoosh which exhibit more thermal stability.

Ultimately, however, the ecological and geographic responses of *M. californianus* to climatic change will depend not only on the direct physiological effects of temperature change on mussels, but also on ecological interactions with other species. For example, wherever the upper distributional limit of *M. californianus* shifts lower into the intertidal due to increases in aerial climatic stress, but that of its primary predators (*Pisaster ochraceus*) remains unaffected or shifts upward due to warming seawater temperatures (Sanford 1999), the prey will be "squeezed" out of the intertidal leading to local extinction (Harley 2003). In contrast, wherever the upper limits of both predator and prey are shifted downward by climatic stress, there will be no net effect of climate change on mussel beds. Moreover, all species are likely to be affected not only by shifts in aerial and aquatic climate, but by changes associated with sea level rise and wave height (Harley et al. 2006), both of which will determine emersion time.

#### *Additional considerations*

In sum, our results suggest that local patterns of wave splash and tidal regime can overwhelm larger-scale climatic gradients in driving patterns of body temperature (Helmuth et al. 2006), akin to what has been suggested for terrestrial ecosystems (Holtmeier and Broll 2005). Understanding the ecological relevance of these patterns, however, requires at least two other important areas of information not included in this study. First, the ability of organisms to evolve or physiologically acclimate to thermal stress must be considered (Clarke 2003, Chown et al. 2004) when determining when and where thermal extremes will cause mortality events. Second, if mortality events are to matter, then they must be of sufficient magnitude that larval supply is unable to repair or span the damage that occurs (Sotka et al. 2004). In other words, the spatial extent of the mortality must exceed the maximum dispersal of the larva to reinvade or traverse the hot spot or cold spot. Such an event may be particularly likely when a hot spot occurs adjacent to a region of unsuitable habitat.

Importantly, some of the patterns we describe here may be specific to the intertidal height at which they were measured. For example, organisms that live higher on the shore than *Mytilus californianus* may not experience predictable, two-week variation in thermal stress because daylight emersion occurs throughout the



fortnightly tidal cycle. Conversely, organisms that live very low in the intertidal will only be exposed by the low "spring tides" that coincide with new and full moons, and those at southern sites will almost never be exposed in the summer. Thus, tidal height can modulate the regional patterns observed in this study and our results may not apply to other species in this habitat. Thus the hot spots for mussels found in this study may not be hot spots for other groups living, for instance, in the high intertidal (Sotka et al. 2004). We strongly stress that the thermal environment in the intertidal zone must be considered from the perspective of the organism's interaction with the physical environment, as well as the physiological response of the organism to that environment.

#### Conclusions

In agreement with previous studies, we found a complicated pattern of organismal body temperatures along a large latitudinal gradient (Helmuth et al. 2002). The four major hot spots and cold spots identified here are spread along the entire geographic gradient with at least one hot spot and one cold spot in each of the three regions (WaOr, CenCal, and SoCal). Interestingly three sites, one in each region, appeared as both hot and cold spots, suggesting extreme thermal variability. These results suggest that extreme care must be exercised when choosing sites to serve as representatives of range edges and range centers, and are consistent with recent findings that several species do not display an "abundant center" distribution along the west coast of the United States (Sagarin and Gaines 2002a, b, Sagarin and Somero 2006). We also showed that considerably more information is present in the thermal signal when analyses of thermal data move beyond mean temperatures and water temperature. Investigations of the physiological or ecological effects of climate on organisms must carefully consider what metrics are most relevant (Gilman et al. 2006). Depending on the organism and the question, it will be essential to understand temporal patterns of thermal variability and predictability within sites, as well as differences in means and extremes among sites. With so many variables, ecologists must be careful to explicitly record environmental conditions relevant to organismal physiology and not rely on simple proxies, such as air or water temperature. Obviously, this complicates the work of the investigator, especially when choosing sites for comparison through space or time. However, without this degree of detail, ecologists and physiologists may miss crucial features of the physical environment that determine individual fitness, population and community dynamics, biogeographic patterns, and ecological responses to climate change.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This project was funded by grants from the National Science Foundation (OCE-0323364) and from NASA (NNG04GE43G) to B. Helmuth. Logistical support was provided by the

Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans (PISCO) and we are indebted to the many PISCO students, technicians, and support personnel who assisted in this project. Additional assistance was provided by Sue Brady, Tara Fitzhenry, and Mike Orr. Access to Tatoosh Island was made possible by permission from the Makah Tribal Council, for which we are very grateful. This is contribution no. 219 from PISCO, funded primarily by the Gordon and Betty Moore Foundation and the David and Lucille Packard Foundation.

#### LITERATURE CITED

- Barry, J. P., C. H. Baxter, R. D. Sagarin, and S. E. Gilman. 1995. Climate-related, long-term faunal changes in a California rocky intertidal community. *Science* **267**:672-675.
- Bendat, J. S., and A. G. Piersol. 1986. *Random data: analysis and measurement procedures*. Second edition. John Wiley and Sons, New York, New York, USA.
- Bertness, M. D. 1989. Intraspecific competition and facilitation in a northern acorn barnacle population. *Ecology* **70**:257-268.
- Blanchette, C. A., B. R. Broitman, and S. D. Gaines. 2006. Intertidal community structure and oceanographic patterns around Santa Cruz Island, California, USA. *Marine Biology* **149**:689-701.
- Broitman, B. R., S. A. Navarrete, F. Smith, and S. D. Gaines. 2001. Geographic variation of southeastern Pacific intertidal communities. *Marine Ecology Progress Series* **224**:21-34.
- Buckley, B. A., M.-E. Owen, and G. E. Hofmann. 2001. Adjusting the thermostat: the threshold induction temperature for the heat-shock response in intertidal mussels (genus *Mytilus*) changes as a function of thermal history. *Journal of Experimental Biology* **204**:3571-3579.
- Chown, S. L., K. J. Gaston, and D. Robinson. 2004. Macro-physiology: large-scale patterns in physiological traits and their ecological implications. *Functional Ecology* **18**:159-167.
- Clark, J. S., et al. 2001. Ecological forecasts: an emerging imperative. *Science* **293**:657-660.
- Clarke, A. 2003. Costs and consequences of evolutionary temperature adaptation. *Trends in Ecology and Evolution* **18**:573-581.
- Connell, J. H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Annual Review of Ecology and Systematics* **3**:169-192.
- Crozier, L. 2004. Warmer winters drive butterfly range expansion by increasing survivorship. *Ecology* **85**:231-241.
- Cudaback, C. N., L. Washburn, and E. Dever. 2005. Subtidal inner-shelf circulation near Point Conception, California. *Journal of Geophysical Research* **110**. [doi:10.1029/2004JC002608]
- Dahlgard, J., V. Loeschcke, P. Michalak, and J. Justesen. 1998. Induced thermotolerance and associated expression of the heat-shock protein Hsp70 in adult *Drosophila melanogaster*. *Functional Ecology* **12**:786-793.
- Dahlhoff, E. P. 2004. Biochemical indicators of stress and metabolism: applications for marine ecological studies. *Annual Review of Physiology* **66**:183-207.
- Davenport, J., and J. L. Davenport. 2005. Effects of shore height, wave exposure and geographical distance on thermal niche width of intertidal fauna. *Marine Ecology Progress Series* **292**:41-50.
- Denny, M. W., B. Helmuth, G. H. Leonard, C. D. G. Harley, L. J. H. Hunt, and E. K. Nelson. 2004. Quantifying scale in ecology: lessons from a wave-swept shore. *Ecological Monographs* **74**:513-532.
- Denny, M. W., and R. T. Paine. 1998. Celestial mechanics, sea-level changes, and intertidal ecology. *Biological Bulletin* **194**: 108-115.
- Dethier, M. N., S. L. Williams, and A. Freeman. 2005. Seaweeds under stress: manipulated stress and herbivory

- affect critical life-history functions. *Ecological Monographs* 75:403–418.
- Etter, R. J. 1988. Physiological stress and color polymorphism in the intertidal snail *Nucella lapillus*. *Evolution* 42:660–680.
- Fields, P. A., J. B. Graham, R. H. Rosenblatt, and G. N. Somero. 1993. Effects of expected global climate change on marine faunas. *Trends in Ecology and Evolution* 8:361–367.
- Fitzhenry, T., P. M. Halpin, and B. Helmuth. 2004. Testing the effects of wave exposure, site, and behavior on intertidal mussel body temperatures: applications and limits of temperature logger design. *Marine Biology* 145:339–349.
- Gilman, S. E., D. S. Wethey, and B. Helmuth. 2006. Variation in the sensitivity of organismal body temperature to climate change over local and geographic scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 103:9560–9565.
- Hallett, T. B., T. Coulson, J. G. Pilkington, T. H. Clutton-Brock, J. M. Pemberton, and B. T. Grenfell. 2004. Why large-scale climate indices seem to predict ecological processes better than local weather. *Nature* 430:71–75.
- Halpin, P. M., B. A. Menge, and G. E. Hofmann. 2004a. Experimental demonstration of plasticity in the heat shock response of the intertidal mussel *Mytilus californianus*. *Marine Ecology Progress Series* 276:137–145.
- Halpin, P. M., C. J. Sorte, G. E. Hofmann, and B. A. Menge. 2002. Patterns of variation in levels of Hsp70 in natural rocky shore populations from microscales to mesoscales. *Integrative and Comparative Biology* 42:815–824.
- Halpin, P. M., P. Strub, W. T. Petersen, and T. R. Baumgartner. 2004b. An overview of interactions among oceanography, marine ecosystems, climatic and human disruptions along the eastern margins of the Pacific Ocean. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:371–409.
- Harley, C. D. G. 2003. Abiotic stress and herbivory interact to set range limits across a two-dimensional stress gradient. *Ecology* 84:1477–1488.
- Harley, C. D. G., and B. S. T. Helmuth. 2003. Local and regional scale effects of wave exposure, thermal stress, and absolute vs. effective shore level on patterns of intertidal zonation. *Limnology and Oceanography* 48:1498–1508.
- Harley, C. D. G., A. R. Hughes, K. Hultgren, B. G. Miner, C. J. B. Sorte, C. S. Thornber, L. F. Rodriguez, L. Tomanek, and S. L. Williams. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9:228–241.
- Hawkins, S. J., A. J. Southward, and M. J. Genner. 2003. Detection of environmental change in a marine ecosystem—evidence from the western English Channel. *Science of the Total Environment* 310:245–256.
- Heath, J. E. 1964. Reptilian thermoregulation: evaluation of field studies. *Science* 146:784–785.
- Heckathorn, S. A., G. J. Poeller, J. S. Coleman, and R. L. Hallberg. 1996. Nitrogen availability alters patterns of accumulation of heat stress-induced proteins in plants. *Oecologia* 105:413–418.
- Helmuth, B. S. T. 1998. Intertidal mussel microclimates: predicting the body temperature of a sessile invertebrate. *Ecological Monographs* 68:51–74.
- Helmuth, B. 2002. How do we measure the environment? Linking intertidal thermal physiology and ecology through biophysics. *Integrative and Comparative Biology* 42:837–845.
- Helmuth, B., E. Carrington, and J. G. Kingsolver. 2005. Biophysics, physiological ecology, and climate change: does mechanism matter? *Annual Review of Physiology* 67:177–201.
- Helmuth, B., and M. W. Denny. 2003. Predicting wave exposure in the rocky intertidal zone: do bigger waves always lead to larger forces? *Limnology and Oceanography* 48:1338–1345.
- Helmuth, B. S., C. D. G. Harley, P. Halpin, M. O'Donnell, G. E. Hofmann, and C. Blanchette. 2002. Climate change and latitudinal patterns of intertidal thermal stress. *Science* 298:1015–1017.
- Helmuth, B. S. T., and G. E. Hofmann. 2001. Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone. *Biological Bulletin* 201:374–384.
- Helmuth, B., N. Mieszkowska, P. Moore, and S. J. Hawkins. 2006. Living on the edge of two changing worlds: forecasting the responses to climate change of rocky intertidal ecosystems. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 37, in press.
- Hoegh-Guldberg, O., and J. S. Pearse. 1995. Temperature, food availability, and the development of marine invertebrate larvae. *American Zoologist* 35:415–425.
- Hofmann, G. E. 1999. Ecologically relevant variation in induction and function of heat shock proteins in marine organisms. *American Zoologist* 39:889–900.
- Hofmann, G. E. 2005. Patterns of Hsp gene expression in ectothermic marine organisms on small to large biogeographic scales. *Integrative and Comparative Biology* 45:247–255.
- Holtmeier, F.-K., and G. Broll. 2005. Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales. *Global Ecology and Biogeography* 14:395–410.
- Horowitz, M. 2002. From molecular and cellular to integrative heat defense during exposure to chronic heat. *Comparative Biochemistry and Physiology—Part A: Molecular and Integrative Physiology* 131:475–483.
- Huey, R., C. R. Peterson, S. J. Arnold, and W. P. Porter. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology* 70:931–944.
- Hutchins, L. W. 1947. The bases for temperature zonation in geographical distribution. *Ecological Monographs* 17:325–335.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate change 2001: the scientific basis. ([http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/figts-22.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/figts-22.htm))
- Iwama, G. K., P. T. Thomas, R. H. B. Forsyth, and M. M. Vijayan. 1998. Heat shock protein in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8:35–56.
- Johnson, S. E. 1975. Microclimate and energy flow in the marine rocky intertidal. Pages 559–587 in D. M. Gates and R. B. Schmerl, editors. *Perspectives of biophysical ecology*. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Kearney, M., and W. P. Porter. 2004. Mapping the fundamental niche: physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. *Ecology* 85:3119–3131.
- Kelty, J. D., and R. E. Lee. 2001. Rapid cold-hardening of *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) during ecologically based thermoperiodic cycles. *Journal of Experimental Biology* 204:1659–1666.
- Krebs, R. A., and M. E. Feder. 1998. Hsp70 and larval thermotolerance in *Drosophila melanogaster*: how much is enough and when is more too much? *Journal of Insect Physiology* 44:1091–1101.
- Legendre, P., and L. Legendre. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.
- Leslie, H. M., E. M. Breck, F. Chan, J. Lubchenco, and B. A. Menge. 2005. Barnacle reproductive hotspots linked to nearshore ocean conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 102:10534–10539.
- Li, R., and S. H. Brawley. 2004. Improved survival under heat stress in intertidal embryos (*Fucus* spp.) simultaneously exposed to hypersalinity and the effect of parental thermal history. *Marine Biology* 144:205–213.
- Lubchenco, J., S. A. Navarrete, B. N. Tissot, and J. C. Castilla. 1993. Possible ecological consequences to global climate change: nearshore benthic biota of Northeastern Pacific coastal ecosystems. Pages 147–166 in H. A. Mooney, E. R. Fuentes, and B. I. Kronberg, editors. *Earth system responses*

- to global change. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Orton, J. H. 1929. On the occurrence of *Echinus esculentus* on the foreshore in the British Isles. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* **16**:289–296.
- Parmesan, C., and H. Galbraith. 2004. Observed impacts of global climate change in the U.S. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginia, USA.
- Parmesan, C., et al. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* **399**:579–583.
- Parmesan, C., and G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* **421**:37–42.
- Porter, W. P., and D. M. Gates. 1969. Thermodynamic equilibria of animals with environment. *Ecological Monographs* **39**:245–270.
- Roberts, D. A., G. E. Hofmann, and G. N. Somero. 1997. Heat-shock protein expression in *Mytilus californianus*: acclimatization (seasonal and tidal-height comparisons) and acclimation effects. *Biological Bulletin* **192**:309–320.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig, and J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* **421**:57–60.
- Root, T. L., and S. H. Schneider. 1995. Ecology and climate: research strategies and implications. *Science* **269**:334–341.
- Ruiz, G. M., P. Fofonoff, A. H. Hines, and E. D. Grosholz. 1999. Non-indigenous species as stressors in estuarine and marine communities: assessing invasion impacts and interactions. *Limnology and Oceanography* **44**:950–972.
- Sagarin, R. D., J. P. Barry, S. E. Gilman, and C. H. Baxter. 1999. Climate related changes in an intertidal community over short and long time scales. *Ecological Monographs* **69**:465–490.
- Sagarin, R. D., and S. D. Gaines. 2002a. The “abundant centre” distribution: to what extent is it a biogeographical rule? *Ecology Letters* **5**:137–147.
- Sagarin, R. D., and S. D. Gaines. 2002b. Geographical abundance distributions of coastal invertebrates: using one-dimensional ranges to test biogeographic hypotheses. *Journal of Biogeography* **29**:985–997.
- Sagarin, R. D., and G. N. Somero. 2006. Complex patterns of expression of heat-shock protein 70 across the southern biogeographical ranges of the intertidal mussel *Mytilus californianus* and snail *Nucella ostrina*. *Journal of Biogeography* **33**:622–630.
- Sanders, B. M., C. Hope, V. M. Pascoe, and L. S. Martin. 1991. Characterization of the stress protein response in two species of *Collisela* limpets with different temperature tolerances. *Physiological Zoology* **64**:1471–1489.
- Sanford, E. 1999. Regulation of keystone predation by small changes in ocean temperature. *Science* **283**:2095–2097.
- Sanford, E. 2002. Water temperature, predation, and the neglected role of physiological rate effects in rocky intertidal communities. *Integrative and Comparative Biology* **42**:881–891.
- Schiel, D. R., J. R. Steinbeck, and M. S. Foster. 2004. Ten years of induced ocean warming causes comprehensive changes in marine benthic communities. *Ecology* **85**:1833–1839.
- Schoch, G. C., and M. N. Dethier. 1996. Scaling up: the statistical linkage between organismal abundance and geomorphology on rocky intertidal shorelines. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **201**:37–72.
- Snyder, M. J., and S. Ross. 2004. Stress protein (HSP70 family) expression in intertidal benthic organisms: the example of *Anthopleura elegantissima* (Cnidaria: Anthozoa). *Scientia Marina* **68**:155–162.
- Somero, G. N. 2002. Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: optima, limits, and costs of living. *Integrative and Comparative Biology* **42**:780–789.
- Somero, G. N. 2005. Linking biogeography to physiology: evolutionary and acclimatory adjustments of thermal limits. *Frontiers in Zoology* **2**:1. [doi: 10.1186/1742-9994-2-1]
- Sotka, E. E., J. P. Wares, J. A. Barth, R. K. Grosberg, and S. R. Palumbi. 2004. Strong genetic clines and geographical variation in gene flow in the rocky intertidal barnacle *Balanus glandula*. *Molecular Ecology* **13**:2143–2156.
- Southward, A. J., S. J. Hawkins, and M. T. Burrows. 1995. Seventy years’ observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the Western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of Thermal Biology* **20**:127–155.
- Stenseng, E., C. E. Braby, and G. N. Somero. 2005. Evolutionary and acclimation-induced variation in the thermal limits of heart function in congeneric marine snails (Genus *Tegula*): implications for vertical zonation. *Biological Bulletin* **208**:138–144.
- Stenseth, N. C., G. Ottersen, J. W. Hurrell, A. Mysterud, M. Lima, K.-S. Chan, N. G. Yoccoz, and B. Adlandsvik. 2003. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proceedings of the Royal Society of London B* **270**:2087–2096.
- Stevenson, R. D. 1985. Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist* **125**:102–117.
- Stillman, J. 2003. Acclimation capacity underlies susceptibility to climate change. *Science* **301**:65.
- Tomanek, L. 2002. The heat-shock response: its variation, regulation and ecological importance in intertidal gastropods (genus *Tegula*). *Integrative and Comparative Biology* **42**:797–807.
- Tomanek, L., and E. Sanford. 2003. Heat-shock protein 70 (Hsp70) as a biochemical stress indicator: An experimental field test in two congeneric intertidal gastropods (genus: *Tegula*). *Biological Bulletin* **205**:276–284.
- Underwood, A. J., and M. G. Chapman. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia* **107**:212–224.
- Vernberg, F. J. 1962. Comparative physiology: latitudinal effects on physiological properties of animal populations. *Annual Review of Physiology* **24**:517–546.
- Walther, G.-R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J.-M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg, and F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature (London)* **416**:389–395.
- Weber, L. A. 1992. Relationship of heat-shock proteins and induced thermal-resistance. *Cell Proliferation* **25**:101–113.
- Wetthey, D. S. 2002. Microclimate and biogeography: the barnacle *Chthamalus fragilis* in New England. *Integrative and Comparative Biology* **42**:872–880.
- Wright, J. T., S. L. Williams, and M. N. Dethier. 2004. No zone is always greener: variation in the performance of *Fucus gardneri* embryos, juveniles and adults across tidal zone and season. *Marine Biology* **145**:1061–1073.

## APPENDIX

Monthly summary statistics for temperatures at the study sites (*Ecological Archives* M076-017-A1).

Dirección Ejecutiva  
Departamento de Control de la Contaminación  
Área Control de la Contaminación Hídrica

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : CORMA- Julio de la Fuente  
e-mail : [jdelafuente@papeles.cmpc.cl](mailto:jdelafuente@papeles.cmpc.cl)  
Fecha : Lunes, 13 de abril 2009  
Hora : 17:08 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO   |
|----|---|
| 1  | Antecedentes de Boro  |
| 2  | Respuesta de CONAMA frente a antecedentes de Boro presentados |

**De:** Julio de la Fuente (Papeles) [Jdelafuente@papeles.cmpc.cl]  
**Enviado el:** Lunes, 13 de Abril de 2009 17:08  
**Para:** Claudia Galleguillos  
**CC:** Pedro Navarrete ( CMPC Celulosa G.Tecnica)  
**Asunto:** Abatimiento de boro  
**Marca de seguimiento:** Seguimiento  
**Estado de marca:** Púrpura

Estimada Claudia

Hemos revisado con nuestros asesores los antecedentes sobre tecnologías para el abatimiento de boro que nos enviaste, nuestros comentarios al respecto son los siguientes:

Reparos de extrapolar al tratamiento industrial los proyectos ASITEC Ltda./Universidad de Tarapacá y ABAR/Fundación Chile sobre sistemas de tratamiento de aguas con contenidos de boro.

1. Ambos proyectos están desarrollados sólo a nivel experimental, y no dan cuenta de ninguna experiencia aplicada en su respaldo, ni en Chile ni en el exterior.
2. El objetivo principal de ambas iniciativas no es el tratamiento industrial (aunque el proyecto ASITEC Ltda/UTA indique, sin mayor fundamento, que puede configurarse para este fin). Son aplicaciones específicas para regadío en zonas del norte de Chile donde se supera la norma de riego (NCh.1333).
3. Por definición los parámetros de calidad del agua para riego son más estrictos que los de una norma de emisión como el D.S.90.
4. Esos proyectos experimentales tampoco son extrapolables al resto del país, por falta de evidencia empírica suficiente y porque los períodos de déficit hídrico, que son los que justifican la necesidad de riego, son muy inferiores a los del norte de Chile, lo que diferencia notablemente el efecto sobre los cultivos.
5. Una norma de emisión de boro debe considerar las peculiaridades de las distintas regiones agro-climáticas en lo relativo a tipo de cultivos, disponibilidad hídrica, niveles naturales de cursos de agua y caudales de dilución.
6. Las tecnologías existentes a nivel mundial para abatimiento de boro, se relacionan con la osmosis inversa y con el intercambio iónico.
7. Existe un ejemplo de planta de tratamiento en base a osmosis inversa para grandes caudales, pero para fines de desalinización de agua de mar para agua potable. Se trata de la Planta *Ashkelon* de Israel (la más grande del mundo, construida el año 2006) que, con un costo de US\$ 250 millones, tiene capacidad para tratar 320.000 m<sup>3</sup> al día de agua de mar, produciendo alrededor del 13% del agua potable consumida a nivel domiciliario en Israel. Esta planta ocupa una superficie de 75.000 m<sup>2</sup> (7,5 Há) y cuenta, entre otras instalaciones, con unidades desalinizadoras, líneas de bombeo desde el mar, caminos y una planta termoeléctrica especialmente dedicada a su operación. Es decir, tiene una envergadura física y de inversión que tampoco permite extrapolarla para fines de tratamiento industrial.
8. Una norma de emisión de boro debe balancear los niveles deseados y la factibilidad del tratamiento necesario para alcanzarlos (tecnologías y costos actualmente disponibles – BAT–). Para ello no basta una revisión solamente a nivel de investigación y desarrollo.

Atte  
Julio De la Fuente Ibar  
CORMA

20-04-2009

**De:** Claudia Galleguillos [mailto:[cgallequillos@conama.cl](mailto:cgallequillos@conama.cl)]  
**Enviado el:** Lunes, 13 de Abril de 2009 18:00  
**Para:** Julio de la Fuente (Papeles)  
**CC:** Pedro Navarrete ( CMPC Celulosa G.Tecnica); Mariela Arevalo  
**Asunto:** RE: Abatimiento de boro

Estimado Sr. Julio de la Fuente, agradecemos la información enviada y acusamos recibo de la misma, sin embargo, al hacer una exhaustiva revisión, hemos constatado que no contiene lo solicitado en conversación sostenida el día 27.03.09, respecto a analizar las diversas tecnologías disponibles para abatir boro, ver cuales se ajustan a las necesidades de la empresa, cuanto es el porcentaje de remoción (propuesta de nuevo valor con tecnología de abatimiento) y cuales son sus costos de implementación y operación.

Saluda atentamente,

**Claudia Galleguillos C.**  
Área Control de la Contaminación Hídrica  
Dpto. Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Teatinos N°258, piso 5, Santiago Centro, Chile.  
Tel: 56-2-2405706  
Fax: 56-2-2405782  
Correo electrónico: [cgallequillos@conama.cl](mailto:cgallequillos@conama.cl)  
Página Web: [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

Dirección Ejecutiva  
Departamento de Control de la Contaminación  
Área Control de la Contaminación Hídrica

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : EVYSA- CONAMA- Carmen Rivera  
e-mail : [crivera@conama.cl](mailto:crivera@conama.cl)  
Fecha : Lunes, 13 de abril 2009  
Hora : 18:16 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| N° | DOCUMENTO   |
|----|---|
| 1  | Ficha técnica de parámetro “Trihalometanos” (THM) |

FICHA ANALISIS Y JUSTIFICACIÓN DE PARÁMETROS  
PROCESO DE REVISIÓN DECRETO SUPREMO N°90/2000

Institución Proponente: EVYSA, CONAMA

Documento:

Fecha presentación propuesta:

|   |                       |
|---|-----------------------|
| <b>PARAMETRO</b>  | <b>Trihalometanos</b> |
| <b>TABLA</b>  | No aparece            |
| <b>ANTECEDENTES EN EL ACTUAL DS 90</b>  |                       |
| normado el triclorometano en tablas N°1 y N°2 (cloroformo)<br>normado el tetracloroetano en tabla N°1 y N°2   |                       |
| <b>FUNDAMENTOS DEL EXPEDIENTE NORMA VIGENTE</b>   |                       |
|   |                       |
| <b>SOLICITUD (Incluir parametro o modificar rangos, otros)</b>  |                       |
|   |                       |
| <b>PROBLEMA DETECTADO (razones por las cuales se solicita la modificación)</b>  |                       |
| <p>La utilización del cloro como desinfectante en instalaciones industriales o afines es recurrente. Tradicionalmente se utiliza en plantas de tratamiento de aguas servidas, más recientemente en plantas de matanza y de proceso de salmónidos, a raíz de la dictación de la Resolución SERNAPESCA N°1.882/2008, publicada en el D.O. el 29.07.2008, que "Establece Medidas de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos Aplicables en Centros de Matanza en Tierra y Plantas de Proceso que Reciben Salmónidos de Centros de Cultivo Comprendidos en Áreas Cuarentenadas por Virus Isa" y que obliga a desinfectar los residuos líquidos, siendo mayoritariamente utilizado como desinfectante el cloro. Asimismo, el SERNAPESCA se encuentra elaborando normativa que considera incorporar el requerimiento de desinfectar los residuos líquidos en las pisciculturas o centros de cultivo de salmónidos en tierra y en talleres de lavado e impregnación de redes.</p> <p>El cloro es un elemento químico del grupo de los halógenos que es ampliamente usado como desinfectante, resultando ser bastante eficaz y económico para el tratamiento de aguas servidas y en procesos de sanitización en las industrias.</p> <p>El cloro sufre reacciones químicas que deben ser consideradas, ya que éstas tienen entre sus productos compuestos organoclorados indeseables.</p> <p>El cloro reacciona con la materia orgánica del agua formando una serie de compuestos, de éstos, los más perjudiciales son los llamados trihalometanos, de carácter cancerígeno para la salud humana. De todos ellos el más importante es el triclorometano o cloroformo (CHCl3), que</p> |                       |



tradicionalmente era usado como analgésico pero dejó de utilizarse debido a su toxicidad. Estos compuestos tóxicos traen asociados riesgos de cáncer de colon y vejiga y daños en el riñón y en el hígado. También pueden formarse otros subproductos perjudiciales como compuestos orgánicos volátiles, cloritos, ácidos cloroacéticos o cloruro de cianógeno.

El mayor riesgo asociado a los compuestos organoclorados y, en general a los haloformos, es su potencial cancerígeno.

A diferencia del cloro en la sal, el gas cloro es una sustancia extremadamente reactiva y venenosa que raramente se produce en la naturaleza. Se combina rápidamente con la materia orgánica para formar una nueva clase de productos químicos llamados organoclorados (OCs). La mayor parte del gas cloro se combina con productos petroquímicos para formar, OCs, incluyendo los plásticos (especialmente PVC, policloruro de vinilo), plaguicidas, disolventes y otros productos químicos. Cerca del 15% del gas cloro se utiliza fuera de la industria química para su uso, principalmente como blanqueante en la producción del papel. Solo el 1% se usa para desinfectar agua potable.

Cuando se cloran aguas crudas contaminadas naturalmente con materia orgánica representada en ríos y lagos por el ácido húmico y fúlvico derivados de los suelos y la descomposición de las plantas, se forma el cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ ) o Triclorometano y si existe la presencia de trazas del ion bromo, pueden formarse también el bromodiclorometano, el clorodibromometano y el bromoformo. Estas cuatro sustancias juntas son lo que se conoce con el nombre de Trihalometanos (THMs).

En varios estudios se ha demostrado que tanto la biomasa de las algas como la liberación de sus productos extracelulares y bacterias heterotróficas, son precursores que se añaden al pool orgánico de los ácidos húmico y fúlvico para la formulación de THMs. La formación de estos compuestos depende de la concentración precursora, del tiempo de contacto con el cloro y la dosis del mismo y del pH.

Las sustancias organocloradas se acumulan y magnifican su concentración en los organismos expuestos a ellos. A través del proceso llamado bioacumulación, los peces acumulan en sus tejidos niveles de Ocs miles de veces superiores a los niveles existentes en el agua. Los mamíferos marinos y el ser humano, en la cima de la cadena alimentaría, acumulan los niveles más elevados de OCs.

Con relación al Tetracloroetano, de acuerdo a la Ficha de Datos de Seguridad, según Directiva 2001/58/CE, el Tetracloroetano es muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel. Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Comportamiento del tetracloroetano en el Agua: Debido a su elevada densidad y escasa

solubilidad en agua, el tetracloroetano se hunde en el agua y, por lo tanto, se acumula en las aguas superficiales y subterráneas. Se lo encuadra en el grupo de sustancias clasificadas de alto riesgo para el agua (en Alemania: Amenaza para el agua - Clase 3). Es tóxico para los organismos acuáticos y se degrada lentamente transformándose en ácido tricloroacético y ácido clorhídrico. Se ha observado su degradación por acción de microorganismos (desde la deshidrocloración hasta la mineralización). El tetracloroetano ingresa al ciclo del agua con los efluentes industriales contaminados con esta sustancia.

**FUNDAMENTO (Causas del problema- experiencias- exponer situaciones reales que dimensionen el universo que se está viendo afectado- Se puede revisar incumplimientos dados por parámetros fuera de rangos para determinado rubro industrial etc.)**

La versión actual del DS 90 no incluye un límite para la concentración de trihalometanos en descargas al mar.

Tiene sentido recomendar el empleo de límites para Triclorometano y Tetracloroetano en descargas al mar, tanto dentro como fuera de la ZPL, en términos similares a lo que establece el DS 90 para descargas a cuerpos de agua fluviales con capacidad de dilución (0,5 y 0,4 mg/l, respectivamente).

La evaluación de la forma como evolucionan estos contaminantes en aguas abiertas indica que su decaimiento es más rápido que en los cuerpos de agua fluviales, por lo que no habría riesgos al utilizar el mismo valor límite para ambos casos.

Dado que de los diferentes trihalometanos el triclorometano o cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ ) es lejos el más abundante cuando se cloran aguas que no contienen bromo o que lo contienen en niveles muy bajos, resulta adecuado en estos casos determinar sólo el triclorometano.

La literatura disponible indica, además, que cuando se someten a cloración aguas de mar o aguas que contienen agua de mar, el alto contenido de bromuros de ésta, del orden de 65 mg/l, y la elevada reactividad de este elemento producen la formación de tribromometano o bromoformo ( $\text{CHBr}_3$ ), compuesto con características similares al cloroformo en términos de toxicidad y potencial cancerígeno. Por ello, resulta importante medir ambas formas de compuestos halogenados, cloroformo y bromoformo, que serían las más abundantes. Tanto el diclorobromometano ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ) como el clorodibromometano ( $\text{CHClBr}_2$ ) son especies más bien raras, de escasa ocurrencia.

Dado que el cloro y el bromo tienen diferentes pesos moleculares, de 35,5 y 79,9 respectivamente, la simple suma de las concentraciones de triclorometano y tribromometano carece de un sentido físico preciso, siendo equivalente a un valor intermedio entre el que existiría si sólo hubiera triclorometano o tribromometano presentes. Si bien esta simplificación es la que ha adoptado la EPA al definir el parámetro THM totales como la simple suma de las

concentraciones de las diferentes especies, en términos de límites de concentración en los efluentes, un parámetro con mayor sentido físico es la suma de cloroformo y bromoformo equivalente, es decir, en términos de sus pesos moleculares respectivos, a través de la siguiente expresión.

$$[\text{Cloroformo equivalente}] = [\text{cloroformo}] + [\text{bromoformo}] \times \frac{\text{peso molecular del cloroformo}}{\text{peso molecular del bromoformo}} = [\text{cloroformo}] + [\text{bromoformo}] \times 119,5/252,7 \leq 0,5 \text{ mg/l}$$

De esta forma se obtiene un parámetro que es indicativo del número de moléculas de triclorometano que se formaría si todo el potencial de formación de trihalometanos se ocupara en la formación de este compuesto. El uso del concepto de concentración de cloroformo equivalente es lo mismo que expresar las concentraciones en moles/litro para tener así una base común que permita la adición de las concentraciones asociadas a las dos especies, y luego calcular la concentración de cloroformo equivalente a la cantidad de moles obtenida.

#### ESTUDIOS EXISTENTES (Respaldo científico, otros)

Documento de EMOS Filial CORFO

Estudio EVYSA por virus ISA

#### PROPUESTA (qué y cómo se propone modificar)

- cloroformo + bromoformo equivalente = cloroformo + bromoformo\*35,5/79,9  $\leq 0,5$  mg/l en Tablas N°4 y N°5

Cloro Libre Residual = límite detección o 0,05 mg/L, en todas las tablas

#### POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO

##### Salud Humana:

Buscar antecedentes de cáncer

##### Ecosistemas (flora y fauna):

##### Económica (pesca, turismo, agricultura, otras)

El cumplimiento del límite de THMs en los efluentes no debería ser un gran problema desde el punto de vista tecnológico o del costo de tratamiento ya que, debido a la elevada volatilidad de los compuesto organohalogenados, bastaría con una fuerte agitación o aireación para remover estos compuestos. De acuerdo a lo que señala la bibliografía, con una aireación de aproximadamente media hora se podría remover el 50% de los trohalometanos presentes en el agua y aproximadamente el 75% con una aireación de una hora.

#### METODOLOGÍA EXISTENTE

- NCh 2313/20, Of 98, Decreto Supremo N° 2.557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de análisis-Parte 20: Determinación de Trihalometanos (se utiliza para los Triclorometano y Tetracloroetano).

#### NORMAS ASOCIADAS AL PARÁMETRO

- NCh 2313/20, Of 98.

- Buscar otras normas asociadas internacionales. Revisar estudio EVYSA

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

Informe Final del estudio "Antecedentes de la desinfección con cloro de los residuos líquidos de plantas de matanza y proceso de salmónidos y sus efectos en formación y evolución de compuestos organoclorados", 2008, realizado por INGESA para la CONAMA

Doc. EMOS filial CORFO

**OBSERVACIONES DEL COMITÉ AMPLIADO****OBSERVACIONES DEL COMITÉ OPERATIVO**

Ver actas de reuniones enero y febrero 2009

**RESULTADO FINAL**

Fecha:

Resultado:

## 22° Reunión COMITÉ OPERATIVO “Proceso de Revisión DS 90”

Fecha : 14 abril 2009  
Lugar : CONAMA CENTRAL, 4° piso  
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

### DOCUMENTOS DE REUNIÓN

| N° | CONTENIDO  |
|----|--|
| 1  | Tabla de Reunión   |
| 2  | Acta de reunión  |
| 3  | Presentación Reunión   |
| 4  | “Minuta técnica de análisis de costo beneficio de instalar un sistema de torre de enfriamiento en una central térmica”. Documento presentado por la Comisión Nacional de Energía |
| 5  | “Tabla resumen de diferentes estudios señalando la termotolerancia en organismos marinos”. Documento entregado por SERNAPESCA.   |
| 6  | Lista de Asistencia  |

Dirección Ejecutiva  
Departamento Prevención y Control de la Contaminación  
Sección Control Hídrico

**22° Reunión Comité Operativo**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : Martes, 14 de abril 2009  
Lugar : CONAMA Central, Piso 4  
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

**TABLA DE REUNIÓN**

| HORA  | CONTENIDO  | RESPONSABLE                    |
|-------|--|--------------------------------|
| 10:30 | Bienvenida   | Mariela Arévalo<br>CONAMA      |
| 10:40 | Antecedentes parámetros<br>- Temperatura<br>- Cloro Libre Residual<br>- THM<br>- Boro tabla 1<br>- Cloruros tabla 1<br>- DQO | Claudia Galleguillos<br>CONAMA |
| 12:50 | Acuerdos y Cierre  | Claudia Galleguillos<br>CONAMA |

**ACTA REUNIÓN**  
**22° REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO**  
**PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**

**Tema:** COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00

**Fecha:** 14 abril 2009 **Lugar:** CONAMA CENTRAL, SALON DE REUNIONES 4° PISO

**Horario:** 10:30 hrs a las 13:00 hrs.

| LISTA DE ASISTENCIA     |                              |  |
|-------------------------|------------------------------|--|
| NOMBRE                  | INSTITUCIÓN                  | CORREO ELECTRÓNICO   |
| Carolina Gómez          | Comisión Nacional de Energía | <a href="mailto:cgomez@cne.cl">cgomez@cne.cl</a>                             |
| Camila Vásquez          | Comisión Nacional de Energía | <a href="mailto:cvasquez@cne.cl">cvasquez@cne.cl</a>                         |
| Nancy Cepeda R.         | SISS                         | <a href="mailto:ncepeda@sis.cl">ncepeda@sis.cl</a>                           |
| Rossana Brantes         | COCHILCO                     | <a href="mailto:rbrantes@cochilco.cl">rbrantes@cochilco.cl</a>               |
| Carmen Rivera           | EVYSA CONAMA                 | <a href="mailto:crivera@conama.cl">crivera@conama.cl</a>                     |
| Pablo Lagos             | SUBPESCA                     | <a href="mailto:plagos@subpesca.cl">plagos@subpesca.cl</a>                   |
| Gabriel Zamorano        | SISS                         | <a href="mailto:gzamorano@sis.cl">gzamorano@sis.cl</a>                       |
| Verónica Vergara        | SISS                         | <a href="mailto:vvergara@sis.cl">vvergara@sis.cl</a>                         |
| Jacobo Homsí            | KRISTAL                      | <a href="mailto:jhomsí@kristal.cl">jhomsí@kristal.cl</a>                     |
| Fernando Aguirre        | DGA                          | <a href="mailto:fernando.aguirre@mop.gov.cl">fernando.aguirre@mop.gov.cl</a> |
| Ricardo Serrano         | RRNN CONAMA                  | <a href="mailto:rserrano@conama.cl">rserrano@conama.cl</a>                   |
| Mariela Arévalo         | HIDRICA CONAMA               | <a href="mailto:marevalo@conama.cl">marevalo@conama.cl</a>                   |
| Claudia Galleguillos C. | HIDRICA CONAMA               | <a href="mailto:cgalleguillos@conama.cl">cgalleguillos@conama.cl</a>         |

| INASISTENTES               |  |
|----------------------------|--|
| INSTITUCIÓN                | CORREO ELECTRÓNICO   |
| ODEPA                      | <a href="mailto:taquero@odepa.gob.cl">taquero@odepa.gob.cl</a>                 |
| Ministerio de Economía     | <a href="mailto:iladrondeguevara@economia.cl">iladrondeguevara@economia.cl</a> |
| SAG                        | <a href="mailto:olga.espinoza@sag.gob.cl">olga.espinoza@sag.gob.cl</a>         |
| JURIDICA CONAMA            | <a href="mailto:cravanal@conama.cl">cravanal@conama.cl</a>                     |
| MINSAL                     | <a href="mailto:pedro.riveros@minasl.cl">pedro.riveros@minasl.cl</a>           |
| SERNAPESCA                 | <a href="mailto:candaur@sernapesca.cl">candaur@sernapesca.cl</a>               |
| CENMA                      | <a href="mailto:pmatus@cenma.cl">pmatus@cenma.cl</a>                           |
| DIRECTEMAR                 | <a href="mailto:nvillarroelr@directemar.cl">nvillarroelr@directemar.cl</a>     |
| Comisión Nacional de Riego | <a href="mailto:pparra@riegoconr.gov.cl">pparra@riegoconr.gov.cl</a>           |

**TABLA DE LA REUNION:**

- Bienvenida
- Presentación parámetros solicitado para modificación
- Acuerdos y cierre

**FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO:**  
**MARTES 28 DE ABRIL 2009,**

|    |   |
|----|---|
| 1. | <b>TEMPERATURA:</b>   |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA HIDRICA: Realiza presentación adjunta, donde se plantea que la temperatura ha sido un parámetro propuesto para modificación por parte de EVYSA CONAMA y MINSAL. El fundamento es que establecer una temperatura fija de emisión para todo el país no es representativo de la realidad y tiene efectos negativos en los ecosistemas. Menciona que EVYSA propone establecer temperaturas basadas en los cuerpos de agua receptores. Se presentan antecedentes presentados por la Comisión Nacional de Energía y SERNAPESCA.</li> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Faltan antecedentes para realizar un análisis acabado. Se recopilarán mayores antecedentes y se evaluará el impacto económico que traerá un cambio en la temperatura.</li> </ul>   |
| 2. | <b>COLORO LIBRE RESIDUAL:</b>   |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA HIDRICA: Realiza presentación adjunta, donde se plantea incluir el parámetro Cloro Libre Residual, el cual fue solicitado por DIRECTEMAR. El fundamento en su inclusión es por ser un elemento precursor de los organoclorados, los cuales son compuestos cancerígenos. La SISS realiza una propuesta de valores a normar en CLR y se plantea al Comité Operativo considerar esta propuesta y sus valores.</li> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acuerda considerar los valores planteados por la SISS en las tablas 1, 2 y 3, sin embargo, se consultará a DIRECTEMAR respecto a los valores en tabla 4 y 5. Para establecer el método de medición, se propone tratar el tema en reuniones temáticas de Control y Monitoreo.</li> </ul>  |
| 3. | <b>THM:</b>   |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA HIDRICA: Realiza presentación adjunta, donde se plantea incluir los Trihalometanos en la norma, los cuales han sido solicitados por los mismos miembros del Comité Operativo. El fundamento es que los THMs poseen propiedades cancerígenas y mutagénicas sobre el ser humano. Se propone cambiar los Triclorometanos por trihalometanos en tablas 1 y 2, además de incluirlos en las tablas 3, 4 y 5.</li> <li>• SISS: Se opone al cambio debido a que no existen antecedentes para normar los THMs en Chile, por lo tanto, no es posible establecer un valor máximo de emisión.</li> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Faltan antecedentes para realizar un análisis acabado. Se recopilarán mayores antecedentes para establecer un valor máximo de emisión. Asimismo, se debe evaluar su impacto en el control y monitoreo y en el abatimiento de este componente.</li> </ul> |
| 4. | <b>BORO:</b>  |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA HIDRICA: Realiza presentación adjunta, donde se plantea que CORMA solicita subir los valores del boro en la tabla 1, sin embargo, no presenta fundamentos ambientales para ello, sólo normativa internacional de referencia. Se tienen antecedentes que es sólo una empresa en Chile que no cumple con este parámetro (papelera de Puente Alto), la cual no posee sistema de abatimiento para el boro, por lo tanto, se sugiere al Comité Operativo no modificar este parámetro.</li> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Acuerdan no modificar el parámetro Boro en la tabla 1.</li> </ul>   |
| 5. | <b>CLORUROS:</b>  |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA HIDRICA: Realiza presentación adjunta, donde se plantea aumentar el parámetro de cloruros en la tabla 1, desde 400 mg/l a 500 mg/l. Esta propuesta fue presentada por ANDESS, cuyo fundamento se basa en compatibilizar el DS90 con la</li> </ul>   |



norma de agua potable. Si bien la norma de agua potable permite superar los 400 mg/l bajo ciertas condiciones, no es una regla general que puede extenderse a todo Chile. Además, se debe considerar que el SAG ha declarado que este parámetro afecta a frutales de exportación en la zona central. Se propone no modificar los cloruros en la tabla 1.

- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acuerda no modificar el parámetro cloruro en la tabla 1.

**6. DQO:**

- CONAMA HIDRICA: Realiza presentación adjunta, donde se plantea que APOOCH y la Universidad Austral han propuesto incluir en la norma la DQO, ya que la DBO5 no refleja el real consumo de oxígeno que producirá la descarga en el cuerpo de agua receptor. La SISS menciona que no se debe incluir este parámetro en la norma, sino que debiera usarse como control de la misma, ya que puede servir de referencia para estimar la DBO5 en casos de emergencia.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acuerda no incluir la DQO en la norma, sin embargo, se deja en expediente que este parámetro debe usarse como control de la norma.

**COMPROMISOS ADOPTADOS:**

- COMITÉ OPERATIVO:
  - La DQO será un parámetro que se debe usar como complemento para controlar la norma.
  - El boro y el cloruro no serán modificados en la tabla 1.
- CONAMA HIDRICA:
  - Buscará mayores antecedentes para presentar una propuesta con mayor desarrollo respecto a la modificación de la temperatura.
- EVYSA CONAMA:
  - Buscará mayores antecedentes de CLR y THMs.

002802



GOBIERNO DE CHILE  
CONAMA

# REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO PROCESO DE REVISIÓN DS 90

14 ABRIL 2009

## TABLA DE REUNIÓN

---

### PARÁMETROS:

- Temperatura
- Cloro Libre Residual
- THM
- Boro
- Cloruros Tabla 1
- Otros



## TEMPERATURA

### SOLICITUD:

- MODIFICAR EN LA NORMA

### SOLICITADO POR:

- EVYSA CONAMA. Memorandum Nro.170, del 01 octubre 2007.
- MINSAL. OF. ORD. N°5334, del 06.11.07, fojas 568.

### FUNDAMENTOS:

- Actualmente se propone un máximo de temperatura (30°C a 40°C) en la norma vigente. Claramente no es lo mismo la emisión de aguas con esta temperatura en el norte que en el sur de Chile, ni en la costa como en cordillera.
- Existen antecedentes que los cambios de temperatura afectan los ecosistemas. MINSAL en su oficio ORD. N°5334, menciona que los ríos de nuestro país presentan perfiles de temperatura estacional y axial que varían significativamente. El estrés térmico de un cuerpo receptor afecta directamente la cadena trófica acuática y el transporte de peces en el sistema.

### PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Tomar temperaturas basales y aplicar un delta para la descarga.



## Cloro Libre Residual

### SOLICITUD:

- Incluir en la norma

### SOLICITADO POR:

- DIRECTEMAR, ORD. N°12.600/422, del 20 de junio 2008.

### FUNDAMENTOS:

- Es el principal compuesto que fomenta la formación de Organoclorados.
- Existe problemas con el método de medición, el cual se debe medir en terreno necesariamente.
- Método DPD o fotómetro, no sirven para medir este parámetro en aguas coloreadas, ya que es un método colorimétrico.
- Para aguas coloreadas se debe usar el método FAS, que requiere una analítica más compleja.
- SISS- ORD. N°400 del 16.02.09. "En función de los antecedentes detallados, esta SISS estima que un valor factible de lograr y medir para el CLRL en efluentes de PTAS que descargan a cuerpos fluviales no debiese ser inferior a 0,5 mg/l. Para el caso de descargas al mar, en consideración a la mayor capacidad de dilución del receptor, se propone un valor no inferior a 2,0 mg/l como límite máximo.

### PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Tomar propuesta SISS



## THM

### SOLICITUD:

- Incluir en la norma

### SOLICITADO POR:

- Sesiones del Comité Operativo

### FUNDAMENTOS:

- Propiedades cancerígenas y mutagénicas sobre el ser humano, comprobadas en 1976 por el Instituto nacional del Cáncer en Estados Unidos.

### PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Cambiar el triclorometano por los trihalometanos.



## BORO

### SOLICITUD:

- Subir valores de boro en tabla 1

### SOLICITADO POR:

- CORMA

### FUNDAMENTOS:

- No presenta fundamentos ambientales, sólo normativa internacional de referencia.
- Existen métodos y tecnología disponible para abatimiento de boro, pero se ha solicitado a la empresa analizar las factibilidades de implementación y costos asociados, sin embargo, no entrega propuesta concreta y solicita más tiempo.
- Por el momento es sólo una empresa la que presenta problemas con este parámetro en tabla 1, correspondiente a la papelera de Puente Alto, la cual no tiene sistemas para abatir boro.

### PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Dejar los valores del parámetro como está.



## CLORUROS

### SOLICITUD:

- Subir valores de Cloruros en Tabla 1

### SOLICITADO POR:

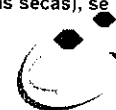
- ANDESS

### FUNDAMENTOS:

- Compatibilizar el DS90 con la norma de agua potable y aumentar en la tabla N°1 desde 400 a 500 mg/l en su concentración.
- En la actualidad se reconoce la existencia de fuentes de agua potable con mayor concentración de cloruro y se permite en ella, bajo ciertas condiciones, superar los 400 mg/l, esto sumado al hecho de una presencia natural de cloruros en las aguas servidas hace necesario una revisión.
- Fundamento entregado por SAG en la norma vigente: "Si se toma en consideración la gran cantidad de frutales de exportación que se cultivan en la zona central (carozos, nectarines, uva de mesa, etc.), se propone un límite máximo de 300 mg/l de cloruros en la tabla N°1.

### PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Al tratarse de un cuerpo receptor sin capacidad de dilución (incluso quebradas secas), se propone mantener el valor de 400 mg/l en tabla 1.



## DQO

### SOLICITUD:

- Incluir en la norma

### SOLICITADO POR:

- Universidad Austral, APOOCH

### FUNDAMENTOS:

- La DBO5 no refleja el real consumo de oxígeno que producirá la descarga en el cuerpo receptor. Registra los requerimientos reales y totales de oxígeno.
- La DQO sirve para evaluar la carga orgánica total de aguas contaminadas con especies químicas reductoras.
- El fundamento de la norma vigente menciona que se estima razonable que el límite de este parámetro se establezca en 200 mg/l en T1, 1200 mg/l en T2 y 300 mg/l en T4 (Sistema Administrador de empresas). Asimismo, la SISS acoge elevar a 150 mg/l los niveles de la DQO en T1 y a 1200 mg/l en T2.
- En el proceso actual, SISS indica que este parámetro no se debe incorporar en la norma, sino que debería usarse para el control de la misma. Puede servir como referencia para estimar la DBO5 en casos de emergencia.

### PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Se propone asumir propuesta SISS y dejar este parámetro fuera de la norma.



## **MINUTA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE INSTALAR UN SISTEMA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO EN UNA CENTRAL TÉRMICA**

### **1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN**

#### **Sistemas de Refrigeración de Centrales Termoeléctricas:**

Las plantas de generación termoeléctrica requieren de un medio de enfriamiento para condensar el vapor generado en la caldera y así reiniciar el ciclo térmico. Para efectuar este cambio de fase, es necesario extraer el calor latente del vapor, el cual debe ser transferido al medio ambiente a través del agua de refrigeración.

Para realizar esta operación, las centrales térmicas que operan con ciclo de vapor, pueden utilizar tres tecnologías:

- a. Refrigeración con agua en circuito abierto (once-through cooling system OTCS).
- b. Refrigeración a través de torres de enfriamiento o cooling towers.
- c. Refrigeración seca (a través de aire).

#### **a. Sistema de refrigeración en circuito abierto u once-through cooling (OTCS)**

Esta tecnología es ampliamente utilizada cuando se posee agua fría en abundancia, como es el caso de zonas costeras, ríos o lagos. En este sistema el agua es tomada desde el cuerpo de agua directamente y es conducida hacia el condensador que produce el intercambio de calor del vapor al agua de refrigeración. En este proceso se produce un incremento en la temperatura del agua que varía entre los 6°C a 10°C. Después de su paso por el condensador el agua es evacuada hacia el cuerpo de agua natural.

En este proceso no se produce pérdida de agua, siendo descargado el mismo caudal que ingresa, sin embargo, se genera evaporación en la vecindad de la pluma de descarga.

Para los sistemas de refrigeración se utilizan alrededor de 115 a 170 m<sup>3</sup>/hr por cada MW de potencia de la central, lo cual varía dependiendo de la temperatura del agua al ingreso del condensador.

Este sistema tiene las ventajas de ser más eficiente que las otras alternativas, tiene una baja pérdida de agua y un bajo costo de instalación y operación.

Sin embargo presenta las siguientes desventajas:

- Genera una pluma térmica en la descarga
- Arrastre e impacto (contra los sistemas filtrado) de organismos que habitan en el cuerpo de agua.
- Presenta una alta tasa de retiro o caudal succionado.

#### **b. Sistema de enfriamiento húmedo en recirculación (recirculating wet cooling RWC)**

Este sistema funciona de la misma forma que el sistema abierto al interior del condensador, es decir el intercambio de calor del vapor se hace a través de agua de refrigeración. La diferencia radica en que en el sistema de recirculación el agua no es retornada al medio sino que se enfría en torres de enfriamiento y se recircula al condensador.

En las torres, la refrigeración se logra a través de la evaporación de una fracción del agua de recirculación esto es del orden de 1 a 2%. Por lo anterior el sistema debe ser llenado con agua en la cantidad suficiente para suplir la pérdida por evaporación y purgas del sistema. El aporte de agua al sistema varía entre 2,3 a 3.4 m<sup>3</sup>/hr por MW. El agua de aporte puede provenir de distintas fuentes dentro de las que se cuenta el agua de mar.

El agua recirculada eventualmente acumula sólidos disueltos y material suspendido. El líquido de descarga o purga de las torres de enfriamiento (un porcentaje del agua recirculada) se descarga regularmente, y se trata y agrega agua fresca de recarga al sistema de recirculación para paliar esta acumulación de sólidos. Los contaminantes de preocupación en la purga de las torres de enfriamiento incluyen cloro, químicos orgánicos y metales traza provenientes del control del ensuciamiento biológico y de la corrosión.

Existen dos tipos de RWC, de tiro natural y de tiro forzado. En las de tiro natural, el aire fluye a través de la torre debido a las diferencias de densidad en un "efecto chimenea", lo cual requiere de torres más esbeltas (80 m a 200 m de altura) y por lo tanto de mayor costo de inversión. Las torres de tiro forzado poseen un ventilador en su parte superior que obliga a circular el aire hacia el interior de la torre.

Estos sistemas se justifican en aquellos lugares donde no hay acceso a fuentes de agua.

Las ventajas ambientales de este sistema respecto al sistema de refrigeración en circuito abierto son; reduce el caudal de succión del cuerpo de agua y reduce el efecto de arrastre e impacto de organismos en el agua, no descarga agua a mayor temperatura.

Las desventajas del sistema son: disminuye la eficiencia de la planta, aumenta el costo de inversión, aumenta el consumo de agua por efecto de pérdida de agua en la evaporación, se tiene una pluma a la atmosfera visible y a la deriva, aumentan las emisiones atmosféricas de material PM-10 (por las concentraciones de sales en la pluma de vapor), se requiere una planta de tratamiento de efluentes, problemas de corrosión en los alrededores de la torre de enfriamiento y el ataque de sulfatos y cloro a las estructuras de hormigón armado.

Este sistema de enfriamiento es aplicado tanto en agua dulce como en agua salada. Para este último caso se deben tener en consideración los materiales constructivos para proteger la estructura de la corrosión del ambiente marino.

### **c. Sistema de enfriamiento seco (Dry cooling)**

Los sistemas secos están divididos en directos e indirectos. En los sistemas directos el vapor de la turbina es entregado directamente a un condensador enfriado por aire (Air-cooled condenser ACC), el traspaso de calor a la atmósfera ocurre en un solo paso. El vapor es condensado en el interior de tubos aletados que se disponen en un marco con forma de "A" donde son enfriados por el aire soplado a través de las superficies aletadas. Al igual que el sistema húmedo, la torre de enfriamiento seca puede ser de tiro natural o de tiro forzado.

**Resumen Ventajas y Desventajas Sistemas Enfriamiento**

| <b>Sistema</b>   | <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>  |
|--|---|---|
| a. Sistema de enfriamiento circuito abierto  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiencia</li> <li>- Menor costo de inversión</li> <li>- Menor costo de operación</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta tasa de succión de agua de refrigeración.</li> <li>- Pluma térmica en la descarga.</li> <li>- Impacto ambiental en la succión por arrastre y golpes de organismos acuáticos.</li> </ul>   |
| b. Torre de enfriamiento húmedas en recirculación (de tiro natural y tiro forzado) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor tasa de succión de agua de mar</li> <li>- Menor impacto de pluma térmica</li> <li>- Menor impacto en la succión por arrastre y golpes de organismos acuáticos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuye la eficiencia de la planta.</li> <li>- Aumenta el costo de inversión y operación.</li> <li>- Existe una pluma atmosférica visible.</li> <li>- Aumentan las emisiones atmosféricas (PM-10 sales).</li> <li>- Se requiere una planta de tratamiento de efluentes.</li> <li>- Impacto visual por altura de la torre (torre de tiro natural).</li> <li>- Emisiones de ruido (Torres de tiro forzado).</li> </ul> |
| c. Sistema directo e indirecto de enfriamiento seco                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No requiere consumo de agua (salvo para sistemas secundarios)</li> <li>- No existe impacto por arrastre y golpes de organismos acuáticos</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuye la eficiencia más que en las torres de enfriamiento.</li> <li>- Altos costos de operación por energía requerida por los ventiladores.</li> <li>- Emisiones de ruido.</li> <li>- Tienen una capacidad de disipación de calor limitada esta depende de la temperatura del aire ambiente.</li> </ul>  |



## 2. COSTOS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO

Para una adecuada cuantificación de los costos de estas tecnologías, se deben considerar:

- Los costos de instalación y operación
- Los mayores costos, en comparación a una central con circuito de refrigeración de ciclo abierto para una misma cantidad de energía generada, debido a la pérdida de eficiencia del proceso y mayor costo por aumento de consumo de carbón con el consecuente aumento de las emisiones atmosféricas
- Así también se deben medir los efectos que tendría la incorporación de torres de enfriamiento a los proyectos de centrales termoeléctricas, en particular en las centrales carboneras. Destaca el efecto en el Precio de Largo Plazo y su efecto a cliente final.

El costo estimado del sistema de enfriamiento con torres usando agua de mar, se considera entre 30 a 60 MM-US\$.

El área eléctrica de la CNE hizo el ejercicio<sup>1</sup> de determinar cuál es el nivel de precios que asegura la rentabilidad de un proyecto a carbón, y por tratarse de la tecnología de desarrollo de los sistemas SING y SIC, este nivel de precios constituye la señal económica de desarrollo y al mismo tiempo una referencia para los precios futuros del sistema.

Otro aspecto, es determinar que para cubrir la menor producción de un proyecto a carbón, será necesario sobredimensionar el tamaño/producción de cada proyecto y por ende aumentar la cantidad de emisiones.

### PRECIO DE LARGO PLAZO

En el Largo Plazo, el costo marginal de largo plazo es el precio de ventas de energía que en conjunto con los precios de transacción de la potencia permiten lograr una rentabilidad adecuada para el módulo de desarrollo del sistema. El módulo de desarrollo del sistema se entiende como el módulo de oferta de una determinada tecnología eficiente, que para la relación de precios de largo plazo que se proyecta (a noviembre de 2008), corresponde al desarrollo en base a carbón.

Los efectos concretos de la exigencia de torres de enfriamiento sobre el módulo de desarrollo del SIC-SING es un aumento de los costos de inversión equivalente a 3 %, y una disminución de la potencia disponible equivalente a 2,8 %.

Lo anterior se traduce en aumentar el costo de inversión –unitario- de 2.300 [US\$/kW] a 2.369 [US\$/kW], mientras que la capacidad útil de cada proyecto se reduciría de 200 [MW] a 194,4 [MW].

En relación a los ingresos por potencia, se ha considerado un precio de potencia de 8,5 [US\$/kW/mes], con un factor de reconocimiento de potencia (Potencia Firme) de 80%. Como resultado de lo anterior, los ingresos por venta de potencia iguales a 11,1% de los ingresos totales –sin torre de enfriamiento- se reducen a 10,5% al incorporar el efecto de torre de enfriamiento, lo cual redundará en aumentar los ingresos de energía por la vía de un mayor precio.

Con todo, el costo marginal de largo plazo que permiten rentar el módulo de desarrollo antes indicado, aumenta de 89,1 [US\$/MWh] a 94,4 [US\$/MWh]. En el siguiente cuadro se entrega la información relevante del análisis realizado.

<sup>1</sup> Con información a noviembre de 2008

| Analisis Unidad de Desarrollo del Sistema       | Sin Torre    | Con Torre    | Delta       |
|---|--------------|--------------|-------------|
| Potencia Diseño [MW]                            | 200          | 200          | -           |
| Potencia Disponible [MW]                        | 200          | 194.4        | - 5.60      |
| Inversión [Millones US\$]                       | 475          | 502          | 27.45       |
| Ren [Ton/MWh]                                   | 0.397        | 0.408        | 0.01        |
| Consumo Unitario de Carbón [Ton/GWh]            | 397          | 408          | 11          |
| Cvar [US\$/MWh]                                 | 56.52        | 58.00        | 1.48        |
| Energía Anual [GWh]                             | 1464.67      | 1423.66      | -41.01      |
| Total Costos Vida Util (Ope + Inv) MU\$         | \$ 1,319.36  | \$ 1,349.38  | 30.02       |
| <b>Costo Marginal de Largo Plazo [US\$/MWh]</b> | <b>89.13</b> | <b>94.36</b> | <b>5.24</b> |

El mayor precio de largo plazo, por ejemplo, aplicado a la energía destinada a clientes regulados para el año 2012 en el SIC, esto es 27.633 [GWh], generaría un mayor costo anual equivalente a 145 Millones de dólares.

| Impacto Sistema                                     | Sin Torre | Con Torre | Delta |
|---|-----------|-----------|-------|
| Energía Regulada Anual SIC año 2012 [GWh]           | 27633     | 27633     | 0     |
| Costo Energía Anual valorada a CMLp [Millones US\$] | 2463      | 2608      | 145   |

Como conclusión final, se puede mencionar que en largo plazo el precio de la energía aumentaría 5,9 %, lo cual provocaría un aumento en las tarifas a cliente final residencial igual a 3,1 %.

### MAYOR UTILIZACIÓN DE CARBÓN

Otro efecto importante de consignar y que está contenido en el cuadro anterior, son los requerimientos de carbón necesarios para producir la misma cantidad energía. Por cada 1465 [GWh/año] generado por una central con torres de enfriamiento, se necesitan 16.115 [Ton/año] de carbón adicionales respecto de la central sin torres de enfriamiento. La cifra anterior tiene que ser considerada junto a otras variables ya que significa potencialmente mayores emisiones y mayores requerimientos del transporte de combustible.

### COSTO AMBIENTAL DE SUPLIR DISMINUCIÓN DE OFERTA ELECTRICA

La pérdida de eficiencia implica una disminución de oferta en el lugar, que debe suplirse con otra en algún otro lugar, con sus consecuentes impactos, que deben ser evaluados dependiendo del tipo de combustible, tecnología utilizada y emplazamiento de la Central y sus respectivos equipos.

### CAMBIOS DE DISEÑO DE LOS PROYECTOS

Para la incorporación del sistema de torres de enfriamiento en una central con un diseño previo definido, es necesario definir a que tipo de diseños de ingeniería de las centrales es aplicable la Tecnología con torres de enfriamiento y qué cambios de ingeniería necesitarían para incluirlas (y su costo asociado), que debería sumarse a los costos de impactos sobre las Tarifas.

TABLA RESUMEN DE DIFERENTES ESTUDIOS SEÑALANDO LA TERMO TOLERANCIA EN ORGANISMOS MARINOS.  
CAA Semapesca Viernes, 23 de Enero de 2009

| Publicación   | Descripción del estudio  | termo tolerancia   |
|---|--|--|
| Martínez-Arroyo, S. Abundes, M. E. González & J. Rosas. 2000. On the Influence of Hot-Water Discharges on Phytoplankton Communities from a Coastal Zone of the Gulf of Mexico. Water, Air, & Soil Pollution. Volume 119. Numbers 1-4. | Microalgas de la costa de Veracruz, Golfo de México afectada por la planta Termoeléctrica "Adolfo López Mateos".   | Sugiere que las microalgas expuestas a temperaturas mayores a los 30°C disminuyen en forma significativa su tasa de fotosíntesis. Ello afecta la productividad primaria y toda la cadena alimenticia.  |
| Jones, R.S., Randall, R.H., Wilder, M.J. 1976. Biological impact caused by changes on a tropical reef. Final report. Technical Report. Guam Univ., Agana. Marine Lab.   | Un estudio biológico se lleva a cabo sobre una franja de arrecifes de coral junto a una planta de energía termoeléctrica en Guam antes y después de la liberación de la pluma térmica.   | El estudio muestra que después de la acción del efluente el arrecife fue invadido por la estrella de mar <i>Acanthaster planci</i> (L.) Experimentos de simulación térmica, realizado en una serie de arrecifes de corales en el laboratorio, indican los límites de tolerancia superior entre 30 y 33°C. Estas temperaturas son comunes en el arrecife adyacente al margen de la central. La elevación de la temperatura al rango Subletal reduce la tasa de crecimiento en algunas de las especies de coral.   |
| K. Suresh, M. S. Ahamed, G. Durairaj and K. V. K. Nair. 1993. Impact of power plant heated effluent on the abundance of sedentary organisms, off Kalpakkam, East coast of India. Hydrobiologia. Volume 268, Number 2.                 | Se midió el impacto de los efluentes térmicos del condensador de desagüe de la central nuclear de Madrás, sobre la flora y fauna asentadas en apilamientos de hierro presentes en la zona de descarga.   | A temperaturas que oscilan entre 27,2 a 31,0 ° C, las comunidades sedentarias se componían de algas epifitas, anémonas de mar, gusanos tubícolas, poliquetos, cangrejos, anfipodos, mejillones y ascidias. Durante enero-febrero, la temperatura ambiente varió entre 37.0 a 37.6 ° C. Como resultado de esto casi todos la macroepifauna y la flora murieron, a excepción de los <i>Cthamald</i> . La elevación de T ° fue de 7.6 grados sobre la temperatura conocida de máxima tolerancia.  |
| Jackson L. Fox, Michael S. Moyer 1973. Some Effects of a Power Plant on Marine Microbiota. Chesapeake Science, Vol. 14, No. 1 (Mar., 1973), pp. 1-10  | Se usaron varios métodos analíticos, incluida la productividad primaria, clorofila alfa, ATP de bacterias, y el total de sólidos disueltos, temperatura y oxígeno disuelto para evaluar los efectos directos e indirectos de la planta de energía de refrigeración de agua marina en la microbiota | Los resultados mostraron que el aumento de la temperatura del agua tiene efectos ciertos sobre los organismos marinos presentes. Los efectos son más pronunciados inmediatamente después de la exposición, así mismo, su gravedad parece ser proporcional a la temperatura. La productividad primaria se redujo un promedio de 25.9%. La Clorofila alfa mostró grandes fluctuaciones. Los resultados mostraron que algunos organismos, como el fitoplancton, mueren o al menos se obstaculiza su capacidad de asimilar el carbono, mientras que otros organismos, como las bacterias, sobreviven el paso de tubos de condensador y puede incluso aumentar en número. El delta de temperatura del condensador tiene un máximo de 6.1°C. |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Mónica Susana Hoffmeyer, Florencia Biancalana, Anabella Berasategui. 2005. Impact of a power plant cooling system on copepod and meroplankton survival (Bahía Blanca estuary, Argentina). Iheringia, Sér. Zool. vol.95 no.3 Porto Alegre.</p>                | <p>El principal objetivo de este estudio es entender la los límites térmicos superiores y temperatura crítica en copéodos de la costa cercanas a una plantas de energía. Se diseñaron experimentos de laboratorio para evaluar el límite superior de la temperatura letal incipiente y T° crítica máxima para ocho especies de copéodos</p>  | <p>La temperatura letal incipiente superior de tolerancia en 48 horas para copéodos aclimatados en 16,0, 20,0, 28,0 ° C fue de 26.4-29.1, 27.3-30.1, 32.9-36.9 ° C, respectivamente. Y la T° crítica máxima para ejemplares aclimatados a 28,0 ° C fue 35.80-41.03 ° C</p>  |
| <p>Milan Keser, John T. Swenarton and James F. Foerch. 2005. Effects of thermal input and climate change on growth of Ascophyllum nodosum (Fucales, Phaeophyceae) in eastern Long Island Sound (USA). Journal of Sea Research, Volume 54, Issue 3: 211-220.</p> | <p>El Crecimiento de ascophyllum nodosum (L.) se monitoreo mensualmente deste 1979 a 2002 en cuatro localidades en el este de Long Island, cerca de la central eléctrica de Millstone (MPS), Waterford, Connecticut, EE.UU.. En los dos sitios no afectados por la MPS térmica de alta, las estimaciones de crecimiento anual se correlacionó positivamente con la media anual de temperaturas ambiente de agua de mar, que se incrementó en aproximadamente 1 ° C el período de estudio</p> | <p>En la pluma de la planta un mayor crecimiento se observo hasta la temperatura de 25 ° C. A más de 25 ° C, las tasas de crecimiento disminuyeron rápidamente, y la mortalidad se observó cuando las temperaturas superaron 27-28 ° C. En la actualidad, la temperatura natural máxima del agua de mar en el este de Long Island llega a los 22-23° C.</p> |



GOBIERNO DE CHILE

COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

**DIRECCIÓN EJECUTIVA  
DEPTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
ÁREA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA**

**LISTA DE ASISTENCIA: REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS90.**

Fecha: MARTES 14 ABRIL 2009

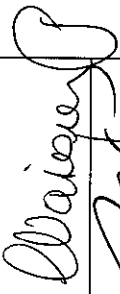


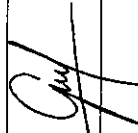
Hora inicio: 10:30 hrs

Lugar: CONAMA, PISO 4

Hora Fin: 13:00 hrs

| N° | Nombre              | Institución | Teléfono/Fax | e. mail                     | Firma |
|----|---------------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------|
| 1  | PABLO LAGOS S.      | SUBPESCA    | (32) 2502765 | PLAGOS@SUBPESCA.CL          |       |
| 2  | Gabriel Zamoraqueo  | SISE        | 3824194      | gzamoraq@siss.cl            |       |
| 3  | Alejo Honsid        | KESTAL      | 7320209      | HONSID@KESTAL.CL            |       |
| 4  | Mary Cepedal        | SISE        | 3824191      | mcepeda@siss.cl             |       |
| 5  | Verónica Vergara S. | SISE        | 3824122      | Vergara@siss.cl             |       |
| 6  | Fernando Arguine Z. | SGA         | 4493750      | Fernando.arguine@emp.gov.cl |       |
| 7  | Rossana Brontes A   | Cochilco    | 3828251      | rbrontes@cochilco.cl        |       |
| 8  | Carmen Pereira      | Conama      | 2405679      | cpereira@conama.cl          |       |
| 9  | Carolina Gómez A    | CNE         | 3656876      | Cgomez@cne.cl               |       |

00000000

| N° | Nombre              | Institución         | Teléfono/Fax | e. mail                | Firma   |
|----|---------------------|---------------------|--------------|------------------------|---|
| 10 | CAMILA VÁSQUEZ      | CNE                 | 3656839      | CVASQUEZ@CNE.CL        |  |
| 11 | RICHARDO SERRANO    | CONAMA<br>RRNN      | 241.1875     | rserranoc@conama.cl    |  |
| 12 | Mariela Arevalo     | CONAFIC<br>Admin. A | 24 05664     | maruara@conama.cl      |  |
| 13 | Claudia Gallejillos | CONATA              | 2405706      | cgallejillos@conama.cl |  |
| 14 |                     |                     |              |                        |   |
| 15 |                     |                     |              |                        |   |
| 16 |                     |                     |              |                        |   |
| 17 |                     |                     |              |                        |   |
| 18 |                     |                     |              |                        |   |
| 19 |                     |                     |              |                        |   |
| 20 |                     |                     |              |                        |   |

## DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO

### “Proceso de Revisión DS 90”

Enviado por : AIDIS- Elizabeth Echeverría  
e-mail : [eecheverria@aidis.cl](mailto:eecheverria@aidis.cl)  
Fecha : Martes, 14 de abril 2009  
Hora : 21:53 hrs

### DOCUMENTOS ANEXOS

| Nº | DOCUMENTO   |
|----|---|
| 1  | Correo electrónico con observaciones al borrador 7 de la norma. |

CONFIDENTIAL

**De:** Elizabeth Echeverria O. [mailto:eecheverria@aidis.cl]

**Enviado el:** Martes, 14 de Abril de 2009 21:53

**Para:** Claudia Galleguillos

**Asunto:** Re: Borrador 7 DS 90

Estimada Claudia:

Revisé el borrador 7 y corroboramos observaciones del grupo 3 que se plantearon al borrador 6, las cuales fueron enviadas oportunamente.

En forma adicional me asalta la duda respecto a tabla de valores de fuente emisora donde se cambió nitrato + nitrito por Nitrógeno total.

¿Cual es el valor que va a quedar, 240 g/d es imposible, ya que este no puede ser menor que Nitrógeno Kjeldahl que está en 1280 g/d ? (ver aclaración de \*\* al pie de tabla 3)

Para no confundir el Nitrógeno Kjeldahl, no debiera llevar apellido de "total", de hecho así va a quedar en la actualización de NCh 2313/28.

Saludos y nos vemos el miercoles 22 si Dios quiere.

Elizabeth.



**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : ASIMET- Isabel Hanold  
e-mail : [ihanold@mi.cl](mailto:ihanold@mi.cl)  
Fecha : Miércoles, 15 de abril 2009  
Hora : 10:49 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO  |
|----|--|
| 1  | Proyecto de norma peruana para sector siderúrgico. |

**DECRETO SUPREMO N° -2009-MINAM  
APRUEBA DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) DE EFLUENTES PARA  
TODAS LAS ACTIVIDADES DEL SUB SECTOR INDUSTRIA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el artículo 3º de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, referido al rol del Estado en materia ambiental, dispone que éste, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otras, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 33º, inciso 4, de la Ley General del Ambiente dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el artículo 117º de la Ley General del Ambiente señala en sus incisos 1 y 2 que el control de las emisiones se realiza a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP) y demás instrumentos de gestión ambiental establecidos por las autoridades competentes; y que la infracción de los LMP es sancionada de acuerdo con las normas correspondientes;

Que, el artículo 32º de la Ley General del Ambiente, modificado por DL N° 1055 que establece que el Límite Máximo Permisible es exigible por el ministerio del ambiente y las instituciones que forman parte del sistema de gestión ambiental.

Que, los impactos ambientales relacionados con todas las actividades industriales están asociados con los efluentes descargados al cuerpo receptor, por lo que los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son mecanismos de gestión ambiental que permiten la convivencia entre diferentes actividades productivas, la salud humana y a su vez asegurar la calidad del cuerpo receptor;

Que, el artículo 1º de la Ley N° 28817, Ley que establece plazos para la elaboración y aprobación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispone que la Autoridad Ambiental Nacional, que dirige el proceso de elaboración y revisión de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), culminará dicho proceso en un plazo no mayor de dos (2) años, contados a partir de la vigencia de la presente Ley;

Que, a la fecha deviene en una acción prioritaria, la fijación de LMP con la finalidad de que el Sub Sector cumpla sus compromisos ambientales de acuerdo a

la Ley que establece plazos para la Elaboración y Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación – Ley N° 28817 y el Cronograma de Priorizaciones, aprobado por Decreto de Consejo Directivo N° 029-2006-CONAM/CD, así como el Procedimiento para la aprobación los ECA y LMP de Contaminación Ambiental, aprobado por Decreto Supremo N° 033-2007-PCM y los Programas Anuales de ECA y LMP, aprobados por las respectivas resoluciones presidenciales.

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y sus funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la opinión de los sectores involucrados, corresponde aprobar los LMP de efluentes para el Sub Industria, mediante Decreto Supremo conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

#### **DECRETA**

#### **Artículo 1º. – Del Objetivo y Ámbito de Aplicación.**

Establecer los Límites Máximos Permisibles (LMP) para de efluentes para todas las actividades del subsector industria con el objetivo de mitigar los efectos negativos en el ambiente, particularmente, la contaminación de los cuerpos de agua, así como los riesgos a la salud de la población.

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades industriales reguladas por el Subsector Industria y Comercio Interno.

#### **Artículo 2º.- Definiciones**

Para efectos de la presente norma, se considera:

- **Autoridad Competente.-** Es la autoridad que ejerce las funciones de evaluación y aprobación o desaprobación así como la supervisión de los instrumentos de gestión ambiental de la actividad industrial, la cual corresponde al Ministerio de la Producción.
- **Acreditación.** Testimonio de un tercero, relacionado con el organismo de evaluación de la conformidad, que comunica de manera formal el reconocimiento de su competencia para llevar a cabo labores específicas de la evaluación de conformidad" (Norma ISO/IEC 2004).

- **Cuerpo receptor.** Son las aguas dulces superficiales, la atmósfera, los suelos, las estructuras geológicas estables y confinadas. La calidad de los cuerpos receptores se compara con los estándares de calidad ambiental correspondientes.
- **Declaración de Impacto Ambiental.-** Es el documento que se presentará para aquellos proyectos o actividades nuevas de la industria manufacturera, modificaciones o ampliaciones, cuyos riesgos ambientales no estén dentro de los contenidos en el artículo 14 del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera.
- **Ente Fiscalizador.-** Es la autoridad que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad industrial de acuerdo a la normatividad vigente.
- **Límite Máximo Permisible. (LMP)** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.
- **Monitoreo.** Evaluación sistemática y periódica de la calidad de una muestra de efluente o cuerpo receptor en un punto de control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, la toma de muestras y el análisis de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Agua y Efluentes de la Industria.
- **Mejores Prácticas Ambientales.-** Es la aplicación de la combinación más adecuada de medidas, estrategias, métodos, que han sido determinados como los más efectivos medios prácticos para prevenir o reducir la contaminación atmosférica
- **Parámetro.** Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica de un efluente que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente decreto supremo.
- **Programa de Monitoreo.-** Muestreo sistemático y permanente destinado a evaluar la presencia y concentración de contaminantes emitidos o vertidos en el ambiente, efectuado mediante la utilización de métodos y técnicas adecuadas al medio en que se realiza el estudio, basados en normas establecidas en protocolos y aprobadas por el autoridad competente
- **Protocolo de Monitoreo.-** Procedimientos y metodologías que deberán cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**Artículo 3º. – De la Aprobación de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de todas las actividades industriales:**

Apruébese como Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes provenientes de todas las actividades industriales los valores contenidos en la Tabla N° 01, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Tabla N° 01**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) PARA EFLUENTES DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES**

| Parámetro                     | Unidad      | LMP   |
|-------------------------------|-------------|-------|
| pH                            |             | 6 - 9 |
| Incremento de Temperatura     | °C          | <=3   |
| Sólidos Totales en Suspensión | mg/L        | 50    |
| Aceites y Grasas              | mg/L        | 10    |
| Demanda Química de Oxígeno    | mg/L        | 250   |
| Coniformes                    | MNP/ 100 ml | 400   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L        | 50    |

**Artículo 4°.- Obligatoriedad de cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP)**

- 4.1- Los LMP de efluentes líquidos que se establecen en el presente decreto supremo son de cumplimiento obligatorio para las nuevas plantas de actividades del sub sector industria a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.
- 4.2- El Ministerio del Ambiente en coordinación con la autoridad competente deberá revisar los LMP cada 5 años con la finalidad de evaluar su eficacia y actualizarlos de ser el caso.
- 4.3- Para cumplir con los valores establecidos en las Tablas N° 01 establecidos en el artículo 3°, las plantas industriales deberán contar las mejores tecnologías disponibles y económicamente viables y las mejores prácticas ambientales en todas sus operaciones y procesos.

**Artículo 5°.- Del Programa de Monitoreo**

- 5.1- Los titulares de la Industria están obligados a presentar el programa de monitoreo de efluentes, debidamente actualizado para su aprobación por la Autoridad Competente como parte del procedimiento de certificación ambiental. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, así como los parámetros y frecuencia de medición.
- 5.2- El Programa de Monitoreo podrá ser modificado mediante resolución de la Autoridad Competente, de oficio, por recomendación del Ente Fiscalizador

o a pedido del Titular, a efectos de eliminar, agregar o modificar puntos de control, parámetros o frecuencia, siempre que exista el sustento técnico respectivo.

5.3-Asimismo, el Ente Fiscalizador podrá recomendar a la Autoridad Competente las modificaciones al Programa de Monitoreo que considere apropiadas, como consecuencia de las acciones de fiscalización.

5.4-La Autoridad Competente podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

#### **Artículo 6° Del Protocolo de Monitoreo**

Para efectos de lo regulado en el presente Decreto Supremo, sólo serán considerados válidos los monitoreos realizados con Laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual -INDECOPI y de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de efluentes aprobado por la autoridad competente en coordinación con el Ministerio del Ambiente.

#### **Artículo 7° De los reportes de los resultados del monitoreo.**

7.1-La Dirección de Asuntos Ambientales de Industria del Vice ministerio de Industria y Comercio Interno del Ministerio de la Producción es responsable de la administración de la base de datos de monitoreos de efluentes de las actividades sub sector industria. En tal sentido, los Titulares están obligados a reportar en los plazos establecidos los resultados de los monitoreos realizados, de conformidad con los procedimientos vigente.

7.2-La Dirección de Asuntos Ambientales de Industria deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros sesenta (60) días calendario de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo reportados, el cual incluirá los avances en la implementación de los LMP por los titulares durante el año anterior, el cual será de acceso público a través de la página web de la Autoridad Competente y del Ministerio del Ambiente.

#### **Artículo 8° De la Supervisión y Fiscalización:**

8.1-Para supervisar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de actividades industriales establecidos en el presente decreto supremo, el ente fiscalizador se regirá según el Protocolo de Monitoreo de Efluentes para el Sub Sector Industria que elaborará la Dirección de Asuntos Ambientales de Industria y Comercio Interno (DAAI) en coordinación con el Ministerio del Ambiente.

8.2-La fiscalización del cumplimiento de los LMP deberá realizarse bajo el marco legal vigente

**Artículo 9º.- De las Sanciones**

El administrado será pasible de sanción si incumple con lo establecido en la presente norma, de conformidad con lo dispuesto en la normativa vigente.

**Artículo 10º.- Del Plan de Manejo Ambiental para la implementación del Límite Máximo Permisible.**

Las empresas responsables de actividades sub sector industria existentes antes de la promulgación del presente Decreto Supremo, deberán establecer un Plan de Manejo Ambiental para la implementación del LMP de efluentes el cual deberá ser presentado en un plazo no mayor de ciento veinte (120) días hábiles a la DAAI para su aprobación respectiva.

El plazo de ejecución del Plan de Manejo Ambiental para la implementación del LMP no será mayor de tres (03) años, contados a partir de la fecha de la notificación al titular de la actividad sobre la aprobación del mismo. Si a la dación de la presente norma hubieren empresas con Planes de Manejo Ambiental (PMA) aprobados, éstos deberán ser reformulados, de acuerdo con lo establecido en el respectivo programa de adecuación a los LMP de efluentes y ser aprobados por la DAAI.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS Y TRANSITORIAS**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y la Ministra de la Producción.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los días del mes de de .

Dirección Ejecutiva  
Departamento de Control de la Contaminación  
Área Control de la Contaminación Hídrica

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : ANDESS- Patricio Herrada  
e-mail : [p herrada@andess.cl](mailto:p herrada@andess.cl)  
Fecha : Miércoles, 15 de abril 2009  
Hora : 16:57 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| N° | DOCUMENTO   |
|----|---|
| 1  | Comentarios al borrador 7 de la norma   |
| 2  | Observaciones a la ficha técnica de NTK y P Total                                   |
| 3  | Observaciones a la ficha de parámetros tabla 5, al 10° año de vigencia de la norma. |



**COMENTARIOS ANDESS 15.04.2009****BORRADOR 7 CONAMA D.S.90**

En general, se reiteran las observaciones referentes a las versiones anteriores del borrador.

**Fosforo**

El valor del fósforo total se debe subir a 20 mg/L, dado que existe evidencia presentada en cartas anteriores, y que corresponden a monitoreos regulares y especiales, en donde se demuestra que las AS domésticas pueden presentar valores mayores a 15 mg/l. Se reiteran las observaciones formuladas en ficha adjunta

**Tabla N°4**

En tabla N°4 (\*), debe quedar claro que en aquellas zonas donde previamente a la instalación de centros de manejo y explotación de recursos bentónicos existía un emisario submarino, se debe cumplir con 1.000 NMP/100ml. En caso contrario, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100ml.

**Tabla N°5**

Observación en ficha adjunta

**Punto N°6.4 Resultado de los análisis**

En la letra b) del punto 6.4.2, se establece que para estar dentro de la norma, bajo ciertas condiciones definidas un contaminante puede exceder hasta en un 100% el límite establecido.

Esta condición no debe ser aplicable a los coliformes fecales (CF). La determinación de su número más probable (NMP) es logarítmica, no aritmética. Esto significa que las variaciones dentro de un orden de magnitud (de 1.000 a 9.999) en realidad no son variaciones significativas. Por esa misma razón es que los resultados de los análisis de CF se expresan con numeración científica.

Por lo tanto, lo relevante son los ordenes de magnitud de la presencia de estos indicadores y no su variación dentro de un mismo rango (a modo de ejemplo las aguas servidas cruda tienen conformes en un rango de 106 - 107 NMP/100 ml; las aguas tratadas y cloradas tienen valores entre 100 y 103, por lo tanto una variación entre 1.000 y 5.000 por ejemplo no es estadísticamente significativa).

En consecuencia, el numeral 6.4 del DS 90 debiera explicitar que incurriría en incumplimiento de este parámetro el Establecimiento Emisor que registre un resultado igual o superior a 10.000 NMP/100 ml en una muestra, si se toman menos de diez o en el diez por ciento de las muestras, si se toman más de diez muestras en un periodo.

Se propone por tanto para este parámetro permitir el cumplimiento de norma siempre que no se produzca un cambio en el orden de magnitud de la media geométrica de los resultados, redefiniendo el incumplimiento del parámetro coliformes fecales considerado un rango de 1.000 a 10.000 NMP/100 ml en el control..

Respecto al cumplimiento de la Norma, especialmente los criterios estadísticos de incumplimiento, se sugiere revisar y precisar cada uno de los criterios de cumplimiento del punto 6.4.2 de la Norma.

Es necesario introducir criterios y definiciones más claras para definir los incumplimientos de la norma, manteniendo como idea central que las PTAS pueden tener episodios puntuales de disfunción o pueden existir problemas de muestreo y análisis, por lo tanto el autocontrol, fiscalización y definición de incumplimiento normativo debe tender a observar y evaluar el comportamiento estadístico de largo plazo, evitando la imposición de multas frente a problemas puntuales.

**FICHA ANALISIS Y JUSTIFICACIÓN DE PARÁMETROS  
PROCESO DE REVISIÓN DECRETO SUPREMO N°90/2000**

**Institución Proponente:** Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

**Documento:** ORD. N°2090, del 23 de junio 2008

**Fecha presentación propuesta:** martes 21 octubre 2008

|   |  |
|---|--|
| <b>PARAMETRO</b>  | Nitrógeno Total Kjeldhal (NTK) y Fósforo Total (P Total) |
| <b>TABLA</b>  | Fuente Emisora (FE), T1, T2 y T4                         |
| <b>ANTECEDENTES EN EL ACTUAL DS 90</b>  |  |
| <p><b>NTK</b></p> <p>FE – 50 mg/l<br/>T1 – 50 mg/l<br/>T2 – 75 mg/l<br/>T4 – 50 mg/l</p> <p><b>P Total</b></p> <p>FE – 10 mg/l<br/>T1 – 10 mg/l<br/>T4 – 5 mg/l</p>   |  |
| <b>SOLICITUD (incluir parámetro o modificar rangos, otros)</b>  |  |
| Modificación de parámetros  |  |
| <b>PROBLEMA DETECTADO (razones por las cuales se solicita la modificación)</b>  |  |
| <p>Las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) actualmente en operación no incluyen procesos específicos para reducción de nutrientes, con excepción de aquellas que descargan a lagos, en atención a que el propósito del DS 90 vigente fue no requerir su remoción en este tipo de sistemas de tratamiento. En efecto, para los parámetros señalados la norma establece los mismos valores de concentración para la definición de FE y para los de límites máximos de descarga a cuerpos de agua fluviales sin capacidad de dilución (Tabla 1) y al mar (Tabla 4) dentro de la zona de protección de litoral (sólo para el NTK).</p> <p>Sin embargo, la información disponible de los contenidos de NTK y P total excede los valores establecidos en la norma, tanto para el valor característico de las aguas servidas crudas que ingresan a las PTAS, como para los valores de concentraciones límites de descarga de las aguas tratadas.</p> <p>En función de la información disponible, su análisis e implicancias, es del caso destacar:</p> |  |

1. La concentración de NTK de las aguas servidas crudas es superior al valor característico de 50 mg/l indicado en la tabla de FE del DS 90; a nivel nacional, aprox. el 50% de las muestras tienen valores superiores a 50 mg/l y el 85% de las muestras tienen concentraciones inferiores a 80 mg/l
2. La concentración de P Total de las aguas servidas crudas es superior al valor característico de 10 mg/l indicado en la tabla FE del DS 90; a nivel nacional, aproximadamente el 50% de las muestras tienen concentraciones superiores a 10 mg/l y el 85% de las muestras tienen concentraciones inferiores a 15 mg/l
3. De las 252 PTAS operando a diciembre 2007, 179 de ellas debieran cumplir los límites de 50 mg/l para el NTK y de 10 mg/l para el P Total de las tablas 1 y 4 del DS 90; el incumplimiento de nutrientes de las 179 PTAS, alcanza a 90 de ellas, o sea, un 50,3%.
4. Los análisis de descargas de riles al sistema de alcantarillado, según el PROCOF, no evidencian que el incumplimiento de las PTAS sea consecuencia de la recepción de riles.
5. El cumplimiento, por las PTAS, de los límites máximos de nutrientes establecidos en las tablas 1 y 2 del DS 90 vigente, implicaría incrementos de tarifas hasta un 12,3% para una cuenta tipo de 20 m<sup>3</sup>/mes, además de inversiones inmediatas muy significativas para algunas empresas sanitarias.

Conforme a lo detallado, es posible sostener que las concentraciones de NTK y P total de la Tabla de Establecimiento Emisor (FE) del DS 90/2000, no son representativas de la calidad de las aguas servidas crudas del país y en consecuencia, para mantener el espíritu y propósito original de la norma de no tratar nutrientes en las PTAS, es necesario modificar los valores de carga contaminante media diaria y concentraciones de las Tablas de FE y de Tablas 1, 2 y 4 de límites máximos para descargas a cuerpos receptores, considerando la información de los resultados de análisis disponibles, que cuenta con datos históricos reales para todo el país

**FUNDAMENTO (Causas del problema- experiencias, exponer situaciones reales que dimensionen el universo que se está viendo afectado. Se puede revisar incumplimientos dados por parámetros fuera de rangos para determinado rubro industrial, etc.)**

SISS recopiló antecedentes en la ejecución de los procesos de fiscalización de las PTAS. La información disponible de los contenidos de NTK y P total en las aguas servidas crudas que ingresan a las PTAS, en un porcentaje significativo, evidencia valores superiores a los considerados en las tablas de Fuente Emisora (FE) y Tabla 1 de límites máximos a cuerpos fluviales sin dilución del DS 90 vigente.

La tabla de fuente emisora, establece para cada contaminante los valores de la carga media diaria, considerando el equivalente de las aguas servidas de 100 habitantes y su respectivo valor característico. A su vez los límites máximos de NTK y P Total establecidos en el DS 90 para descargas a cuerpos de agua fluviales sin capacidad de dilución, coinciden con los

valores característicos para FE, y para descargas a cuerpos de agua fluviales con capacidad de dilución el límite máximo es superior al establecido para FE; en el caso de descargas a cuerpos marinos dentro de la Zona de Protección Litoral (ZPL), coincide el límite máximo para el NTK y no establece regulación para descargas fuera de la ZPL.

Para el caso de otros parámetros, como SST, A y G, CF, DBO<sub>5</sub>, se observa claramente que el propósito de la norma es exigir su reducción para descargar a cuerpos de agua sin dilución y DZPL.

La coincidencia de valores de límite máximo para NTK y P total entre las tablas 1 y 4 y la de FE, evidencia que el propósito de la norma es que las descargas de aguas servidas no remuevan nutrientes.

### **ESTUDIOS EXISTENTES (Respaldo científico otros)**

#### **ESTUDIOS SISS:**

La SISS /DF, cuenta con información de la calidad de las aguas servidas crudas que ingresan a las PTAS para ser tratadas.

Para el periodo septiembre 2006 a agosto 2007 se dispone de los resultados de 3770 muestras de NTK y 3794 de P Total, que representan aprox. el 63% de las aguas servidas crudas generadas en el país. De su análisis se observa:

1. En general, los resultados presentan bastante dispersión, tanto para el NTK como para P Total, con valores entre 0-100 y 0-20 mg/l, para el NTK y P Total respectivamente.
2. Aproximadamente el 50% de los resultados excede los valores de 50 y 10 mg/l que considera el DS 90 como valores característicos en la definición de FE.
3. Para el NTK el valor promedio es 50,25 mg/l y la desviación estándar de los datos corresponde a 21,35 mg/l; para el P Total el valor promedio es 10,1 mg/l y la desviación estándar corresponde a 4,37 mg/l.

Cabe destacar, que las mismas conclusiones del periodo 2006-07, se observaron en el análisis de resultados de aprox. 1700 muestras para NTK y P total realizado en oportunidad anterior para el periodo julio 2003-junio 2004.

#### **Otros antecedentes aportados por ANDESS:**

Estudios encargados por ANDESS a la oficina consultora Kristal Ingeniería Ambiental, para la caracterización de las aguas servidas domésticas crudas en los territorios de Esval y Aguas del Valle, concuerdan con la información de la SISS en cuanto a que los resultados de análisis del NTK y P Total presentan gran dispersión y un porcentaje importante de ellos exceden los valores de 50 mg/l y 10 mg/l establecidos como característicos para las aguas servidas en el DS 90.

Los estudios realizados en el año 2005, consideran campañas de muestreo en sectores sin riles de 19 localidades de A. del Valle y 28 de Esval, con dos muestras compuestas de 48

horas en cada punto de muestreo.

En el caso de la empresa Aguas del Valle, de un total de 92 muestras, el 71% de los resultados excede el valor de 50 mg/l para el NTK y el 60% excede el valor de 10 mg/l para P Total. De los resultados de Esva, para un total de 88 muestras, el 80% presenta valores superiores a 50 mg/l para el NTK y el 36% valores superiores a 10 mg/l para el P Total.

#### **INCIDENCIA EN TARIFAS Y EN INVERSIONES REALES:**

Con excepción de las PTAS que deben cumplir con la T3 del DS 90, de descarga a lagos, las PTAS en operación no cuentan con procesos específicos para reducir NTK y P Total.

Para estimar el impacto en tarifas e inversiones de las empresas sanitarias para incorporar reducción de nutrientes, en el caso de las PTAS de Lodos Activados se consideró las unidades de tratamiento secundario adicionales requeridas para la reducción de NTK y P total para las PTAS más grandes del país: La Farfana y El Trebal de Aguas Andinas, Gran Concepción y Rancagua de ESSBIO; para el caso de las PTAS en base a Lagunas de Estabilización y dado que esta tecnología no permite abatir nutrientes, se consideró su transformación a Lodos Activados y se evaluó para las empresas que tienen mayor cantidad de lagunas.

La cuantificación de las inversiones requeridas por parte de las empresas para cumplir con los niveles de nutrientes del DS 90 vigente, también se evaluó para las grandes PTAS de lodos activados y localidades que deben transformar las PTAS de lagunas a lodos activados.

Inversión adicional grandes PTAS de lodos activados: M\$61.728.008.-

Inversión adicional PTAS de Lagunas: M\$14.756.780.-

La incorporación de procesos para la reducción de nutrientes en las PTAS afectaría tanto a los usuarios, desde el punto de vista tarifario, como a las empresas sanitarias en cuanto a las inversiones reales que deberían abordar.

#### **PROPUESTA (que y como se propone modificar)**

| <b>Tabla</b>                | <b>NTK (mg/L)</b> | <b>P total (mg/L)</b> |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| Establ. Emisor              | <b>80</b>         | <b>15</b>             |
| T 1- Desc.sin capac. Diluc. | <b>80</b>         | <b>15</b>             |
| T 2- Desc.con capac.diluc.  | <b>80</b>         | <b>15</b>             |
| T 4 – Desc. mar DZPL        | <b>80</b>         | <b>15</b>             |

#### **POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO**

- Se mantiene el propósito de la norma de no exigir reducir nutrientes en las PTAS
- La tabla de FE sería representativa de aprox. el 85% de las aguas servidas crudas recolectadas, conforme a la información SISS
- Las PTAS en operación no requerirán infraestructura adicional para reducir nutrientes
- No sería necesaria inversión estimada de M\$71.500.000 para 6 empresas sanitarias evaluadas.

- Se evitaría incremento entre un 0,5% y 3,1% del valor promedio de cuenta tipo, para 5 empresas evaluadas.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

Estudios SISS

Estudios ANDESS

Estudio ANDESS ALCANCES A NUEVA PROPUESTA DE LA SISS PARA MODIFICAR PARÁMETROS DEL DS 90: NTOTK Y PTOT<sup>®</sup> elaborado por Profesor Raúl Galindo, Ingeniero Civil, asesor ambiental. Noviembre 2008

**OBSERVACIONES DEL COMITÉ AMPLIADO**

**CORMA (mail jueves 23 octubre 2008)**

En el caso particular de la industria forestal, los nutrientes requeridos son agregados a los sistemas de tratamiento por lo que se trata de insumos valiosos cuya utilización es muy controlada. Los límites de las RCA que se han emitido son bastante más exigentes que el DS 90 por lo que los resultados del autocontrol de nuestra industria los cumplen permanentemente.

*En los detalles, nos llama la atención que se referencien los valores de la tabla del DS-90 que define FE, como concentraciones (por ejemplo 50 mg/l para NTK) en circunstancias que en dicha Tabla aparecen expresados como cargas diarias.*

Respuesta SISS: La propuesta incluyó sólo las concentraciones para la Tabla de FE, sin embargo, según finalmente se determine la definición de FE a incluir en el texto de la norma, corresponderá incorporar los valores de carga contaminante media diaria considerando el volumen de aguas servidas para 100 habitante con una dotación de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0,8. (05.11.08)

**APOOCH (mail martes 04 noviembre 2008)**

Visto que sólo se incluyen posibles efectos tarifarios ( incremento del 12% tarifas) para los usuarios de alcantarillado público y de inversión ( \$ 14 mil millones) para las empresas sanitarias, y por el contrario no se incluyen los efectos ambientales , al autorizar descargas con mayores contenidos de nutrientes, agradeceré incluir siguientes dudas para ser evaluadas; ¿Cuál sería el impacto directo sobre la eutroficación de los fondos marinos? ¿En cuánto se vería aumentado el REDOX del lecho marino en las cercanías a los puntos de descarga? ¿Cuál sería el efecto cuantitativo de la modificación en la biota marina fitoplanctónica, dado el mayor enriquecimiento de la columna de agua? ¿En cuánto han aumentado o aumentarían los episodios o la frecuencia de ocurrencia de floraciones algales nocivas (FAN) para la salud pública, en aquellas aguas marinas, en las cuales hay, o fuesen permitidas descargas con mayores contenidos de NTK y P, dentro y/o fuera de la ZPL?

Respuesta SISS: No se evaluó el 100% de las empresas sanitarias, sin embargo, existen estudios de algunas empresas sanitarias para el caso de emisarios submarinos (ESSBIO, ESVAL y Universidad de Valparaíso). La SISS no posee antecedentes directos respecto a la

consulta de APOOCH. Se conoce que los emisarios producen impactos en la zona de sacrificio, pero en general, no se han registrado impactos significativos fuera de esta área. (12.11.08)

**AIDIS (mail martes 04 de noviembre 2008)**

Si bien los argumentos planteados por la SISS tienen justificación y suficiente respaldo de estudios reales a nivel país más aún si hay un factor tarifario es desmedro de la población importante involucrado que tal vez el país no esté preparado para solventar más aún en una crisis económica como la actual, no son menores las dudas planteadas por APOOCH en cuanto a los posibles efectos ambientales, por tanto pienso que esta última entidad debiera aportar más antecedentes de los reales niveles de N y P que perjudicarían las aguas marinas como cuerpos receptores, su concentración y reacciones en el medio acuático, etc. etc., de tal modo de proponer otros máximos a permitir y lograr un equilibrio, si efectivamente se pretende cambiar los límites.

Sumado a lo anterior, la disparidad de resultados para las concentraciones detectadas de estos nutrientes, no estaría a mi juicio dada sólo por las características de las aguas servidas crudas, sino también posiblemente influenciadas por la necesidad de mejorar la reproducibilidad y calidad analítica de resultados, que se pretende lograr con una pronta actualización de las normas de métodos de ensayo NCh 2313. Hago notar que las de NKT y P, fueron justamente identificadas como algunas de las más urgentes de revisar. Sería interesante saber por cuantos laboratorios fueron paralelamente analizadas las muestras de las campañas que dieron lugar a los antecedentes actuales y cuál es la base analítica y estadística con que se obtuvieron los valores característicos de aguas servidas doméstica de ese entonces.

Respuesta SISS: En este momento, desconocen los antecedentes solicitados. (12.11.08)

**ASIQUM (4 de Noviembre 2008)**

En el caso particular del Fósforo, que es un nutriente natural del cual no se conocen mayores efectos en la salud humana ni en la animal y cuya concentración máxima se regula naturalmente en un equilibrio químico dictado por el pH (ya incluido como parámetro). Resulta vital normar y controlar un límite para este parámetro (al igual que en todos los nutrientes), en los riles que son descargados a un cuerpo de agua lacustre (es decir en la tabla 3) o bien en los ríos que desembocan en un lago, con el fin de evitar la eutroficación de estos.

Sin embargo y a nuestro parecer, no resulta razonable limitar este parámetro en las aguas que descargan a ríos que generalmente desembocan finalmente en el mar o en aguas de regadío, donde estos nutrientes son bien recibidos por la actividad agrícola. Se debe considerar además que a nuestro entender, en legislación de países desarrollados, por ejemplo Alemania, se limita el fósforo sólo en los casos propuestos en esta observación.

Otro antecedente interesante es que la cantidad de ácido fosfórico presente en algunas bebidas de fantasía, es de aproximadamente 2.500 ppm, lo que implicaría que la



concentración de fósforo total en la orina de una persona que ha ingerido un vaso de esta bebida, necesitaría estanques de agua de más de 300 litros para diluir la concentración de esta, hasta los valores indicados en la norma.

Es por esto que la propuesta de Asiquim es:

P Total

FE – 30 mg/l

T1 – Sin límite

T2 – Sin límite

T4 – Sin límite

Respuesta Comité Operativo: No se acoge la propuesta. (12.11.08)

**ANDESS (mail 06 de Noviembre de 2008)**

ANDESS presentó a CONAMA todas sus observaciones, junto con los documentos científicos de avalan su propuesta, mediante carta fechada el 30 de Agosto de 2007, de la cual hay una copia en el expediente público. Sin embargo, teniendo en consideración las observaciones y comentarios que se han sido enviados por correos electrónicos en el marco de la participación del Comité Ampliado, hemos estimado necesario reiterar nuestra propuesta por este medio.

La versión vigente del DS 90 establece en la Tabla 1 una concentración máxima permitida para los parámetros Nitrógeno total Kjeldahl y Fósforo, igual a la concentración característica definida para estos parámetros, en la Tabla de Establecimiento Emisor. En consecuencia, el espíritu con el que fue formulado el DS 90, fue el de no remover estos parámetros, criterio que aplica la SISS en sus procesos de fiscalización.

Hoy día, después de más de cinco años de operación de la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas servidas, se dispone de una importante data de caracterización de las aguas servidas, pudiéndose observar que los valores característicos para el Nitrógeno y el Fósforo, inicialmente planteados en el DS 90/2000, no corresponden a la realidad del país.

En este sentido, ANDESS, a la luz de los análisis, ha propuesto a CONAMA establecer como concentraciones características a las siguientes:

Nitrógeno total Kjeldahl: 80 mg/l

Fósforo: 20 mg/l

La misma Superintendencia de Servicios Sanitarios ha reconocido que las concentraciones características establecidas en el DS 90/2000 no corresponden a la realidad, y más aún, ha concluido que las caracterizaciones de aguas servidas no están influenciadas por descargas de RILES, proponiendo finalmente un incremento a 80 en el caso del Nitrógeno y a 15 en el caso del Fósforo.

Respecto de esta propuesta, estimamos que no se justifica imponer límites más estrictos que las concentraciones características de las aguas servidas no influenciadas por RILES, puesto que de lo contrario, se obligará a implementar unidades de tratamiento específico para bajar estos dos parámetros, provocando un impacto social, al traer consigo un alza tarifaria, sin

justificación ambiental, dado que a la luz de los años de vigencia que lleva el DS 90/2000, la operación de las plantas de tratamiento de aguas servidas han aportado beneficios ambientales indiscutibles en nuestros cuerpos fluviales.

*Respuesta Comité Operativo:* Se acoge parcialmente la propuesta, la cual es congruente con lo planteado por la SISS. (25.11.08)

**ANDESS 03.12.2008:**

Como una forma de dar mayor sustento a la propuesta del aumento en el límite máximo de los parámetros N y P en las tablas FE, 1, 2 y 4, andess pone a disposición estudio denominado "alcances a nueva propuesta de la SISS para modificar PARÁMETROS del DS 90:NTOK y PTOT" elaborado por el profesor Raúl Galindo, Ingeniero Civil, asesor ambiental. Se comparte el argumento tarifario de la SISS respecto a que los sistemas de tratamiento de aguas servidas no fueron diseñados para abatir nutrientes, sin embargo aporta antecedentes científicos para acotar el impacto de una posible eutrofización en los cuerpos de agua producto de la descarga de dichos parámetros en mayor concentración. En lo científico – técnico no existen dudas hoy que el problema de impacto de los nutrientes N y P sobre el biotopo hídrico (eutrofización), es de naturaleza definitivamente sistémica. Por lo tanto pretender asociarla a un factor único, como la concentración en descargas de aguas residuales de dichos compuestos, tiene un muy limitado asidero.

Mientras más confinado sea un cuerpo de agua, más riesgo existe que la capacidad de los organismos depredadores pueda ser sobrepasada y exista un crecimiento exagerado de las plantas (fiordos, estuarios, lagos y bahías cerradas). Es por ello que, el fenómeno es más relevante en lagos con elevadas cargas de agua residual, riles o desechos agrícolas o forestales. En mares abiertos de alta dinámica, es menos probable. En general los ríos, salvo casos muy especiales de muy baja velocidad y profundidad somera, son esencialmente medios a través de los cuales se trasladan los nutrientes en exceso hacia los anteriores. En síntesis, los factores sistémicos de riesgo están más asociados a las condiciones morfológicas de los cuerpos receptores (cerrados) y con el periodo medio de retención (baja renovación de la masa líquida y de la purga de los nutrientes), que a las concentraciones límites. Estas últimas son simplemente una consecuencia de los anteriores factores fenomenológicos.

Finalmente el límite máximo propuesto para el fósforo en 15 ppm es insuficiente, ya que no cubre la realidad de las concentraciones de fósforo en las aguas servidas a lo largo del país. El 15% de los efluentes continuarían con incumplimiento en este parámetro, no logrando el objetivo inicial de la norma que no era abatir nutrientes. Por lo anterior, el valor debiera quedar en 20 ppm.

ANDESS 13/12/2008

Tabla Frecuencia emisora

La frecuencia analizada se encuentra en la tabla que define la zona emisora actual del ANDESS para la concentración de parámetro fluoruro, manteniendo la carga diaria en 240 mg/día.

Recomiendo como se ha señalado en cada uno de los informes recibidos por ANDESS, que se hace necesario elevar dicho parámetro, que en algunas de las características de las aguas servidas correspondiente a 24 mg/día en el caso del Distrito y en términos de carga (240 mg/día).

El reconocimiento de lo anterior por parte de la normativa, es fundamental para la propuesta de modificación de la Tabla N° 1 y N° 4, donde se señala que la concentración del fluoruro en el medio ambiente se alcanza una vez que las P.A.S. en su gran mayoría no se han disociado para abarcar parámetros tales como: Fluoruro, Fosforo, Sulfuro, Cloruro entre otros, bajo que el criterio que respecta de esta clase de parámetros, los valores presentes en las aguas servidas al drenaje se mantendrán en el sistema.

ANDESS a través de su participación en el Comité Ampliado para la disposición de residuos respectivos que justificaban la modificación, siendo además coincidente con lo planteado por el organismo regulador del sector, la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

A través de una reunión a la Municipalidad de Medio Ambiente, el 24/12/2008, se hace ver la necesidad de reconsiderar el tema y debido a los avances que tienen la propuesta, presentadas, se acuerda llegar a informe técnico determinado.

El informe ANDESS ALCANTARAS A NUEVA PROPOSICIÓN DE LA SISA PARA MONITOREAR PARÁMETROS DEL OS 3.1.1.1. Y 3.1.1.2. Elaborado por Profesor René Calmao, Ingeniero Civil, Asesor Ambiental, Noviembre 2008.

Anteriormente, en fecha recibida vía mail a CONAMA, el 08/12/2008, se hizo presente algunas observaciones para poder avanzar en esta materia.

Dada la importancia de mantener los parámetros establecidos en la definición de FE de la norma y entendiendo que las P.E.A.S no han sido diseñadas para estos momentos de acuerdo al estado de la norma, reconocida por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se propone aumentar en las Tablas 1 y 2 del Decreto 120 mg/L la concentración de Fosforo Total, lo anterior en consecuencia con las características del ambiente y las P.E.A.S.

Además a través de su participación en el proceso ampliado para la disposición los estados respectivos que justificaban la modificación, solicita además colaboración con el organismo regulador de sector, la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Por lo anteriormente dicho en los puntos anteriores y estudios presentados a lo largo del proceso participativo de revisión de la norma, se debe actualizar en la Tabla 1 y 2 las concentraciones máximas permisibles de Fosforo al 20 ppm.

### **OBSERVACIONES DEL COMITÉ OPERATIVO**

**CONAMA** (12° Reunión del Comité Operativo del 21 de octubre 2008)

Solicita a la SISS justificar en la próxima reunión del 05 de noviembre 2008, el por que no es necesaria la reducción de nutrientes o mantener los valores actuales de la norma. Debe aportar antecedentes, para:

1.- Justificar que el límite inicial de FE fue inadecuado, apelando al espíritu original de la Norma:

Respuesta SISS:

- La SISS no tiene antecedentes de documentos existentes al respecto
- Es del caso tener presente que a la fecha en que se trabajó la elaboración del DS90/2000, no se disponía de información de los contenidos de nutrientes en las aguas servidas crudas generadas en el país, debidamente respaldada con datos en cantidad suficiente y representatividad temporal y espacial.
- La bibliografía señala, como valores típicos para las aguas servidas crudas, rango de valores, entre 40 y 75 mg/L para el NTK y entre 8 y 15mg/L para el P total

2.- Justificación la elección de los límites hoy propuestos.

Respuesta SISS:

- Proposición SISS para FE

- Los valores de NTK y P total de la Tabla actual no son representativos de las aguas servidas crudas recolectadas en el país
- La propuesta de la SISS (Ord. N° 2090/2008) se fundamenta en la información de resultados de análisis del 63% de las aguas servidas crudas recolectadas en el país para un año calendario; los valores de 80 mg/L para NTK y 15 mg/L para el P total, representan los resultados del 85% de las muestras indicadas

### 3.- Justificación de proposición SISS para Tablas 1, 2 y 4

#### Respuesta SISS:

- El propósito del DS 90 actual de no reducir NTK ni P total se evidencia al establecer valores iguales para las tablas de FE y tablas 1, 2 y 3. En atención a que las PTAS se han diseñado y construido sin incluir procesos para reducir nutrientes; la SISS estima necesario mantener este propósito para el nuevo texto de la norma
- Es importante destacar que no se conoce de problemas sanitarios o ambientales generados por los actuales niveles de emisión de las PTAS por NTK y P total
- Los costos de reducir nutrientes de las aguas servidas implica inversiones e incrementos de tarifas de los servicios sanitarios significativos

## **RESULTADO FINAL**

Fecha: 14° Reunión del Comité Operativo. 25.11.08

Resultado:

| <u>Tabla</u>                | <u>NTK (mg/L)</u> | <u>P total (mg/L)</u> |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| Fuente Emisora Fija         | <u>80</u>         | <u>15</u>             |
| T 1- Desc.sin capac. Diluc. | <u>80</u>         | <u>15</u>             |
| T 2- Desc.con capac.diluc.  | <u>80</u>         | <u>15</u>             |
| T 4 – Desc. mar DZPL        | <u>80</u>         | <u>15</u>             |

#### Observaciones:

- Los parámetros de NTK y P Total se mantienen en la tabla 3 con sus valores actuales, sin embargo, se discutirá en el grupo lagos acotar el concepto "Cuerpo fluvial afluente de un cuerpo lacustre".
- Para el caso de los estuarios, se plantea tratarlos como zonas sensibles y casos especiales para el análisis.

**FICHA ANALISIS Y JUSTIFICACIÓN DE PARÁMETROS  
PROCESO DE REVISIÓN DECRETO SUPREMO N°90/2000**

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| Institución Proponente | : | Asociación de Armadores e Industriales Pesqueros del Norte Grande I y II Región ASPINOR A. G.  |
| Documento:             | : | Presentación de Antecedentes sobre los Contenidos a Revisar Respecto a la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales (Decreto Supremo N° 90 Ministerio Secretaría General de la Presidencia). |
| Fecha propuesta        | : | 06 de marzo del 2007.  |

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| Institución Proponente | : | Asociación de Industriales Pesqueros Región del Bío-Bío ASIPES A. G. |
| Documento:             | : | Observaciones al DS N°90   |
| Fecha propuesta        | : | 07 de marzo del 2007   |

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| Institución Proponente | : | Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios ANDESS A. G. |
| Documento:             | : | Minuta Técnica de Propuestas para la Modificación del DS 90/2000.    |
| Fecha propuesta        | : | 30 de agosto del 2007  |

|   |   |                  |                                 |   |
|---|---|------------------|---------------------------------|---|
| <b>PARÁMETRO</b>  | Aceites y Grasas (A y G), Sólidos Suspendidos Totales (SS) y Sólidos Sedimentables (S.SED). |                  |                                 |   |
| <b>TABLA</b>  | N°5   |                  |                                 |   |
| <b>ANTECEDENTES EN EL ACTUAL DS 90</b>  |   |                  |                                 |   |
| <p><b>Tabla N°5</b></p> <p>Límites Máximos de Concentración para Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Marinos Fuera de la Zona de Protección Litoral</p> |   |                  |                                 |   |
| <b>Contaminantes</b>  | <b>Unidad</b>   | <b>Expresión</b> | <b>Límite Máximo Permisible</b> | <b>Límite Máximo Permisible a partir del 10° año de Vigencia del presente Decreto</b> |
| Sólidos Suspendidos Totales   | mg/l  | S.S.             | 700                             | 300   |

|                       |        |       |     |     |
|-----------------------|--------|-------|-----|-----|
| Sólidos Sedimentables | mg/l/h | S.SED | 50  | 20  |
| Aceites y Grasas      | mg/l   | A y G | 350 | 150 |

#### FUNDAMENTOS Y ANTECEDENTES DEL EXPEDIENTE NORMA VIGENTE

#### FUNDAMENTOS TÉCNICOS- CIENTÍFICOS, DETERMINACIÓN DE VALORES EN EL PROYECTO DE NORMA CONJUNTA (año 1997, Expediente DS 90 – 1996, Vol. 1-7, folio 211)

| Parámetro             | Valor   | Criterio  |
|-----------------------|---------|---|
| Grasas y Aceites      | 20 ppm  | CEE   |
| Sólidos Sedimentables | 5 ppm   | Valores mayores podrían afectar la vida acuática debido a embancamiento, obstrucción de sifones de org. Bentónicos, etc.. (Ref.: FAG) |
| Sólidos Suspendidos   | 100 ppm | Valor fácilmente alcanzable por la mayoría de los métodos usuales de tratamiento primario. (Ref.: RC)                                 |

#### FAX DE ASIPES (05 marzo 1997, Expediente DS 90 – 1996, Vol. 1-7, folio 234)

Sugerencias al documento:

1.- Se considera otorgar un plazo a aquellas industrias que no cumplen con lo establecido por la norma para uno o más parámetros. Sin embargo, considero que más que un plazo fijo para todas las industrias, se debería considerar un cambio gradual en el proceso de mejorar las descargas. Esto es, otorgar un plazo inicial a los establecimientos emisores para lograr, por ejemplo, reducir en un 50% la carga de contaminantes en sus residuos líquidos, y luego un nuevo plazo, para poder alcanzar los parámetros establecidos. Es decir, premiar a aquellas industrias que están invirtiendo dinero y esfuerzo en lograr cumplir con la norma. De la misma manera sería importante considerar, las tecnologías con las que cuenta la industria o emisor en general, es decir, tomar en cuenta si se trata de industrias antiguas o más bien nuevas al momento de otorgar los plazos.

#### CARTA ENVIADA POR ASIPES, SONAPESCA, ASPNOR Y AIP (06 abril 1998, Expediente DS 90 – 1996, Vol. 6-7, folio 1784)

Presentan nuevos planteamientos en relación al proyecto de norma, donde se incluye una propuesta de modificación al proyecto de norma y un análisis de dichas modificaciones. Dentro de las propuestas se incluye: considerar que los residuos líquidos no son tóxicos y se debe evaluar la "concentración neta" y establecimiento de una zona de protección litoral intermedia.

Las descargas de estos parámetros dentro de la zona de protección litoral intermedia será en concentraciones netas y corresponden a: Aceites y Grasas 350 mg/l; Sólidos Sedimentables 30

mg/l; Sólidos Suspendidos 600 mg/l.

**MINUTA REUNIÓN (22 de abril 1998, Expediente DS 90 – 1996, Vol. 6-7, folio 1796)**

Tema específico: Propuesta del sector pesquero.

1. El sector pesquero tiene problemas para tratar sus aguas residuales producto del transporte de la materia prima de los barcos a las plantas, debido a su gran volumen de agua.
2. Se concluyó que la propuesta presentada por el sector pesquero no tiene fundamento claro y convincente, para modificar el proyecto definitivo.
3. DIRECTEMAR se compromete a analizar y a preparar un informe sobre la propuesta del sector pesquero.
4. Se determinó que el problema fundamental son los aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables, fuera de la zona de protección litoral, por lo cual DIRECTEMAR, estudiará la posibilidad de revisar los valores asignados en la tabla N°5.

**DGTM Y MM. ORD. N°12600/951/CONAMA (26 de mayo 1998, Expediente DS 90 – 1996, Vol. 6-7, folio 1798)**

Informe técnico sobre propuesta sector pesquero de modificaciones al Proyecto de Norma de Agua.

1. Punto 1: "Al respecto, cabe señalar que si bien dichos efluentes no son tóxicos, son igualmente dañinos o letales para el medio ambiente, cuando no son dispuestos en forma adecuada, en la medida que por sus altos contenidos de materia orgánica biodegradable, provocan el consumo de importantes cantidades de oxígeno disuelto en el agua, necesario para la degradación microbiológica aeróbica de los mismos. Dicho efecto en más de una oportunidad ha significado la generación de episodios de hipoxia severa o aún de anoxia generalizada en el medio ambiente acuático, como lo que ocurrió, por ejemplo, con la mortandad y varazón de especies litorales registrada en una extensión de más de 1500 m de la playa en Loncura, Quintero, durante el mes de febrero de 1995, ocasionada por las descargas de la ex pesquera Quintero 1 a 150 m. de la costa. En consecuencia, no se entiende el motivo de por que haya que hacer consideraciones especiales con estos riles en el Proyecto de Norma.
2. Punto 3: "Por otra parte, con respecto a la gran cantidad de industrias de distintos tipos que coexisten y descargan sus riles a San Vicente, en la medida que los distintos usuarios del borde costero se comprometan a implementar procedimientos adecuados que les permitan cumplir con los valores de la Norma, en vez de intentar rehuirla por todos los medios, situaciones como las de San Vicente y de otros lugares evidentemente irán exhibiendo notorias y progresivas mejorías en el tiempo".



3. Punto 7: "Centrándonos fundamentalmente en el gráfico de Aceites y Grasas, con más de 115 datos, es posible observar que si bien en algunos casos se alcanzan en el muestreo de las aguas de descarga valores astronómicos de más de 20.000 ppm, al menos un 60% de los valores cae por debajo de los 1000 ppm. En otro seguimiento efectuado en el SPMAA, se observa que en su gran mayoría los altos valores provienen casi siempre de las mismas empresas, es decir, son recurrentes e indicativos de que los problemas derivados de tan altos valores son en realidad problemas de unos pocos y no constituyen una situación generalizada, ocurriendo algo similar en términos generales, con los otros parámetros".
4. Punto 7: "De lo anterior se deducen 2 cosas: primero, que no es problema de TODO el sector pesquero, y segundo, que no es cierto que el problema no tenga solución, por que en al menos el 60% de los casos, las aguas de descarga, sin tratamiento, alcanzan valores que no sobrepasan los 1000 ppm".
5. Punto 7: " Si estamos hablando de sistemas de descarga hidrostática, con partes móviles y con relaciones agua- pescado 5:1 a 10:1, evidentemente que no es posible tratar dichos riles, por que los volúmenes son muy grandes y en los que existe una fuerte alteración de la pesca, la que se rompe o daña en el proceso de aspiración desde el barco, generando de esta manera grandes cantidades de carga de aceites y grasas y de sólidos, los que aparecen diluidos al ser descargados en dichos grandes volúmenes de agua de descarga".

"Lo mismo ocurre si para lo anterior se considera el empleo de tratamiento biológico, el que debido a dichos volúmenes, a lo diluido de los mismos, y al tiempo disponible antes que llegue la siguiente descarga de agua a ser tratada, los procesos de degradación microbiológica involucrados, que se toman su tiempo, simplemente no dan abasto, produciéndose literalmente una enorme indigestión en los estanques, la que será descargada al mar prácticamente sin tratamiento".

"Sin embargo, si hablamos de sistemas de bombas (yomas) de descarga al vacío, en que la relación agua- pesca baja a 1:1 a menos, ocurre que la pesca resulta mucho menos dañada, al existir muchos menos partes móviles en la descarga, generándose en consecuencia, mucho menores cantidades de aceites y grasas y de sólidos; además, al ser menor el volumen de agua, el ril producido es más concentrado, y por ende, más tratable. Si a lo anterior agregamos que en vez de utilizar tratamiento biológico, se emplea tratamiento físico, con flotación y posterior retiro de las grasas y decantación de los sólidos, y descarte del agua restante, entonces tenemos un cuadro totalmente diferente, y en el que resulta ser falso lo aseverado por el sector pesquero en cuanto a que sus aguas de descarga no son tratables, porque es evidente que las aguas de descarga generadas y tratadas en las condiciones planteadas, cumplirán o estarán muy

cercanas a cumplir con los actuales valores de la Norma".

"... hace tiempo que existen los procedimientos técnicos necesarios para solucionar el problema, como lo ha demostrado, por ejemplo, la Pesquera Camanchaca en la VIII Región y también en San Antonio.

"Entre las soluciones o cursos de acción actualmente posibles pueden citarse, entre otras, las siguientes alternativas:

- Incorporación de sistemas de descarga al vacío y subsecuente tratamiento físico en plantas de tratamiento propias o de terceros.
- Recirculación de las aguas de descarga, tratamiento físico y subsecuente eliminación a través de emisarios submarinos individuales o mejor, de un colector común a varias empresas.
- Recirculación de las aguas de descarga, tratamiento físico y subsecuente eliminación de las aguas de descarga en los lugares de captura de la pesca.
- Construcción de plantas de tratamiento comunes para varias empresas, al estilo de las plantas de tratamiento de aguas servidas.

6. Punto 7: "Finalmente, se considera que para los efectos de facilitar la realización de un tratamiento físico de riles provenientes de las aguas de descarga generadas con el empleo de bombas al vacío, cuyo destino final sea el mar fuera de la zona de protección litoral, es factible analizar el incremento en el parámetro Aceites y Grasas a un límite máximo permisible de valor nunca mayor a los 300 a 350 ppm; Sólidos Suspendedos podrían ser aumentados a 600- 700 ppm y Sólidos Sedimentables a 50 ml/l/h, valores que se considera son fácilmente alcanzables con un adecuado sistema de tratamiento físico (flotación y extracción mecánica de grasas, sedimentación y retención de sólidos en filtros, y descarte del resto de agua).

Este tema sin embargo, debe en todo caso ser previamente consensuado con otras instituciones involucradas, como Superintendencia de Servicios Sanitarios, Subsecretaría de Pesca, etc., antes de ser definitivamente resuelto por CONAMA.

**SUBPESCA: (Ord. N°398, del 15 de mayo 1998. Expediente D.S. 90- 1996, Vol. 7-7, folio 1831)**

"La industria pesquera ha desarrollado tecnologías de prevención y abatimiento, tanto para las fases de descarga de pesca, como de procesos de materia prima, las cuales les permiten cumplir con normas de emisión mucho más estrictas que la propuesta. El proceso de modernización y descontaminación global exige un esfuerzo de esta industria".

"Esto no es aceptable, debido al efecto negativo que tendría en la biocenosis de las zonas costeras intermareales. Además, en algunos sectores se producirían efectos indeseables sobre los fondos cercanos a la costa, los cuales son importantes hábitats para el desarrollo de fases

tempranas de especies de importancia comercial o de su cadena trófica.”

“...se propone no normar acerca de aceites y grasas, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales para la zona fuera de la protección litoral. Ello implica no fijar normas de emisión, lo que debido a los potenciales efectos negativos, resulta inaceptable y no debería someterse a negociación a cambio de la mantención de las concentraciones en los otros parámetros.”

**MINUTA EXPLICATIVA AL CONSEJO DIRECTIVO (12 de agosto 1998, Expediente DS 90 - 1998, Vol. 7-7, Folio 1819)**

“En el programa y plazos de cumplimiento de la norma. Se incorpora un programa especial de cumplimiento de 5 y 10 años, para tres parámetros de descarga de establecimientos emisores fuera de la zona de protección litoral, estos son aceites y grasas, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales.”

**MINUTA DE CAMBIOS A INCORPORAR POR EL CONSEJO DIRECTIVO A LA NORMA DE DESCARGA DE RESIDUOS LÍQUIDOS A CUERPOS SUPERFICIALES (20 de agosto 1998, Expediente DS 90 -1998, Vol. 7-7, Folio 1860)**

Respecto al programa especial de cumplimiento en la Tabla 5, su fundamento expresa lo siguiente: “El sector pesquero (ASIPNOR, AIP, ASIPES, SONAPESCA) ha señalado, entre otras cosas, que estos tres parámetros difícilmente pueden ser cumplidos. Se analizó en conjunto con DIRECTEMAR y SUBPESCA la posibilidad de aumentar los límites máximos permisibles con el objeto de facilitar la realización de un tratamiento físico de riles proveniente de las aguas de descarga generadas, cuyo destino final sea el mar fuera de la zona de protección litoral. Dichos valores, según antecedentes aportados por DIRECTEMAR, son fácilmente alcanzables con un adecuado sistema de tratamiento físico (flotación y extracción mecánica de grasas, sedimentación y retención de sólidos en filtros, y descartes del resto del agua), así como de cambios que se deben realizar en los sistemas de bombas de extracción del producto. Dado que este aumento en el límite de descarga no produce un efecto significativo en el cuerpo receptor, se considera pertinente establecer los nuevos valores”.

**SOLICITUD (incluir parámetro o modificar rangos, otros)**

**ASIPNOR**

Agregarse una caracterización química de las variables pertinentes en el agua de mar que se ocupa.

Mantener los actuales valores de los límites máximos permisibles de la tabla N°5 mientras no se demuestre científicamente un daño al ecosistema marino costero con los actuales límites de emisión.

**ASIPES**

Sugiere eliminar las restricciones adicionales del DS N°90 para el año 2011 en el parámetro sólidos suspendidos totales.

**ANDESS**

Mantener el límite actual máximo permitido de descarga fuera de la zona de protección litoral para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales (700 mg/l).

**PROBLEMA DETECTADO (razones por las cuales se solicita la modificación)****ASPINOR**

La industria pesquera utiliza agua de mar para descarga y proceso, influyendo los valores de las variables pertinentes del agua de mar en el Ril que descarga esta industria al cuerpo receptor.

**ASIPES**

Es muy importante mencionar, que el sector industrial pesquero de la región del Bío Bío realizó importantes inversiones para cumplir, al 6 de septiembre del 2006, con las exigencias establecidas en el DS N°90. Grandes inversiones y modificaciones a los procesos, largos períodos de puesta en marcha y ajustes de sistemas para lograr cumplir los requerimientos establecidos en la norma, han permitido que este sector sea uno de los pocos sectores productivos que a la fecha cuenta con sus sistemas de tratamiento y disposición de Riles acorde a lo exigido en la normativa. Todo este esfuerzo se ha justificado dado el objetivo final del decreto, esto es, proteger los cuerpos de aguas superficiales.

Sin embargo, los ajustes planteados para el año 2011 no tienen ningún sustento técnico que asegure los beneficios del cambio. Es más, sin conocerse una norma de calidad de aguas de las bahías donde son vertidos los Riles, no justifica ajustar parámetros, con grandes y nuevas inversiones en tratamiento de los efluentes.

**FUNDAMENTO** (Causas del problema, experiencias, exponer situaciones reales que dimensionan el universo que se está viendo afectado. Se puede revisar incumplimientos dados por parámetros fuera de rangos para determinado rubro industrial, etc.)

#### **ASPINOR**

En el caso de la industria pesquera que utiliza agua de mar para descarga y proceso, debiera tomarse en consideración los valores de entrada del agua de mar, ya que a vía de ejemplo, después de una marejada, el contenido de sólidos aumenta considerablemente por la resuspensión de sedimentos. Asimismo, durante la época estival, por el mecanismo de surgencia costera los valores de sólidos suspendidos se incrementan por la mayor actividad fotosintética.

Por otra parte, el DS 90 establece en la tabla N°5 los límites máximos permisibles (LPM) de concentración para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral, pero y a diferencia de las demás tablas establece un LPM para los diez primeros años de vigencia de la norma para los parámetros: aceites y grasas, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales, los cuales a partir del décimo año de vigencia se reducen fuertemente.

La experiencia acumulada durante todos estos años por la industria pesquera de la zona norte demuestra que los niveles actuales establecidos se han traducido en una mejora sustancial de la calidad de los cuerpos receptores en todos los puertos de la zona norte en que se desarrolla esta actividad, no registrándose desde el momento de la entrada en vigencia de la norma a la fecha, ningún incidente de contaminación marina por esta causa.

Para no sobrepasar los actuales valores señalados como máximos en la tabla N°5 las empresas pesqueras debieron efectuar cuantiosas inversiones en plantas de tratamiento, las que sumadas a la construcción de emisarios submarinos de una extensión tal que puso estos Riles fuera de la Zona de Protección Litoral, han logrado que sus efluentes no perturben el ecosistema marino costero.

En mérito de lo anterior no se justifica de modo alguno variar estos límites a valores más restrictivos aún en el plazo señalado. Se debe señalar además, que para cumplir con estos nuevos valores, el esfuerzo que debería realizarse no compensaría una mejora ambiental respecto a la situación alcanzada con las actuales tecnologías aplicadas al manejo de los riles pesqueros.

**ANDEES**

Presentó estudios que demuestran que el impacto ambiental de las descargas de los emisarios en el medio marino ha sido mínimo y se encuentra acotado exclusivamente a la zona de sacrificio de la descarga marina, por lo que se propuso mantener los límites actuales máximos permitidos de descarga fuera de la zona de protección litoral para los sólidos suspendidos totales (700 mg/l), salvo que existan antecedentes que demuestren que el medio marino sería afectado.

**ESVAL**

Informó, durante la visita a terreno efectuada el día 04.01.08. al emisario Loma Larga en Valparaíso, que ante la reducción de los límites permitidos en la Tabla N°5 del DS 90/2000 a partir del décimo año de vigencia de la norma, es probable que existan eventos puntuales en los cuales se excedan los futuros límites de sólidos suspendidos totales. Para analizar el efecto ambiental en el medio marino provocado por la descarga de Loma Larga, ESVAL encargó a la Universidad de Valparaíso un estudio ambiental, del cual fue entregada una copia a CONAMA. Dicho estudio concluye que el impacto es acotado y restringido a la zona de la descarga, motivo por el cual a juicio de la empresa, no se justificaría la reducción de los límites de la tabla N°5.

ESVAL considera que no se justificaría la reducción de los límites de la tabla N°5, por cuanto encarecería el tratamiento a las poblaciones servidas por este sistema y por ende las tarifas por concepto de tratamiento. A juicio de la empresa, el sistema de tratamiento de Loma Larga, el más grande del país basado en emisario submarino, no presenta impactos ambientales significativos y estos están circunscritos solo al punto de descarga. Parámetros elevados: sólidos suspendidos totales en condiciones de aumento de aguas lluvias en las ciudades.

**Universidad de Valparaíso**

Según el estudio que realizaron acerca de emisarios submarinos, a la luz de los resultados obtenidos en las dos zonas estudiadas con presencia de descargas, las cuales han recibido descargas de aguas servidas pretratadas por más de 7 años, con un caudal que supera en promedio los 2 m<sup>3</sup>/s, como es el caso de Loma Larga, y luego de la contrastación una zona de control que no presenta influencia de aguas residuales (Montemar), puede afirmarse que de mantenerse las actuales condiciones de funcionamiento de los emisarios submarinos, en donde, entre otros, se cumplen los límites máximos actualmente establecidos en la tabla N°5 del DS 90 vigente (antes de la modificación previa para el 10° año de su aplicación) para el parámetro

sólidos suspendidos totales; el impacto sobre los ecosistemas costeros en las zonas de descarga de emisarios submarinos, ha sido mínima y sólo localizado en una pequeña "área de sacrificio" cercana al punto de vertimiento de ambos emisarios.

La comparación entre dicha zona de influencia de ambos emisarios y la zona "patrón" de Montemar, no demuestra para las diferentes matrices y parámetros investigados diferencia tan marcadas como que hagan presuponer que la actual exigencia considerada por el DS 90 en su tabla N°5 y antes del cambio en el parámetro sólidos suspendidos totales implique un impacto diferencial destacable a la ecología y biota afectada.

Por ello se puede concluir que en general los resultados de los estudios realizados en las dos áreas con emisarios; Loma Larga y Quintero, más los bioensayos efectuados en laboratorio, reflejan una mínima alteración en la zona inmediata al punto de vertimiento y en las comunidades marinas que habitan áreas cercanas. De lo anterior se desprende en definitiva que de rebajarse los actuales límites para el parámetro sólidos suspendidos totales establecido en la tabla N°5 del DS 90 la ganancia medio ambiental sería mínima, y ésta sólo estaría representada por el área cercana al vertimiento de los emisarios submarinos.

#### ESTUDIOS EXISTENTES (Respaldo científico, otros)

- Emisarios Submarinos: Estudio del Impacto en el medio marino de los parámetros sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y sólidos sedimentables. Universidad de Valparaíso. 2006.

#### PROPUESTA (que y como se propone modificar)

##### ASIPNOR

Los valores obtenidos de las variables pertinentes en el agua de mar que se ocupa, debieran restarse de los valores determinados en el Ril de descarga al cuerpo receptor.

Suprimir en la tabla N°5 la columna que señala los LMP a partir del año 10 de vigencia para sólidos suspendidos totales.

##### CONAMA

Tabla

| Establecimiento Emisor   |       |        |
|--|-------|--------|
| Contaminante   | Valor | Unidad |
| Sólidos Suspendidos Totales  | 3520  | g/d    |
| <b>EFECTOS DEL PARÁMETRO</b>   |       |        |
| Salud Humana   |       |        |
| Ecosistemas (flora y fauna)  |       |        |
| Económica (pesca, turismo, agricultura, otras)   |       |        |
| <b>METODOLOGÍA EXISTENTE</b>   |       |        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>NCh 2313/3 Of 95 Gravimetría</li> </ul>   |       |        |
| <b>NORMAS ASOCIADAS AL PARÁMETRO</b>   |       |        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>   |       |        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Expediente Rol 05/06. Materia: Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales DS N°90. Vol 1.</li> <li>Expediente Rol 05/06. Materia: Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales DS N°90. Vol 2.</li> <li>Emisarios Submarinos: Estudio del Impacto en el Medio Marino de los Parámetros Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas y Sólidos Sedimentables. Universidad de Valparaíso. 2006.</li> </ul> |       |        |
| <b>OBSERVACIONES DEL COMITÉ AMPLIADO</b>   |       |        |
| <p>Grupo N°1 del Comité Ampliado "Descargas al Mar" (Reunión 01.07.08.) sugirió eliminar en la tabla N°5 la exigencia a partir del 10° año de vigencia del decreto de límites menores permisibles para sólidos suspendidos totales.</p>  |       |        |
| <b>OBSERVACIONES DEL COMITÉ OPERATIVO</b>  |       |        |



CICA (Reunión 09.10.08.) menciona que se analizaron 764 descargas bajo el código CIU y dentro de las conclusiones del estudio se pudo detectar que dentro de los parámetros que presentan mayores incumplimientos en la norma son la DBO, los sólidos suspendidos y el pH.

#### RESULTADO FINAL

Fecha:

Resultado:

#### Tabla N°5

Límites Máximos de Concentración para Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Marinos Fuera de la Zona de Protección Litoral

| Contaminantes               | Unidad | Expresión | Límite Máximo Permisible |
|-----------------------------|--------|-----------|--------------------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/l   | S.S.      | 300                      |
| Sólidos Sedimentables       | mg/l/h | S.SED     | 20                       |
| Aceites y Grasas            | mg/l   | A y G     | 150                      |

Lo dispuesto en la Tabla N°5, respecto de los contaminantes Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales, será aplicable a las fuentes emisoras autorizadas para descargar sus residuos líquidos de acuerdo a la ley a la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente decreto, una vez transcurridos cinco años desde su vigencia. Dichas fuentes deberán cumplir, en el intertanto, con los siguientes límites de emisión: Para Aceites y Grasas: 350 mg/l; para Sólidos Sedimentables: 50 mg/l y para Sólidos Suspendidos: 700 mg/l .

#### ANTECEDENTES ANDESS 14 ABRIL 2009

En la tabla N°5, andess presentó estudios que demuestran que el impacto ambiental de las descargas de los emisarios en el medio marino ha sido mínimo y se encuentra acotado exclusivamente a la zona de sacrificio de la descarga marina, por lo que se propuso mantener los límites actuales máximos permitidos de descarga fuera de la zona de protección litoral para los parámetros: Sólidos Suspendidos Totales (700 mg/l) y Sólidos Sedimentables (50 mg/l), salvo que existan antecedentes que demuestren que el medio marino sería afectado. Respecto del parámetro Aceites y Grasas, dada la implicancia que tiene en la correcta operación de la red de recolección de aguas servidas y en principio de que los usuarios sanitarios no subsidien a los establecimientos industriales, se propone

exigir a las sanitarias el cumplimiento de una concentración de 150 mg/l siempre que se establezca en el DS 609 la obligación de las actividades económicas asterisco, nuevas o antiguas, de contar con cámaras o dispositivos que impidan el vertido de aceites y grasas a la red pública de alcantarillado sobre la caracterización de las aguas servidas domésticas y se aumenten las facultades fiscalizadoras y de control directo de las empresas sanitarias.

De la revisión del documento de la SISS que respalda la modificación en oficio N°400 de 16.02.2009, se observa que para información derivada de controles en las descargas de los emisarios submarinos se tienen los siguientes niveles de cumplimiento:

| parámetro             | Valor limite año 10 | % cumplimiento |
|-----------------------|---------------------|----------------|
| Aceites y grasas      | 150                 | 97,5           |
| Sólidos sedimentables | 20                  | 99,5           |
| Sólidos suspendidos   | 300                 | 82,6           |

Claramente el valor propuesto para los sólidos suspendidos será insuficiente dado que las empresas deberán invertir en infraestructura adicional para poder cumplir con el consiguiente efecto en tarifa.

Cabe destacar, que en el origen de esta normativa, que estableció en 300 ppm la concentración característica de las aguas servidas crudas en dicho parámetro lo que a la luz de los antecedentes es insuficiente, aspecto que se ve reflejado en el informe de la SISS toda vez que las aguas servidas crudas de las localidades analizadas presentan valores superiores a 300 ppm en un 13,4 % ( 86,6% dentro del límite) para el caso de esval y un 7,1% (92,9% dentro del límite) para el caso de las localidades de aguas andinas.

Por lo anterior, si se desea aplicar una baja al control de este parámetro desde los actuales 700 ppm, debe ser a un valor mas acorde a la caracterización de las aguas servidas en la actualidad, que en todos los casos debe ser mayor a 300 ppm.

Finalmente un aspecto que se debe revisar en detalle es el cumplimiento de la normativa

toda vez que no es lo mismo exceder el límite máximo que el incumplimiento de estos parámetros.

Comisión Nacional del Medio Ambiente  
División Jurídica .

Memorándum N°81

DE: Rodrigo Guzmán Rosen  
Jefe División Jurídica

A: Hans Willumsen Alende  
Jefe Departamento Control de la Contaminación

Ant.: Memo N°136 de 6 de abril de 2009 (m. elec n°6552)

MAT: Concepto de contaminante.

Fecha: 15 de abril de 2009

---

Se consulta a esta División Jurídica sobre la factibilidad jurídica de modificar el DS 90 en el sentido de no utilizar el concepto de "contaminante" y reemplazar dicha denominación por la de parámetro, compuesto, composición etc.

Al respecto puedo informar a Ud. que el concepto de contaminante utilizado en la norma de emisión mencionada, es el correcto.

La ley 19.300 en el Art. 2° letra o) define a la norma de emisión como aquella que establece la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora. En este sentido, todos los elementos y compuestos que son normados por la norma de emisión deben tener la naturaleza de contaminante, de lo contrario no podrían ser objeto de una norma de emisión. De acuerdo al artículo 2 letra d) de la ley mencionada, para tener la naturaleza de contaminante, los elementos, compuestos, sustancias, etc deben cumplir con el requisito de poder constituir un riesgo para la salud de las personas, para la calidad de vida de la población, para la preservación de la naturaleza o para la conservación del patrimonio ambiental, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo. Es decir, basta que, en ciertos niveles o periodos de tiempo, dichos elementos puedan constituir un riesgo para la salud de las personas o para los demás componentes protegidos, para que dicho elemento constituya un contaminante y pueda ser denominado como tal.

La ley 19.300 utiliza el concepto en varias de sus disposiciones<sup>1</sup>: No solo en el Art. 2° letras d), o), sino que también en la letra t) sobre zona latente, donde claramente denomina

---

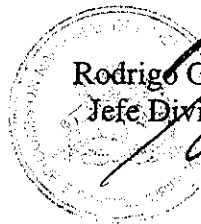
<sup>1</sup> Art. 2° letra d) Contaminante: todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

contaminante a los elementos o sustancias aunque no haya una situación de saturación a su respecto, y en el Art. 45 letra a) y f) donde denomina contaminante a los elementos y sustancias a regular dentro del plan, a pesar de que aun no se ha fijado el límite de emisión respectivo.

Sin perjuicio de lo ya señalado, puedo informar a Ud. que el uso de otras palabras que miren a denominar el contaminante de otro modo, no es objetable, y pueden perfectamente ser utilizada en la elaboración de normas de calidad y de emisión, pero lo anterior no justifica el reemplazo en el DS 90 de la denominación ya dada, por lo que consideramos debe mantenerse.

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.

  
APR/CRE  
CC.  
Archivo



  
Rodrigo Guzmán Rosca  
Jefe División Jurídica

---

Art. 2° letra o) Normas de Emisión: las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora;

Art. 2° letra t) "Zona Latente: aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental, y

Art. 45. Los planes de prevención y descontaminación contendrán, a lo menos:

a) La relación que exista entre los niveles de emisión totales y los niveles de contaminantes a ser regulados;

...

f) La proporción en que deberán reducir sus emisiones las actividades responsables de la emisión de los contaminantes a que se refiere el plan, la que deberá ser igual para todas ellas;

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : SISS- Nancy Cepeda  
e-mail : [ncepeda@siss.cl](mailto:ncepeda@siss.cl)  
Fecha : Jueves, 16 de abril 2009  
Hora : 09:38 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

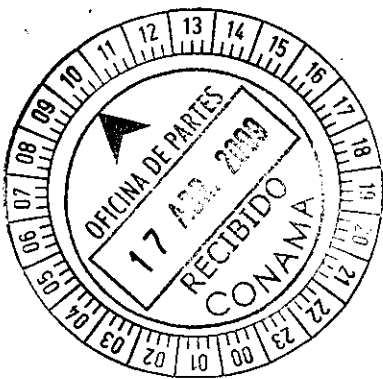
| Nº | DOCUMENTO  |
|----|--|
| 1  | Correo electrónico con observaciones al borrador 7 |

**De:** Cepeda R. Nancy [mailto:ncepeda@siss.gob.cl]  
**Enviado el:** Jueves, 16 de Abril de 2009 9:38  
**Para:** Claudia Galleguillos  
**Asunto:** DS90. Observ. Borrador 7 Anteproyecto

Claudia, te informo nuestros alcances al asunto:

1. Punto 3.5  
En párrafo a continuación de Tabla de "Valores característico", agregar parámetro CF, además de temperatura, SSed y poder espumógeno
2. Punto 3.8  
La definición corresponde a "Caudal medio **diario**" y no "Caudal medio **mensual**"
3. Punto 3.10  
Se propone mejorar redacción de descripción de "m' ", señalando que se debe considerar el promedio de la "pendiente" de tres perfiles del fondo marino, entre las líneas de alta marea y el punto de descarga del emisario, ubicados en el eje del emisario y uno a cada lado de él a una distancia de 10m.  
  
Para mayor claridad, se sugiere que en el segundo párrafo se explicita sólo la extensión del área que deberá considerarse como ZPL, excluyendo la referencia a decretos.  
  
Además, también con el propósito de facilitar la comprensión, se sugiere que las definiciones de "bahía" y "bahía cerrada", se incluyan en forma separada de la definición 3.10 "Ancho de ZPL"
4. Punto 4.2.1  
En atención a que hay solicitudes pendientes de los interesados, que plantean que no pueden aplicar la tabla 1 o 2 hasta que la DGA no se pronuncie sobre el caudal de dilución, se propone agregar al inicio de este punto:  
"En aquellos casos en que la DGA haya determinado una capacidad de dilución" las fuentes emisoras podrán.....

Saludos,



002856



ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE OSTRAS Y  
OSTIONES DE CHILE A.G.

Coquimbo, Abril 15 de 2009

Señor.

Hans Willumsen Alende

Jefe Departamento Control de la Contaminación

Comisión Nacional del Medio Ambiente

Presente/.-

De mi consideración:

Revisado el Borrador N°7 de la propuesta de modificación al DS 90, me permito sugerir lo siguiente:

- 1).- En punto 2. Disposiciones Generales. Agregar al listado de casos en los cuales la norma no sería aplicable: "A las descargas de aguas de mar circulante utilizadas en la osmoregulación, oxigenación y termoregulación natural de los recursos hidrobiológicos manipulados en actividades de apoyo a la acuicultura."
- 2).- Incluir una definición de "FUENTE EMISORA MOVIL".
- 3).- En el punto 4.4.2. Descargas dentro de la ZPL, Tabla N°4, en \*, bajo la misma, dice: "En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos...".

Debe decir: "En *Áreas Apropriadadas al Ejercicio de la Acuicultura*, *Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB)* y *cuerpos receptores marinos con concesiones de acuicultura autorizadas y otorgadas fuera de las AAA...*".

Comentario: Ajustando la definición a lo indicado como "AAA", según la Ley 18.892 General de Pesca Y Acuicultura y la Ley 20.091, que modificó la anterior, en materia de Acuicultura, vigente y considerando que hay muchas concesiones otorgadas antes de la entrada en vigencia de la Ley 18.892 y/o de la promulgación de las resoluciones que fijan las AAA en algunas regiones del país.





**ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE OSTRAS Y  
OSTIONES DE CHILE A.G.**

4).- En el punto 4.4.2. Descargas dentro de la ZPL, Tabla Nº4, en \*, bajo la misma, dice: "En áreas aptas para la acuicultura, no se deben sobrepasar Iso 70 NMP/100ml."

Debe decir: "En AAA....no se deben sobrepasar los 43 NMP/100ml:"

Comentario: Lo anterior, ya que la calidad exigida para la exportación de moluscos bivalvos crudos para consumo humano directo extraídos o cosechados desde esas aguas marinas debe ser inferior a 14 NMP/100ml, como valor modal para 24 muestras a lo largo de un año calendario, a objeto de mantener la clasificación de las zonas PSMB ( Programa de Sanidad de moluscos Bivalvos) para los mercados de USA y Europa. Con lo cual, se disminuye la probabilidad e hallazgo de contenido que superen esa moda, en un programa de monitoreo oficial.

Agradeciendo desde ya la buena acogida a la presente, se despide muy cordialmente,

**Ivonne Etchepare Robert**  
**Gerenta APOOCH y APROA**  
**56-51-324859**

Dirección Ejecutiva  
Departamento de Control de la Contaminación  
Área Control de la Contaminación Hídrica

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA- Carolina Gómez  
e-mail : cgomez@cne.cl  
Fecha : Viernes, 17 de abril 2009  
Hora : 14:43 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO   |
|----|---|
| 1  | Correo electrónico con pronunciamiento sobre valores propuestos para el Cloro Libre Residual. |

002859

**De:** Carolina Gomez [mailto:cgomez@cne.cl]  
**Enviado el:** Viernes, 17 de Abril de 2009 14:43  
**Para:** Claudia Galleguillos  
**Asunto:** cloro libre residual

Hola Claudia, como estas? Quedé de enviar nuestra opinión hoy respecto al cloro libre residual y no tenemos problemas con los valores que se están proponiendo (0,5 y 2)

Saludos

**CAROLINA GÓMEZ AGURTO**

Profesional Área Medio Ambiente  
y Energías Renovables.

Comisión Nacional de Energía

Dirección: Alameda 1449 piso 14, Santiago

Fono: 3656876. Fax: 3656863

E-Mail: cgomez@cne.cl



000000

**Dirección Ejecutiva**  
**Departamento de Control de la Contaminación**  
**Área Control de la Contaminación Hídrica**

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : ASIPES- Marianne Hermanns  
e-mail : [mhermanns@entelchile.net](mailto:mhermanns@entelchile.net)  
Fecha : Lunes, 20 de abril 2009  
Hora : 20:30 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO                               |
|----|---|
| 1  | Observaciones al borrador 7 de la norma |

El presente documento recoge las observaciones de la Asociación de Industriales Pesqueros, ASIPES, y de sus asociados, al Borrador N°7 del DS N° 90, como parte de su proceso de revisión.

## Observación #1

### Referencia en el borrador de norma:

2. Disposiciones Generales

### Dice:

La presente norma no será aplicable en los siguientes casos:

- A las descargas de sistemas públicos de evacuación y drenajes de aguas lluvias.

### Se propone:

Modificar el texto de manera que se redacte de la siguiente manera:

La presente norma no será aplicable en los siguientes casos:

- A las descargas de sistemas públicos y privados de evacuación y drenajes de aguas lluvias.

## Observación #2

### Referencia en el borrador de norma:

2. Disposiciones Generales

### Dice:

La presente norma no será aplicable en los siguientes casos:

- .....
- A las descargas de fuentes emisoras móviles y difusas.

### Se propone:

Incluir en el capítulo de definiciones las correspondientes para los términos: descarga de fuentes emisoras móviles y descarga de fuentes emisoras difusas.

## Observación #3

### Referencia en el borrador de norma:

4.1.2

Dice:

La caracterización de los residuos líquidos de una fuente emisora, deben realizarse antes de someterlos a cualquier sistema de tratamiento.

Se propone:

Es necesario, que tal como se mencionara en reuniones del comité Ampliado, la caracterización de los efluentes considere sólo los parámetros incluidos en la tabla correspondiente al punto de descarga escogido por la fuente emisora. Esto es, una fuente emisora que descargará dentro de la Zona de Protección Litoral, su caracterización de efluentes deberá considerar sólo los parámetros incluidos en la Tabla N°4 del decreto.

**Observación #4**

Referencia en el borrador de norma:

4.1.4

Dice:

Si el contenido del cuerpo de agua receptor de un contaminante excede al indicado en las tablas 1 a 5, el límite máximo permitido de la descarga será igual a dicho contenido de cuerpo de agua receptor

Se propone:

Para que efectivamente una fuente emisora pueda operar en forma normal y cumpliendo con los parámetros exigidos en la norma, debiera establecerse que en dichos casos el límite máximo establecido sea aquel que considere la diferencia entre el contenido del cuerpo receptor y el límite aceptado según las tablas 1 a 5.

**Observación #5**

Referencia en el borrador de norma:

4.4.1

Dice:

Las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos deberán hacerse en el lugar y forma que se determine conforme a la normativa vigente sobre la materia.

Se propone:

No se entiende la redacción del punto, ya que la normativa vigente para las descargas de riles a cuerpos de aguas marinos es el DS N°90. Se solicita aclarar el sentido de la frase.

## Observación # 6

### Referencia en el borrador de norma:

5.1

### Dice:

A partir de la entrada en vigencia del presente decreto, los límites máximos permitidos establecidos en él, serán obligatorios para toda fuente emisora.

### Se propone:

En el caso de que las modificaciones de la norma sean mayores, o que algunos límites máximos en las tablas 1 a 5 cambien, se sugiere otorgar un plazo razonable de al menos 5 años desde la entrada en vigencia a aquellas fuentes emisoras antiguas, y vigencia inmediata para fuentes nuevas.

## Observación # 7

### Referencia en el borrador de norma:

5.2

### Dice:

Desde la entrada en vigencia del presente decreto, las fuentes emisoras existentes, deberán caracterizar e informar todos sus residuos líquidos, mediante los procedimientos de medición y control establecidos en la presente norma y entregar toda otra información relativa al vertimiento de residuos líquidos que la autoridad competente determine conforme a la normativa vigente sobre la materia.

### Se propone:

Las fuentes emisoras existentes ya han realizado la caracterización de sus efluentes, y por lo tanto, una vez que este decreto entre en vigencia sólo corresponde que se de continuidad al proceso de informar todos sus residuos industriales

## Observación # 8

### Referencia en el borrador de la norma:

Tabla N°5

### Se propone:

Se reitera lo planteado en informes anteriores, en relación al los límites de Sólidos suspendidos y Totales y Aceites y Grasas. Dichos antecedentes serán completados con datos sobre los residuos industriales líquidos de la industria pesquera y datos de calidad de las aguas de las bahías de la región.

Dirección Ejecutiva  
Departamento de Control de la Contaminación  
Área Control de la Contaminación Hídrica

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : CORMA- Pedro Navarrete  
e-mail : [pnavarrete@celulosa.cmpc.cl](mailto:pnavarrete@celulosa.cmpc.cl)  
Fecha : Martes, 21 de abril 2009  
Hora : 10:19 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO  |
|----|--|
| 1  | Correo electrónico con observaciones al borrador 7 de la norma   |
| 2  | Ficha observaciones N°32. Definiciones: Caudal medio mensual del efluente vertido.                             |
| 3  | Ficha observaciones N°33. Definiciones: Calificación Fuente Emisora.   |
| 4  | Ficha observaciones N°34. Disposiciones Generales: Norma no será aplicable a...                                |
| 5  | Ficha observaciones N°36. Punto 6.3.2. Numero de Muestras: excluir sistemas automáticos continuos de muestreo. |
| 6  | Ficha observaciones N°37. Definiciones: Contenido del cuerpo de agua receptor.                                 |
| 7  | Ficha observaciones N°38. Definiciones: Cuerpo de agua receptor  |
| 8  | Ficha observaciones N°39. Procedimientos de medición y control: Consideraciones generales para el monitoreo    |
| 9  | Ficha observaciones N°45. Programas y Plazos de cumplimiento: Criterio de Gradualidad.                         |
| 10 | Ficha observaciones CA-3: Concepto contaminante  |



**De:** Pedro Navarrete ( CMPC Celulosa G.Tecnica) [mailto:pnavarrete@celulosa.cmpc.cl]  
**Enviado el:** Martes, 21 de Abril de 2009 10:19  
**Para:** Claudia Galleguillos  
**CC:** Mariela Arevalo  
**Asunto:** RE: DS-90  
**Importancia:** Alta

Estimada Claudia,

Lamentablemente, no tengo comentarios al Borrador 7 del Grupo 2, pero sí de CORMA, que son los que adjunto en las fichas correspondientes.

En general, nuestros comentarios siguen la misma línea de los anteriores, es decir:

a) consideramos que las aguas lluvias no deben incluirse en este DS 90, por las razones que hemos indicado (y que ahora repetimos) en nuestros comentarios. De los comentarios anteriores, relativos al tema, hemos formulado una pequeña modificación (ver ficha) que contribuye a evitar que estas aguas sean consideradas como de proceso.

b) El procedimiento para la determinación del caudal de dilución aún no queda explícitamente referenciado en el cuerpo del DS-90

c) Nada se nos ha dicho, a pesar que fue una proposición del Comité Ampliado en pleno, acerca de buscar otra palabra para reemplazar contaminante.

Por otra parte, hemos propuesto agregar una frase que permita utilizar referencias internacionales, como el Código Ciuu, para definir los parámetros a incluir en el programa de monitoreo.

Por último, un par de dudas:

1) Cenma propone agregar el concepto de Fuente Emisora Difusa (pagina 4, del Item Definiciones) pero no hay como opinar porque la proposición no se explicita en el texto del borrador 7. Necesitamos conocerla para comentarla.

2) Caudal disponible para la dilución (pagina 7, del item Definiciones)

No se explica la forma de cálculo ni se referencia el procedimiento. Cualquiera sea éste, es imprescindible establecer la unidad de tiempo. Hay una nota al margen en la que se indica que SISS plantea que se debe tener en cuenta que los caudales se informarán para cada mes, frase que es imposible de analizar y, consecuentemente, de opinar al respecto.

**Pedro Navarrete Ugarte**  
Superintendente de Gestión Ambiental  
Gerencia de Medio Ambiente y Asuntos Públicos  
CMPC Celulosa S.A.

Fono: 56-43-403930 -3979  
Fax: 56-43-403914  
Mail: pnavarrete@celulosa.cmpc.cl

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 32 Borrador AP #7)**

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>CONCEPTO</b>  | <b>DEFINICIONES</b> |
| <b>PROPONENTE</b>  | Corma               |
| <b>FECHA APROBACIÓN<br/>COMITÉ OPERATIVO</b>   |                     |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN LA VERSIÓN BORRADOR 7 DS 90/00 (01 Abril 2009)</b>   |                     |
| 3.8. Dice: "Caudal medio mensual del efluente vertido: es la suma de los volúmenes de residuos líquidos descargados diariamente durante el mes, dividido por el número de días del mes en que hubo descargas"  |                     |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA:</b>   |                     |
| 3.8. "Caudal medio mensual del efluente vertido: es la suma de los volúmenes de residuos líquidos descargados diariamente durante el mes, dividido por el número de días del mes en que hubo descargas. Se excluye de este cálculo el volumen de aguas lluvia" |                     |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>  |                     |
| No es pertinente considerar las aguas lluvia como equivalentes a residuos líquidos por las razones ya indicadas anteriormente. Explicitar dicha exclusión previene interpretaciones al aplicar la norma.   |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>  |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.   |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>   |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.   |                     |
| Corma  |                     |
| Fecha: 16.4.09   |                     |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>  |                     |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>  |                     |
| Fecha:   |                     |
| Definición:  |                     |

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 33 Borrador AP #7)**

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>CONCEPTO</b>   | <b>DEFINICIONES</b> |
| <b>PROPONENTE</b>   | Corma               |
| <b>FECHA APROBACIÓN<br/>COMITÉ OPERATIVO</b>  |                     |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN LA VERSIÓN BORRADOR 7 DS 90/00 (17 Abril 2009)</b>  |                     |
| Dice: "Para efectos de la calificación de fuente emisora, se considerará: - la suma de las descargas de aguas residuales que genere un establecimiento incluidas las aguas servidas que son parte integrante del proceso."                        |                     |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA:</b>  |                     |
| "Para efectos de la calificación de fuente emisora, se considerará: - la suma de las descargas de aguas residuales que genere un establecimiento incluidas las aguas servidas que son parte integrante del proceso, excluyendo las aguas lluvia." |                     |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>   |                     |
| Tal como está redactado el punto, las aguas lluvia calificarían como aguas residuales – equivalentes a RL- lo que por su naturaleza (ya explicitada en la ficha GR2-26) no es pertinente.   |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>   |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:  |                     |
|   |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>  |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:  |                     |
| Corma   |                     |
| Fecha: 16.4.09  |                     |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>   |                     |
|   |                     |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>   |                     |
| Fecha:  |                     |
| Definición:   |                     |

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 34 Borrador AP #7)**

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>CONCEPTO</b>  | <b>DISPOSICIONES GENERALES</b> |
| <b>PROPONENTE</b>  | Corma                          |
| <b>FECHA APROBACIÓN<br/>COMITÉ OPERATIVO</b>   |                                |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN LA VERSIÓN BORRADOR 7 DS 90/00 (01/ABR/2009)</b>   |                                |
| <i>Dice: "La presente norma no será aplicable a los siguientes casos: - A las descargas de sistemas públicos de evacuación y drenaje de aguas lluvia"</i>  |                                |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA</b>  |                                |
| <i>"La presente norma no será aplicable a los siguientes casos: - A las descargas de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvia"</i>   |                                |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>  |                                |
| El texto comentado incorpora por defecto al tratamiento del DS 90 "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos un agua cuya generación es esporádica, no es el resultado de un proceso y sus características son completamente diferentes a las de un RI, entre otras. La condición jurídica, asociada a los RL por el DS 90, con todas sus implicancias, se extiende a este tipo de aguas que, como se vio, es de naturaleza completamente distinta por lo que no es pertinente su incorporación. |                                |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>  |                                |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:   |                                |
|  |                                |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>   |                                |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:   |                                |
| Corma  |                                |
| Fecha: 16.4.09   |                                |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>  |                                |
|  |                                |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>  |                                |
| Fecha:   |                                |
| Definición:  |                                |

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 36 Borrador AP #7)**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>CONCEPTO</b>  | <b>6.3.2. NUMERO DE MUESTRAS</b> |
| <b>PROPONENTE</b>  | Corma                            |
| <b>FECHA APROBACIÓN<br/>COMITÉ OPERATIVO</b>   |                                  |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN LA VERSIÓN BORRADOR #7 DS 90/00 (1 Abr/2009)</b>   |                                  |
| i) Cada muestra compuesta debe .....   |                                  |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA:</b>   |                                  |
| Agregar un último párrafo:<br>"Se excluyen de la aplicación de este procedimiento las fuentes emisoras que disponen de sistemas automáticos continuos de muestreo, cuya operación sea aprobada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios"  |                                  |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>  |                                  |
| Atenta contra la lógica que una fuente emisora que dispone de equipamiento automático de muestreo proporcional al flujo, con posibilidades de acumulación, registro y preservación, se vea obligada a emplear un procedimiento mucho más inexacto que, además, requiere de equipos y rutinas especiales. |                                  |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>  |                                  |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.   |                                  |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>   |                                  |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.   |                                  |
| Corma  |                                  |
| Fecha: 16.4.09   |                                  |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>  |                                  |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>  |                                  |
| Fecha:   |                                  |
| Definición:  |                                  |

### CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00 (FICHA CORMA 37 Borrador AP #7)

|  |                        |
|--|------------------------|
| <b>CONCEPTO</b>  | <b>3. DEFINICIONES</b> |
| <b>PROPONENTE</b>  | Corma                  |
| <b>FECHA APROBACIÓN COMITÉ OPERATIVO</b>   |                        |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN LA VERSIÓN BORRADOR # 7 DS 90/00 (1 ABRIL 2009)</b>  |                        |
| 3.2. Contenido del cuerpo de agua receptor<br>El segundo párrafo dice que "corresponderá a la Dirección General de Aguas ....."  |                        |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA:</b>   |                        |
| Agregar al 2° párrafo: ", por propia iniciativa o a solicitud de un tercero interesado   |                        |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>  |                        |
| Se considera pertinente que los terceros interesados dispongan del espacio para solicitar que el servicio competente determine el contenido del cuerpo de agua receptor. |                        |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>  |                        |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.   |                        |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>   |                        |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.   |                        |
| Corma  |                        |
| Fecha: 16.4.09   |                        |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>  |                        |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>  |                        |
| Fecha:   |                        |
| Definición:  |                        |

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 38 Borrador AP #7)**

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>CONCEPTO</b>   | <b>3. DEFINICIONES</b> |
| <b>PROponente</b>   | Corma                  |
| <b>FECHA APROBACIÓN COMITÉ OPERATIVO</b>  |                        |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN LA VERSIÓN BORRADOR #7 DS 90/00 (1/Abril 2009)</b>  |                        |
| <p><b>3.3. Cuerpo de agua receptor</b></p> <p>Aparece una nota al margen en la que se indica que la descarga a cauces privados deben contar con la autorización de los propietarios para ser considerados como Cuerpo de Agua Receptor.</p> <p>La DGA se ha negado a establecer el caudal disponible para la dilución en cauces artificiales con lo que no es posible determinar cual es la Tabla límite a considerar y, por lo tanto, tampoco puede accederse a la autorización de los propietarios.</p> <p>Otra nota indica que no se acogen los comentarios porque siempre haque contar con la autorización referida para descargar con Tabla 1.</p> |                        |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA:</b>  |                        |
| <p>Agregar un párrafo: los terceros interesados podrán poner a consideración de los propietarios de los canales una solicitud de autorización para descargar con arreglo a Tabla 2. Esta solicitud deberá ser validada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios y/o por el Servicio Agrícola y Ganadero sin que ello limite la facultad de los propietarios de acoger o denegar la solicitud.</p>  |                        |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>   |                        |
| <p>Debe establecerse un camino para que, contando con la aprobación privada, el uso de los canales como cuerpos receptores de efluentes con la Tabla 2, pueda ser validada por la SISS.</p>   |                        |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>   |                        |
| <p>Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:</p>   |                        |
| <p> </p>  |                        |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>  |                        |
| <p>Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:</p>   |                        |
| <p>Corma Fecha: 16.4.09</p>   |                        |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>   |                        |
| <p> </p>  |                        |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>   |                        |
| <p>Fecha:</p> <p>Definición:</p>  |                        |



002872

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 39 AP BORRADOR # 7)**


|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>CONCEPTO</b>  | <b>DEFINICIONES</b> |
| <b>PROPONENTE</b>  | Corma               |
| <b>FECHA APROBACIÓN<br/>COMITÉ OPERATIVO</b>   |                     |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN EL DS 90/00 (Borrador # 7 - 1 Abril 09)</b>  |                     |
| 6. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL<br>6.2. Consideraciones generales para el monitoreo<br>Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendiendo a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga"  |                     |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA</b>  |                     |
| 6. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL<br>6.2. Consideraciones generales para el monitoreo<br>Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendiendo a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga. Códigos o referencias internacionales como el Código CIUU, por iniciativa propia o a petición de un tercero interesado, serán tenidas en cuenta por la autoridad competente" |                     |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>  |                     |
| El Código CIUU es una referencia técnica de reconocimiento y aceptación general que es recomendable tener en cuenta para definir el monitoreo al que deben someterse las fuentes fijas.  |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>  |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha  |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ AMPLIADO (CA)</b>   |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha<br><br>Corma<br>Fecha: 16.04.09  |                     |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>  |                     |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>  |                     |
| Fecha:<br>Definición:  |                     |



**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CORMA 45 Borrador # 7 AP)**

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>CONCEPTO</b>  | <b>DEFINICIONES</b> |
| <b>PROponente</b>  | Corma               |
| <b>FECHA APROBACIÓN<br/>COMITÉ OPERATIVO</b>   |                     |
| <b>DEFINICIÓN ACTUAL EN EL DS 90/00</b>  |                     |
| 5. PROGRAMA Y PLAZOS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMA PARA LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOSA AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES<br>5.1. A partir de la entrada en vigencia del ....., serán obligatorios para toda fuente emisora"   |                     |
| <b>DEFINICIÓN PROPUESTA</b>  |                     |
| "5.1. A partir de la entrada en vigencia del presente Decreto, las fuentes emisoras dispondrán de 24 meses, si lo requieren, para ajustarse a las nuevas disposiciones después de lo cual los límites máximos serán obligatorios para todas ellas"   |                     |
| <b>JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO</b>  |                     |
| Evidencia la necesaria gradualidad en la aplicación de la norma, uno de los principios esenciales de la LGBMA como asimismo del Reglamento para la Dictación de Normas Ambientales. 24 meses, sin ser un plazo holgado, permite gestionar el presupuesto y construir las modificaciones que eventualmente se requieran. La incertidumbre que motiva este cambio se debe a que aún no se plantean modificaciones a las Tablas de los límites máximos. |                     |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITÉ OPERATIVO (CO)</b>  |                     |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha:   |                     |
| Corma  |                     |
| Fecha: 14.4.09   |                     |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>  |                     |
| <b>DEFINICIÓN FINAL</b>  |                     |
| Fecha:   |                     |
| Definición:  |                     |

**CONCEPTOS PROCESO MODIFICACIÓN DS 90/00  
(FICHA CA-3)**

|   |   |
|---|---|
| <b>CONCEPTO</b>   | <b>DEFINICIONES</b>   |
| <b>PROponente</b>   | Pleno Comité Ampliado (Grupos Ríos y Lagos, Aguas de Contacto, Aguas marinas, Metodologías y Control) |
| <b>FECHA APROBACION COMITE OPERATIVO</b>  |   |
| <b>DEFINICIONES ACTUALES EN EL DS 90/00</b>   |   |
| A pesar de haber expuesto sólidos argumentos, la versión # 6 mantiene el concepto Contaminante.                                 |   |
| <b>DEFINICION PROPUESTA:</b>  |   |
| Se incluye Ficha CA-1 en la que se planteó este comentario, sus argumentos y las proposiciones del caso.                        |   |
| <br>D:\Mis Documentos\<br>Suar\respaldo\Mis Do |   |
| <b>JUSTIFICACION DEL CAMBIO (Ver Anexo 1 para mayor detalle)</b>  |   |
| Ver justificación detallada en ficha CA-1, adjunta.   |   |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITE OPERATIVO (CO)</b>   |   |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.                                  |   |
| <b>OBSERVACIONES REALIZADAS COMITE AMPLIADO (CA)</b>  |   |
| Nota: Se debe anotar nombre de la institución o empresa que realiza la observación y la fecha.                                  |   |
| Corma Fecha: 20.4.09  |   |
| <b>OTROS ANTECEDENTES</b>   |   |
| <b>DEFINICION FINAL</b>   |   |
| Fecha:  |   |
| Definición:   |   |

**DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Enviado por : SISS- Nancy Cepeda  
e-mail : [ncepeda@siss.cl](mailto:ncepeda@siss.cl)  
Fecha : Miércoles, 22 abril 2009  
Hora : 14:48 hrs

**DOCUMENTOS ANEXOS**

| Nº | DOCUMENTO  |
|----|--|
| 1  | Document5o adjunto donde se reitera posición respecto a aguas de contacto en el marco del DS90 |

**SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS  
FISCALÍA**

Ncr-ma/DS90/ObservAnteproyV1/30.05.08

**ANTEPROYECTO DS 90  
Observaciones SISS a Versión 1/22.05.08**

Adicionalmente a las observaciones que se detalla, correspondientes a cada punto del anteproyecto V1 entregado por Conama el 26.05.08, la SISS tiene alcances a los valores de NTK y P total que informará oficialmente.

**Punto 2: Disposiciones Generales**

Se estima que este punto debe precisar de la manera lo más clara posible el ámbito de aplicación de la norma, así como explicitar las restricciones que corresponda. Se propone complementar, según se indica con negrita:

“La presente norma de emisión establece la concentración **total** y valores máximos de contaminantes permitidos para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras **fijas y puntuales**, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

**La presente norma no será aplicable a las descargas de sistemas públicos de recolección de aguas lluvias urbanas y vertederos de tormenta de los sistemas públicos de recolección y disposición de aguas servidas.**

**No se considerarán afectas al cumplimiento de esta normativa aquellas aguas, no utilizadas en el proceso productivo o servicio, provenientes de lluvias, deshielos y otras escorrentías en tanto éstas no entren en contacto con materias primas, insumos o residuos de la actividad o servicio. En caso contrario, este tipo de aguas quedará afecto al cumplimiento de esta norma salvo aquellas de carácter esporádico cuyo manejo ambiental se encuentre debidamente justificado en el estudio o declaración de impacto ambiental respectivo.**

**Esta norma tampoco será aplicable en los casos de contingencias que se encuentren previstas en los respectivos planes de contingencia de los estudios o declaraciones de impacto ambiental.**

La presente norma se aplicará en todo el territorio nacional. “

**Punto 3: Definiciones****Carga contaminante media diaria**

No se comparte proposición de eliminar esta definición, que constituye el concepto básico para determinar si una descarga califica o no como fuente emisora, junto con establecer las condiciones para su cálculo.

Por otra parte, esta definición se requiere para determinar las concentraciones correspondientes a cada parámetro, conforme a nota al pie de la tabla de establecimiento emisor.

#### Contenido del cuerpo receptor

Aparentemente, en el caso de descargas al mar (y talvez también a lagos), no sería aplicable el término "aguas arriba de la descarga". Se solicita aclarar

#### Descarga de residuos líquidos

No parece apropiado incorporar que el resultado de un proceso pueda ser "voluntario o involuntario". El titular del proceso podría invocar no ser responsable ante un resultado involuntario.

#### Fuente emisora

Se estima que es poco clara la definición sin incorporar los términos "valor característico" y "carga contaminante media diaria". Se sugiere:

"Es el establecimiento que como resultado de su proceso, actividad o servicio, en condiciones normales de operación y sin considerar tratamiento alguno, descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, con una carga contaminante media diaria o valor característico, superior o fuera de rango en uno o más de los parámetros indicados en Tabla:

**Establecimiento emisor**

| Contaminante                         | Unidad              | Valor característico | Carga contaminante media diaria * |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Aceites y Grasas                     | g/d                 | -                    | 960                               |
| Aluminio                             | g/d                 | -                    | 16                                |
| Arsénico                             | g/d                 | -                    | 0,8                               |
| Boro                                 | g/d                 | -                    | 12,8                              |
| Cadmio                               | g/d                 | -                    | 0,16                              |
| Cianuro                              | g/d                 | -                    | 3,2                               |
| Cloruros                             | g/d                 | -                    | 6400                              |
| Cobre                                | g/d                 | -                    | 16                                |
| Coliformes Fecales o termotolerantes | CF/d                | -                    | 10 <sup>12</sup>                  |
| Cromo Total                          | g/d                 | -                    | 1,6                               |
| Cromo Hexavalente                    | g/d                 | -                    | 0,8                               |
| DBO <sub>5</sub>                     | g O <sub>2</sub> /d | -                    | 4000                              |
| Estaño                               | g/d                 | -                    | 8                                 |
| Fluoruro                             | g/d                 | -                    | 24                                |
| Fósforo Total                        | g/d                 | -                    | 160                               |
| Hidrocarburos fijos                  | g/d                 | -                    | 160                               |
| Hidrocarburos totales                | g/d                 | -                    | 176                               |
| Hidrocarburos volátiles              | g/d                 | -                    | 16                                |
| Hierro                               | g/d                 | -                    | 16                                |
| Índice de Fenol                      | g/d                 | -                    | 0,8                               |

|                             |         |       |          |
|-----------------------------|---------|-------|----------|
| Manganeso                   | g/d     | -     | 4,8      |
| Mercurio                    | g/d     | -     | 0,02     |
| Molibdeno                   | g/d     | -     | 1,12     |
| Níquel                      | g/d     | -     | 1,6      |
| Nitrógeno total kjeldahl    | g/d     | -     | 800      |
| Nitrito más Nitrato (lagos) | g N/d   | -     | 240      |
| Pentaclorofenol             | g/d     | -     | 0,144    |
| pH                          | -       | 6 - 8 | -        |
| Plomo                       | g/d     | -     | 3,2      |
| Poder espumógeno **         | Mm      | 5     | -        |
| SAAM                        | g/d     | -     | 160      |
| Selenio                     | g/d     | -     | 0,16     |
| Sólidos Sedimentables       | ml/L 1h | 6     | -        |
| Sólidos Suspendidos Totales | g/d     | -     | 3520 g/d |
| Sulfato                     | g/d     | -     | 4800     |
| Sulfuro                     | g/d     | -     | 48       |
| Temperatura                 | °C      | 20    | -        |
| Tetracloroetano             | g/d     | -     | 0,64     |
| Tolueno                     | g/d     | -     | 11,2     |
| Triclorometano              | g/d     | -     | 3,2      |
| Xileno                      | g/d     | -     | 8        |
| Zinc                        | g/d     | -     | 16       |

(\*) Los valores de carga contaminante media diaria corresponden al equivalente de las aguas servidas de 100 habitantes con una dotación de agua potable de 200 l/hab/d y un coeficiente de recuperación de 0.8

Se considera pertinente agregar que para efectos de la calificación de fuente emisora deberá considerarse:

- La suma de las descargas de aguas residuales que genere un establecimiento. Esto con el fin de evitar que un establecimiento evite calificar como establecimiento emisor por la vía de dividir su descarga en varias descargas.
- Sólo los parámetros que estén regulados por las tablas 1 a la 5, que corresponda al curso receptor donde el establecimiento descargará sus aguas residuales.
- No se considerarán sistemas de tratamiento aquellos dispositivos de tratamiento físico aprobados por la autoridad competente,

#### Punto 4: Límites máximos

##### 4.1 Consideraciones generales

"4.1.1 La norma de emisión.....

Los límites permitidos están referidos al valor de la concentración total del contaminante o a la unidad respectiva."

"4.1.3 Si el contenido de un contaminante en el cuerpo receptor excede el valor indicado en las Tablas 1 a 5, el límite máximo permitido en la descarga será igual a dicho contenido del cuerpo receptor."

(No corresponde la exigencia de captar en el mismo cuerpo receptor)

“4.1.4 Los establecimientos de servicios sanitarios que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos industriales líquidos provenientes de establecimientos industriales, estarán obligados a cumplir la presente norma, reduciendo la concentración de cada contaminante en su descarga final en la cantidad que resulte de la diferencia entre la concentración **considerada en el valor de la carga contaminante media diaria** establecida en la Tabla de Fuente Emisora para cada contaminante y el límite máximo permitido en la tabla que corresponda.”

(La frase “siempre que la concentración del valor característico sea mayor al valor del límite máximo establecido en la norma” es innecesaria).

4.1.5 La presente norma no será aplicable a las descargas de sistemas públicos de recolección de aguas lluvias urbanas.

Este punto no se refiere a Límites Máximos Permitidos, por lo que no corresponde a este punto 4. de la norma, sino que debe ir en el punto 2. de Disposiciones Generales, que se refiere al campo de aplicación de la norma.

#### **4.2 Tabla N°1**

En los valores que se exigen para el Cromo Hexavalente, en la Tabla N°1 se exige 0,05mg/l,. Se sugiere considerar que debe medirse Cromo Total, que es más asequible el análisis en vez del Hexavalente, este último es muy inestable. Algunos establecimientos han informado que la forma que tienen para demostrar cumplimiento de este parámetro, es medir cromo total y verificar que sea inferior a 0,05 ya que el límite de detección del cromo Hexavalente es superior a ese valor.

En general se recomienda chequear que las metodologías analíticas permitan límites de detección inferiores a los límites que establece la norma de emisión.

Se solicita analizar los límites para Boro y Sulfato, considerando la factibilidad técnica y económica para su remoción, así como la comparación con los límites establecidos en otras normas de emisión a nivel internacional.

#### **4.3 Límites máximos para descargas a cuerpos lacustres**

La exigencia indicada en puntos 4.3.1 y 4.3.3, de aplicar la Tabla 3 a cuerpos afluentes a cuerpos lacustres se estima muy exigente. Sería conveniente estudiar la aplicabilidad de la Tabla 3 en función de otras variables, como por ejemplo distancia desde el punto de descarga en el cuerpo fluvial al cuerpo lacustre, relación de caudales descarga/ cuerpo fluvial y/u otras.

**Santiago, Junio 2008**

**Reunión Temática “Control y Monitoreo”  
COMITÉ OPERATIVO  
“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 22 abril 2009  
Lugar : CONAMA CENTRAL, 4º piso  
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

**DOCUMENTOS DE REUNIÓN**

| Nº | CONTENIDO  |
|----|--|
| 1  | Tabla de Reunión   |
| 2  | Acta de reunión  |
| 3  | Documento de Trabajo para reunión temática “Control y Monitoreo”, elaborado por la Sra. Elizabeth Echeverría- AIDIS. |
| 4  | Lista de Asistencia  |



Dirección Ejecutiva  
Departamento Prevención y Control de la Contaminación  
Sección Control Hídrico

**Reunión Temática “Control y Monitoreo”  
Comité Operativo  
“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 22 de abril 2009  
Lugar : CONAMA Central, Piso 4  
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

**TABLA DE REUNIÓN**

| HORA  | CONTENIDO   | RESPONSABLE   |
|-------|---|---|
| 10:30 | Bienvenida e introducción   | Claudia Galleguillos<br>CONAMA                                  |
| 10:40 | Análisis de propuesta presentada por la Sra. Elizabeth Echeverría- AIDIS, representante del Comité Ampliado | Claudia Galleguillos<br>CONAMA<br>Elizabeth Echeverría<br>AIDIS |
| 12:50 | Acuerdos y Cierre   | Claudia Galleguillos<br>CONAMA                                  |

002882

**ACTA REUNIÓN**  
**REUNIÓN TEMÁTICA "CONTROL Y MONITOREO"**  
**PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**

**Tema:** REUNIÓN TEMÁTICA "CONTROL Y MONITOREO", PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00

**Fecha:** 22 DE ABRIL 2009      **Lugar:** CONAMA, PISO 4.

**Horario:** 10:30 a 13:00 hrs.

| LISTA DE ASISTENCIA     |                |  |
|-------------------------|----------------|--|
| NOMBRE                  | INSTITUCIÓN    | CORREO ELECTRÓNICO   |
| Verónica Vergara        | SISS           | <a href="mailto:vvergara@siss.cl">vvergara@siss.cl</a>                     |
| Nancy Cepeda R.         | SISS           | <a href="mailto:ncepeda@siss.cl">ncepeda@siss.cl</a>                       |
| Carmen Rivera           | EVYSA CONAMA   | <a href="mailto:crivera@conama.cl">crivera@conama.cl</a>                   |
| Nancy Villarroel R.     | DIRECTEMAR     | <a href="mailto:nvillarroel@directemar.cl">nvillarroel@directemar.cl</a>   |
| Carolina Valdebenito    | DIRECTEMAR     | <a href="mailto:cvaldebenito@directemar.cl">cvaldebenito@directemar.cl</a> |
| Lorena Carballo         | SISS           | <a href="mailto:lcarvallo@siss.cl">lcarvallo@siss.cl</a>                   |
| Gabriel Zamorano        | SISS           | <a href="mailto:gzamorano@siss.cl">gzamorano@siss.cl</a>                   |
| María Pía Mena          | AIDIS          | <a href="mailto:mmena@ing.uchile.cl">mmena@ing.uchile.cl</a>               |
| Jacobo Homsí            | KRISTAL        | <a href="mailto:jhomsí@kristal.cl">jhomsí@kristal.cl</a>                   |
| Claudia Galleguillos C. | HIDRICA CONAMA | <a href="mailto:cgalleguillos@conama.cl">cgalleguillos@conama.cl</a>       |

| INASISTENTES    |  |
|-----------------|--|
| INSTITUCIÓN     | CORREO ELECTRÓNICO   |
| JURIDICA CONAMA | <a href="mailto:cravanal@conama.cl">cravanal@conama.cl</a>                   |
| DGA             | <a href="mailto:fernando.aguirre@mop.gob.cl">fernando.aguirre@mop.gob.cl</a> |
| Olga Espinoza   | <a href="mailto:olga.espinoza@sag.gob.cl">olga.espinoza@sag.gob.cl</a>       |
| Ana María Sacha | <a href="mailto:asacha@ing.uchile.cl">asacha@ing.uchile.cl</a>               |

**TABLA DE LA REUNION:**

- Bienvenida e introducción
- Análisis de propuesta presentada por AIDIS
- Acuerdos

**1. INTRODUCCIÓN**

- CONAMA HIDRICA: Explica al grupo temático de "Control y Monitoreo" que la Sra. Elizabeth Echeverría, AIDIS y representante del Comité Ampliado de la norma, ha elaborado una propuesta para modificar el DS90, la cual se adjunta y forma parte de la presente acta.

**2. PUNTO 6.1: CONTROL DE LA NORMA**

- NORMA VIGENTE:  
Las inspecciones que realice el organismo público fiscalizador y los monitoreos que debe realizar la fuente emisora deberán someterse a lo establecido en la presente norma.

**FECHA PRÓXIMA REUNIÓN GRUPO "MONITOREO Y CONTROL":**  
**Lunes 18 de mayo 2009**

- PROPUESTA DE MODIFICACIÓN: No presentada
- FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:  
Se debe diferenciar entre el monitoreo de control que realiza el ente fiscalizador (autoridad competente) y el autocontrol que es realizado por la Fuente Emisora. Las frecuencias y muestreos referidos en este decreto, representan sólo al autocontrol. Otro tema importante es que debería precisarse en el remuestreo. Las normas citadas en el DS90 vigente, están obsoletas. La NCh411/10 reúne todo lo que interesa en el tema de aguas residuales, las otras sólo son complementarias y sirven sólo de guías por ser muy amplias.
- ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:  
SISS enviará propuesta para precisar este punto, respecto a frecuencias y muestreos, haciendo diferencia entre el autocontrol y el control directo de la autoridad. (antes del 30 abril 2009)

### 3. **PUNTO 6.2: CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MONITOREO**

- NORMA VIGENTE, TERCER PÁRRAFO:  
Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en la Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo; NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras, y NCh 411/10 Of 97, Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales.
- PROPUESTA DE MODIFICACIÓN TERCER PÁRRAFO:  
Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en la norma chilena oficial NCh 411/10 of.2005 Parte 10: Muestreo de Aguas Residuales. Recolección y manejo de las muestras.
- FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:  
Las normas citadas en el DS90 vigente, están obsoletas. La NCh411/10 reúne todo lo que interesa en el tema de aguas residuales, las otras sólo son complementarias y sirven sólo de guías por ser muy amplias.
- ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:  
Se aprueba propuesta de texto y se acuerda consultar con jurídica para ver la posibilidad de agregar a la Norma Chilena Oficial el término "vigente", con el fin de ir renovando automáticamente las actualizaciones a las NCh.

### 4. **PUNTO 6.3.1: FRECUENCIA DE MONITOREO**

- NORMA VIGENTE, PRIMER PÁRRAFO:  
El número de días en que la fuente emisora realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga.
- PROPUESTA DE MODIFICACIÓN TERCER PÁRRAFO:  
El número de días en que la fuente emisora realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga, de acuerdo a lo que establezca la resolución de monitoreo.  
El organismo fiscalizador podrá determinar una frecuencia de monitoreo superior al

número mínimo de días indicado en tabla anterior, indicando el periodo de duración de este sobre muestreo, según situación particular de cada fuente emisora.

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

En el punto 6.3.1, se considera que al indicar "o", no queda claro el momento de la recolección, ya que existen empresas como la agroindustria cuyos peak de producción se reducen a un lapso de tiempo pequeño y que no necesariamente corresponden al máximo caudal de descarga

AIDIS: Presenta dudas respecto a que la tabla del DS90 dice una cosa y las resoluciones de monitoreo establecen otras. Esta redacción da la opción a la autoridad de exigir frecuencias mayores.

SISS: Es lógico que al decir mínimo, la autoridad puede exigir algo superior.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

SISS realizará una nueva propuesta para la redacción de este punto.

**5. PUNTO 6.3.1: FRECUENCIA DE MONITOREO**

- **NORMA VIGENTE, TERCER PÁRRAFO:**

Para aquellas fuentes emisoras que neutralizan sus residuos líquidos, se requerirá medición continua con pHmetro y registrador.

- **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN TERCER PÁRRAFO:**

Para aquellas fuentes emisoras que neutralizan sus residuos líquidos, se requerirá medición continua de pH, con pH metro en línea y un sistema captador de datos con registrador.

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

AIDIS: Un pH metro y registrador pueden ser cualquier cosa y se debe enfatizar en que deben estar instalados y funcionando. Lo que sucede hoy en día es que no se captura el dato, por lo tanto, no se da posibilidades de ver el historial en las descargas, ya que solo registran datos puntuales y van grabando sobre los datos anteriores.

SISS: Consulta a AIDIS si la diferencia es que sea monitoreo permanente?. En pH se están solicitando más frecuencias. Se deben establecer cosas que se puedan fiscalizar. Si les pedimos que tengan registros de pH en la planta, se debe fiscalizar.

EVYSA: Si un RIL cambia el pH, se debe tener claro el tiempo en que se mide. No comparte que sólo quede establecido en las resoluciones de monitoreo y es mejor que quede en una norma general.

SISS: Cuanto es el costo de un sistema como el propuesto?

AIDIS: La experiencia dice que muchos funcionan con este sistema instalado y no lo usan, por que no les conviene usarlo. Al parecer va a depender del caudal. Se debe fijar que significa continuo.

SISS: De acuerdo al N° de muestras puntuales va a hacerse la medición. El registro se debe rescatar y mantener. Se propone explicitar una medición horaria.

- **AIDIS: Se debe revisar los valores de n° de las muestras y los rangos de volúmenes de descarga.**

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

Ajustar la redacción en pH, de forma que el párrafo cumpla con el objetivo de mantener un registro fiscalizable. SISS enviará propuesta al respecto.

Revisar análisis de caudales de Jorge Castillo. Estudio del DS 90. CONAMA enviará este análisis a la SISS. SISS:

Establecimientos que descargan sin tratamiento, la autoridad podrá disminuir la frecuencia de monitoreo. Enviarán antecedentes y propuesta al respecto.

**6. PUNTO 6.3.2: NÚMERO DE MUESTRAS**

• **NORMA VIGENTE:**

Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga.

i) Cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de al menos: Tres (3) muestras puntuales, en los casos en que la descarga tenga una duración inferior a cuatro (4) horas.

Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior o igual a cuatro (4) horas.

En cada muestra puntual se debe registrar el caudal del efluente.

• **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Título: Tipo y número de muestras:

Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga. Se exceptúan los controles de pH, temperatura, cloro residual y parámetros bacteriológicos, que se deben analizar sobre muestra puntual.

En el caso del resto de parámetros físico-químicos de control, cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de muestras puntuales proporcionales al caudal de descarga, el que deberá ser medido y registrado en cada recolección de muestra puntual.

El número de muestras puntuales a considerar para la composición, dependerá del tiempo de duración de la descarga de la siguiente manera:

i) Muestras puntuales horarias, si la descarga tiene una duración inferior a 4 horas.

ii) Muestras puntuales, obtenidas a lo más cada 2 horas, en los casos en que la descarga sea igual o superior a 4 horas.

• **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

AIDIS: Propone aclarar cuáles son muestras puntuales y cuales compuestas. Esto debe quedar claro, ya que muchos usan el muestreo automático.

SISS: Los laboratorios tienen problemas con este tema, ya que no hay claridades al respecto.

AIDIS: Los muestreadores que están bajo nivel, no toman los aceites y grasas que están a nivel superficial y viceversa.

SISS: No queda claro si la muestra debe ser compuesta por causa del muestreador automático.

AIDIS: Se estableció que los valores determinados para estas muestras puntuales, fueron medidos en base a muestra compuesta. Eso está en el expediente de la norma 411, donde hay estudios.

HOMSI: La muestra compuesta está en función del caudal hora a hora.

AIDIS: La muestras compuestas está en relación al caudal, pero las RCA están en base al caudal máximo.

• **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

El CLR, pH, Temperatura y Coliformes Fecales son muestras puntuales. Respecto a los otros parámetros que menciona la norma, será analizado por la SISS y DIRECTEMAR, si corresponde puntual o compuesto.

**7. PUNTO 6.3.2: NÚMERO DE MUESTRAS**

• **NORMA VIGENTE:**

La muestra puntual debe estar constituida por la mezcla homogénea de dos submuestras de igual volumen, extraídas en lo posible de la superficie y del interior del fluido, debiéndose cumplir con las condiciones de extracción de muestras indicadas en el punto 6.3.3. de esta norma.

• **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Eliminar este párrafo

• **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

Eliminar último párrafo referido a submuestras, ya que muchas descargas no llevan aguas residuales suficientes como para realizar la delicada operación de recolectar una muestra en superficie e interior del fluido.

Por otra parte, la utilización de equipos automáticos en la recolección de muestras, hace impracticable esta disposición. El muestreo manual puede tomar submuestras, pero no son comparables ni fiscalizables.

SISS: Esto es imposible fiscalizarlo y no se cumple.

AIDIS: Se podría especificar las submuestra para ciertos riles en las Resoluciones de Monitoreo.

• **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

Se elimina esta frase propuesta. Teniendo en cuenta que la autoridad competente podrá requerir condiciones de muestreo específico para determinado RIL. Esta indicación es para términos generales y no solo relativo a submuestras.

**8. PUNTO 6.3.3: CONDICIONES PARA LA EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y NÚMERO DE MUESTRAS**

**NORMA VIGENTE:**

Las condiciones sobre el lugar de análisis, tipo de envase, preservación de las muestras, tiempo máximo entre la toma de muestra y el análisis, y los volúmenes mínimos de muestras que deben extraerse, se someterán a lo establecido en la NCh 411/Of. 96, a las NCh 2313 y a lo descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed, 1995. TABLA N° 6 CONDICIONES DE EXTRACCION DE MUESTRAS

• **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Eliminar completamente este punto. En su lugar se propone dejar el punto con el título MEDICIÓN DEL CAUDAL y el párrafo siguiente:

La medición del caudal informado deberá efectuarse con las siguientes metodologías, de acuerdo al volumen de descarga:

i) Volumen de descarga menor a 30 m<sup>3</sup>/día. El caudal deberá estimarse a través del consumo de agua potable y de las fuentes propias.

ii) Volumen de descarga entre 30 a 300 m<sup>3</sup>/día, se deberá usar un equipo portátil con registro.

iii) Volumen de descarga mayor a 300 m<sup>3</sup>/día, se debe utilizar una cámara de medición y caudalímetro con registro diario.

Las muestras para los tres casos deberán ser compuestas proporcionales al caudal de la descarga. La autoridad competente, podrá autorizar otra metodología de medición del caudal, cuando la metodología señalada no pueda realizarse.

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

Se considera necesario eliminar completamente el texto y la tabla, ya que todos estos requerimientos están contenidos en NCh 411/10 of.2005, y ello queda explicitado en el punto 6.2.

Respecto a incluir en este punto el título "Medición de Caudal", se debe aclarar cual caudal se debe considerar para tomar la muestra compuesta. Se debe explicitar que es el caudal del momento en que se toma la muestra.

AIDIS: Propone cambiar el orden. Es necesario medir el caudal específico para la toma de muestra compuesta. Sin embargo, se deben distinguir los requerimientos de medición del caudal para la toma de muestras y para el control de la fuente emisora.

SISS: No hay cámara para muestrear caudal y eso trae problema con la medición que realizan los laboratorios.

EVYSA: Se requiere un párrafo específico que amarre los requerimientos para medición de caudal con la NCh411.

AIDIS: Se debe ser claro que debe existir una cámara para medir caudal.

Los MAP registran el consumo acumulado en el tiempo, no el caudal en el momento de recolectar las muestras puntuales. Se debiera explicar cuál es el caudal que se utilizará para generar la muestra compuesta.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

SISS propondrá una nueva redacción. Se deben complementar con aspectos técnicos la exigencia de la cámara para medir caudal.

#### 9. **PUNTO 6.4: RESULTADO DE LOS ANALISIS**

- **NORMA VIGENTE:**

6.4.1 Si una o más muestras durante el mes exceden los límites máximos establecidos en las tablas Nº 1, 2, 3, 4 y 5, se debe efectuar un muestreo adicional o remuestreo.

- **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Título 6.4: "Evaluación de cumplimiento de la norma"

Título 6.4.1: "Resultados de los análisis"

Si una o más muestras recolectadas durante un mes, para el control de la descarga de la fuente emisora, exceden los límites normados en la respectiva Tabla 1, 2, 3, 4 o 5 según sea el cuerpo receptor, se debe realizar un remuestreo. Este remuestreo es adicional al programa de autocontrol y debe efectuarse dentro de 15 días corridos, contados desde el momento de la recolección de la muestra que presentó la anomalía.

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

Se debe aclarar el momento en que se debe efectuar el remuestreo, en el entendido que el periodo establecido es suficiente para obtener el resultado de los análisis, incluso del más largo que es DBO5.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

Se acuerda el cambio propuesto.

#### 10. **PUNTO 6.4.1: RESULTADO DE LOS ANALISIS**

- **NORMA VIGENTE:**

6.4.1 Si una o más muestras durante el mes exceden los límites máximos establecidos en las tablas Nº 1, 2, 3, 4 y 5, se debe efectuar un muestreo adicional o remuestreo.

El remuestreo debe efectuarse dentro de los 15 días siguientes de la detección de la anomalía. Si una muestra, en la que debe analizarse DBO5, presenta además valores excedidos de alguno de los contaminantes: aceites y grasas, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cianuro, cobre, cromo (total o hexavalente), hidrocarburos, manganeso, mercurio, níquel, plomo, sulfato, sulfuro o zinc, se debe efectuar en los remuestreos adicionales la determinación de DBO5, incluyendo el ensayo de toxicidad, especificado en el anexo B de la norma NCh 2313/5 Of 96.

- **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Título 6.4: "Evaluación de cumplimiento de la norma"

Título 6.4.1: "Resultados de los análisis"

Si una o más muestras recolectadas durante un mes, para el control de la descarga de la fuente emisora, exceden los límites normados en la respectiva Tabla 1, 2, 3, 4 o 5 según sea el cuerpo receptor, se debe realizar un remuestreo. Este remuestreo es adicional al programa de autocontrol y debe efectuarse dentro de 15 días corridos, contados desde el momento de la recolección de la muestra que presentó la anomalía.

Se propone eliminar la cita a ensayo de toxicidad en remuestreo para DBO5,

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

Se debe aclarar el momento en que se debe efectuar el remuestreo, en el entendido que el periodo establecido es suficiente para obtener el resultado de los análisis, incluso del más largo que es DBO5.

Se elimina la cita de ensayo de toxicidad en remuestreo para DBO5, dado que en la actual norma del método NCh 2313/5-2005, ya no figura esta metodología, ni el anexo B mencionado.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

Se acuerda el cambio propuesto y eliminar el párrafo citado.

**11. PUNTO 6.4.2: RESULTADO DE LOS ANALISIS**

- **NORMA VIGENTE:**

No se considerarán sobrepasados los límites máximos establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5 del presente decreto:

a) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo una de ellas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en las referidas tablas.

b) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo un 10% o menos, del número de muestras analizadas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en esas tablas. Para el cálculo del 10% el resultado se aproximará al entero superior.

Para efectos de lo anterior en el caso que el remuestreo se efectúe al mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se tomaron las muestras excedidas.

- **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

6.4.2 Criterios de cumplimiento.

La verificación del cumplimiento del presente decreto, se realizará sobre la base de una evaluación mensual de los resultados de los análisis derivados del autocontrol.

La evaluación mensual debe considerar tanto las muestras de autocontrol, como los remuestreos correspondientes. Para estos efectos en caso que un cierto remuestreo se



efectúe el mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se detectaron las muestras excedidas.

Se considerará cumplimiento de los requisitos en los siguientes casos:

- i) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo 1 de ellas excede en uno o más contaminantes hasta el doble del valor normado en la respectiva tabla.
- ii) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, máximo un 10% de ellas excede en uno o más contaminantes hasta el doble del valor normado en la respectiva tabla. Para el cálculo de este porcentaje el resultado se aproxima al entero superior.

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

Se considera necesario aclarar el texto de letras a) y b), así como del último párrafo, dado que se ha observado que en la práctica no siempre los remuestreos son incluidos el mismo mes, especialmente cuando se debe recolectar sólo 1 muestra mensual y el control se realiza en los últimos días del mes calendario. Los resultados son mensuales.

DIRECTEMAR: Esto dependerá de los contratos con los laboratorios. Una cosa es la fiscalización y otra es el monitoreo de la fuente emisora.

AIDIS: Los laboratorios usualmente entregan a los 10 días los resultados. Todo depende de los contratos. La DBO demora 5 días. Si no se ponen plazos, entonces no tiene sentido la norma. Los industriales con autocontrol tienen resultados el mismo día. Una cosa es la toma de muestra y otro es la obtención de los resultados. Pueden tomar una muestra hoy y realizar el análisis un mes después, por que la norma no lo especifica.

SISS: Hoy en día no se exige el remuestreo. Cuando se toma una muestra al mes, se debe analizar el remuestreo, que es para el caso de empresas pequeñas con caudales menores. Hoy el remuestreo queda contiguo a la muestra siguiente y esto no tiene sentido.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

Este tema va a ser analizado por la SISS y DIRECTEMAR.

## **12. PUNTO 6.4.2: RESULTADO DE LOS ANALISIS**

- **NORMA VIGENTE:**

No se considerarán sobrepasados los límites máximos establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5 del presente decreto:

- a) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo una de ellas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en las referidas tablas.
- b) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo un 10% o menos, del número de muestras analizadas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en esas tablas. Para el cálculo del 10% el resultado se aproximará al entero superior.

Para efectos de lo anterior en el caso que el remuestreo se efectúe al mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se tomaron las muestras excedidas.

- **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Se considera necesario agregar letra c): El 100% de excedencia del límite máximo normado, no es aplicable a los parámetros pH, T° y cloro residual (en caso de agregar este parámetro a los regulados por DS-90).

necesario agregar letra d) para coliformes fecales

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

En atención a que la norma debe ser autosuficiente y no requerir de disposiciones complementarias o futuras interpretaciones de los organismos fiscalizadores, para poder evaluar su cumplimiento

Al respecto el grupo de trabajo de la comisión 3 presentes en esta reunión, emite los siguientes comentarios:

El actual valor de 104 (sugerido por la SISS), que equivale a un salto en la escala logarítmica, no se desprende matemáticamente al aplicar el doble al valor normado de 103, ni como valor absoluto ni como distribución log, forma en que las concentraciones de microorganismos obedecen a una distribución normal.

Dado que el valor de NMP (Número más probable) es una aproximación probabilística de la real concentración de microorganismos posible de encontrar en una determinada muestra de agua residual, es necesario considerar sus límites de confianza (95%) inferiores y superiores, dados por las mismas normas NCh 2313/22 y NCh 2313/23 de métodos de ensayo. Así se tiene que el valor 900 corresponde a una combinación de tubos positiva de 553 y está entre 300 y 2900, por tanto también podría interpretarse como excedencia subir el grado de contaminación en un nivel de la tabla de NMP, vale decir combinación de tubos positiva de 554 correspondiente a 1600 que está entre 600 y 5300 CF/100 ml, que matemáticamente si es aproximadamente equivalente a multiplicar por 2 el valor normado de 103.

En caso de mantener el valor 104, o establecer cualquier otro valor, este debiera aparecer expresamente en DS-90 y ser aplicado como un criterio común de cumplimiento por todos los organismos fiscalizadores que tienen ingerencia en la norma.

Adicionalmente habría que establecer claramente el valor permitido de excedencia para 70 NMP/100ml regulado en Tabla 3 y Tabla 4.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

SISS presentará propuesta al respecto, considerando lo planteado en esta reunión.

**13. PUNTO 6.5: METODOS DE ANALISIS**

- **NORMA VIGENTE:**

Listado de Nch aplicables a la norma.

- **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN:**

Citar la referencia como serie de normas chilenas oficiales NCh 2313 "Aguas Residuales. Métodos de Análisis", sin indicar año ni número, de manera que c/u pueda actualizarse en forma independiente y no se señale referencias que puedan ir quedando obsoletas con el tiempo.

- **FUNDAMENTOS DEL CAMBIO:**

La serie NCh 2313 compuesta por 33 normas, debe revisarse a la par de DS-90. No tiene sentido modificar límites máximos permisibles o introducir nuevos parámetros, si no hay revisión de normas que ya tienen más de 10 años y en las cuales falta definir criterios específicos de aseguramiento de calidad, verificación de desempeño de métodos y calidad analítica de resultados.

La comisión identificó 8 de estas normas como las más urgentes de revisar, ellas son: PE, DQO, NKT, P, CN, Cr, Índice de fenol, A y G.

Se recomendó a CONAMA solicitar oficialmente este trabajo al INN, estando a la fecha financiada la actualización de 3 de ellas: Poder espumógeno, NKT y Fósforo.

- **ACUERDO GRUPO TEMÁTICO:**

CONAMA realizará la consulta a jurídica para analizar la factibilidad de esta propuesta.

**OTROS:**

**COMPROMISOS ADOPTADOS:**

**CONAMA HIDRICA:**

- Enviara propuesta a los asistentes para su análisis

**SISS**

- Enviará nueva propuesta de redacción, considerando los puntos tratados y acordados en esta reunión.

**DOCUMENTO DE TRABAJO**  
**REUNIÓN TEMÁTICA "CONTROL Y MONITOREO"**  
**22 DE ABRIL 2009**

Documento elaborado por Elizabeth Echeverria- AIDIS  
Representante Comité Ampliado de la norma

## **6. Procedimientos de Monitoreo y control**

Punto 6.1: Control de la norma  
No hay sugerencias.

Punto 6.2: Consideraciones generales para el monitoreo  
En el tercer párrafo, hacer referencia exclusivamente a NCh 411/10, en atención a que dicha norma en su versión actualizada establece todos los requerimientos y directrices necesarias. Debería quedar:

"Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en la norma chilena oficial NCh 411/10 of.2005 Parte 10: Muestreo de Aguas Residuales. Recolección y manejo de las muestras".

Punto 6.3: Condiciones específicas para el monitoreo  
En el punto 6.3.1, se considera que al indicar "o", no queda claro el momento de la recolección, ya que existen empresas como la agroindustria cuyos peak de producción se reducen a un lapso de tiempo pequeño y que no necesariamente corresponden al máximo caudal de descarga.  
Debería quedar:

### **6.3.1 Frecuencia de monitoreo**

El número de días en que la fuente emisora realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga, de acuerdo a lo que establezca la resolución de monitoreo.

AIDIS: Dudas respecto a que la tabla dice una cosa y las resoluciones de monitoreo otra. Da la opción a la autoridad de exigir frecuencias mayores.

SISS: Es lógico que al decir mínimo, la autoridad puede exigir algo superior.

El N° de frecuencias sobre quién pesa?. Distinguir entre la frecuencia de control y autocontrol. Es complejo definir una frecuencia de control al estado.

Adicionalmente poner una frase aclaratoria bajo la tabla, quedando:

El organismo fiscalizador podrá determinar una frecuencia de monitoreo superior al número mínimo de días indicado en tabla anterior, indicando el periodo de duración de este sobre muestreo, según situación particular de cada fuente emisora.

El número mínimo de días de control anual, debe distribuirse mensualmente -----.

Para aquellas fuentes emisoras que neutralizan sus Riles mejorar el texto sobre control de pH y para mayor claridad cambiar de ubicación este texto al final de 6.2, quedando:

Para aquellas fuentes emisoras que neutralizan sus residuos líquidos, se requerirá medición continua de pH, con pH metro en línea y un sistema captador de datos con registrador.

En el punto 6.3.2, se considera necesario aclarar el texto quedando:

### **6.3.2 Tipo y número de muestras**

Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga. Se exceptúan los controles de pH, temperatura, cloro residual y parámetros bacteriológicos, que se deben analizar sobre muestra puntual.

En el caso del resto de parámetros físico-químicos de control, cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de muestras puntuales proporcionales al caudal de descarga, el que deberá ser medido y registrado en cada recolección de muestra puntual.

El número de muestras puntuales a considerar para la composición, dependerá del tiempo de duración de la descarga de la siguiente manera:

- i) Muestras puntuales horarias, si la descarga tiene una duración inferior a 4 horas.
- ii) Muestras puntuales, obtenidas a lo más cada 2 horas, en los casos en que la descarga sea igual o superior a 4 horas.

Eliminar último párrafo referido a submuestras, ya que muchas descargas no llevan aguas residuales suficientes como para realizar la delicada operación de recolectar una muestra en superficie e interior del fluido. Por otra parte, la utilización de equipos automáticos en la recolección de muestras, hace impracticable esta disposición.

En el punto 6.3.3 actual, se considera necesario eliminar completamente el texto y la tabla, ya que todos estos requerimientos están contenidos en NCh 411/10 of.2005, y ello queda explicitado en 6.2.

Dejar como 6.3.3 lo siguiente:

### **6.3.3 Medición de caudal**

La medición de caudal informado deberá efectuarse-----.

- i) Volumen de descarga menor a 30 m<sup>3</sup>/día, el caudal deberá estimarse a través del consumo de agua potable y de las fuentes propias.

**Observación:**

Los MAP registran el consumo acumulado en el tiempo, no el caudal en el momento de recolectar las muestras puntuales. Se debiera explicar cuál es el caudal que se utilizará para generar la muestra compuesta.

**Punto 6.4 "Evaluación de cumplimiento de la norma"****Punto 6.4.1: "Resultados de los análisis"**

Aclarar el momento en que se debe efectuar el remuestreo, en el entendido que el periodo establecido es suficiente para obtener el resultado de los análisis, incluso del más largo que es  $DBO_5$ .

La redacción propuesta queda como sigue:

Si una o más muestras recolectadas durante un mes, para el control de la descarga de la fuente emisora, exceden los límites normados en la respectiva Tabla 1, 2, 3, 4 o 5 según sea el cuerpo receptor, se debe realizar un remuestreo. Este remuestreo es adicional al programa de autocontrol y debe efectuarse dentro de 15 días corridos, contados desde el momento de la recolección de la muestra que presentó la anomalía.

**Punto 6.4.1:**

Eliminar la cita a ensayo de toxicidad en remuestreo para  $DBO_5$ , dado que en la actual norma del método NCh 2313/5-2005, ya no figura esta metodología, ni el anexo B mencionado.

**Punto 6.4.2: "Criterios de cumplimiento"**

Se considera necesario aclarar el texto de letras a) y b), así como del último párrafo, dado que se ha observado que en la práctica no siempre los remuestreos son incluidos el mismo mes, especialmente cuando se debe recolectar sólo 1 muestra mensual y el control se realiza en los últimos días del mes calendario. La redacción propuesta queda como sigue:

La verificación del cumplimiento del presente decreto, se realizará sobre la base de una evaluación mensual de los resultados de los análisis derivados del autocontrol.

La evaluación mensual debe considerar tanto las muestras de autocontrol, como los remuestreos correspondientes. Para estos efectos en caso que un cierto remuestreo se efectúe el mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se detectaron las muestras excedidas.

Se considerará cumplimiento de los requisitos en los siguientes casos:

- a) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo 1 de ellas excede en uno o más contaminantes hasta el doble del valor normado en la respectiva tabla.

- b) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, máximo un 10% de ellas excede en uno o más contaminantes hasta el doble del valor normado en la respectiva tabla. Para el cálculo de este porcentaje el resultado se aproxima al entero superior.

Punto 6.4.2: "Criterios de cumplimiento"

Se considera necesario agregar letra c):

- c) El 100% de excedencia del límite máximo normado, no es aplicable a los parámetros pH, T° y cloro residual (en caso de agregar este parámetro a los regulados por DS-90).

Punto 6.4.2: "Criterios de cumplimiento"

En atención a que la norma debe ser autosuficiente y no requerir de disposiciones complementarias o futuras interpretaciones de los organismos fiscalizadores, para poder evaluar su cumplimiento, es necesario agregar letra d):

- d) En el caso de coliformes fecales, el 100% de excedencia se entiende como:  
.....

Al respecto el grupo de trabajo de la comisión 3 presentes en esta reunión, emite los siguientes comentarios:

- El actual valor de  $10^4$  (sugerido por la SISS), que equivale a un salto en la escala logarítmica, no se desprende matemáticamente al aplicar el doble al valor normado de  $10^3$ , ni como valor absoluto ni como distribución log, forma en que las concentraciones de microorganismos obedecen a una distribución normal.
- Dado que el valor de NMP (Número más probable) es una aproximación probabilística de la real concentración de microorganismos posible de encontrar en una determinada muestra de agua residual, es necesario considerar sus límites de confianza (95%) inferiores y superiores, dados por las mismas normas NCh 2313/22 y NCh 2313/23 de métodos de ensayo. Así se tiene que el valor 900 corresponde a una combinación de tubos positiva de 553 y está entre 300 y 2900, por tanto también podría interpretarse como excedencia subir el grado de contaminación en un nivel de la tabla de NMP, vale decir combinación de tubos positiva de 554 correspondiente a 1600 que está entre 600 y 5300 CF/100 ml, que matemáticamente si es aproximadamente equivalente a multiplicar por 2 el valor normado de  $10^3$ .

- En caso de mantener el valor  $10^4$ , o establecer cualquier otro valor, este debiera aparecer expresamente en DS-90 y ser aplicado como un criterio común de cumplimiento por todos los organismos fiscalizadores que tienen ingerencia en la norma.
- Adicionalmente habría que establecer claramente el valor permitido de excedencia para 70 NMP/100ml regulado en Tabla 3 y Tabla 4.

#### Punto 6.5 Métodos de análisis:

Citar la referencia como serie de normas chilenas oficiales NCh 2313 "Aguas Residuales. Métodos de Análisis", sin indicar año ni número, de manera que c/u pueda actualizarse en forma independiente y no se señale referencias que puedan ir quedando obsoletas con el tiempo.

La serie NCh 2313 compuesta por 33 normas, debe revisarse a la par de DS-90. No tiene sentido modificar límites máximos permisibles o introducir nuevos parámetros, si no hay revisión de normas que ya tienen más de 10 años y en las cuales falta definir criterios específicos de aseguramiento de calidad, verificación de desempeño de métodos y calidad analítica de resultados.

La comisión identificó 8 de estas normas como las más urgentes de revisar, ellas son: PE, DQO, NKT, P, CN, Cr, Índice de fenol, A y G.

Se recomendó a CONAMA solicitar oficialmente este trabajo al INN, estando a la fecha financiada la actualización de 3 de ellas: Poder espumógeno, NKT y Fósforo.

#### 6.5 Métodos de análisis:

Debieran definirse los criterios mínimos de desempeño analítico respecto a límite de detección, precisión y exactitud de resultados, a cumplir por los laboratorios en la ejecución de los distintos métodos de aguas residuales, tomando como modelo el Manual SISS 2007 para Agua Potable que exigió estos aspectos.

Estas exigencias tienden a mejorar reproducibilidad de resultados a nivel nacional y disminuir la disparidad entre los distintos laboratorios que se observa hoy.

Al respecto la SISS, ha definido establecer estas exigencias mediante un estudio a desarrollar durante el año 2009.

#### 6.6 Metodología de análisis para la determinación de calidad de aguas tratadas con presencia de microalgas:

Se propuso eliminar completamente el punto 6.6, en atención a que no corresponde que aparezca en una norma de requisitos un detalle metodológico de determinación analítica.

Por otra parte, esta metodología para descuento algal fue incluida en la norma de método de DBO5 NCh 2313/5, en su versión actualizada del año 2005.



La misma modalidad debiera adoptarse para NCh 2313/3 SST, en caso que realmente se vaya a permitir el descuento por concepto de la presencia de microalgas para este parámetro.

Esta flexibilidad y el uso de la clorofila como forma de control para obtener la correlación, debiera ser discutida y analizada como un punto relevante dada la experiencia real en su aplicación en estos años, la modernización en los tratamientos y que de alguna manera se contradice con el hecho de que "los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda", exigido en punto 6.5 anterior.



GBIERNODECHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

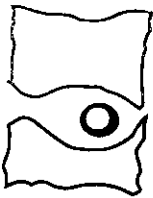
DIRECCIÓN EJECUTIVA  
DEPTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
ÁREA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA

LISTA DE ASISTENCIA: REUNIÓN "METODOS DE MEDICIÓN Y CONTROL", PROCESO DE REVISIÓN DS90.  
Fecha: MIÉRCOLES 22 ABRIL 2009  
Hora inicio: 10:30 hrs  
Lugar: CONAMA, PISO 4  
Hora Fin: 13:00 hrs

| N° | Nombre                 | Institución         | Teléfono/Fax | e. mail                    | Firma |
|----|------------------------|---------------------|--------------|----------------------------|-------|
| 1  | Nancy Villavieja       | DIRECCIÓN EJECUTIVA | 032-2208328  | n.villavieja@directemar.cl |       |
| 2  | Carolina Valdovinos J. | DIRECCIÓN EJECUTIVA | 032-2208376  | cvaldevinh@directemar.cl   |       |
| 3  | Lorena Carralho        | SISS                | 3824176      | lorcarralho@sis.cl         |       |
| 4  | Gabriel Zamorano       | SISS                | 3824172      | gzamorano@sis.cl           |       |
| 5  | Roberto Honorio        | KRYSTAL             | 7320209      | RHONER@KRISTAL.CL          |       |
| 6  | Carmen Pereira         | CONAMA              | 2405679      | carmen@conama.cl           |       |
| 7  | Mauricio Cepeda        |                     |              |                            |       |
| 8  | Mario Alejandro        | SISS                |              |                            |       |
| 9  | Maria Pía Mena         | AMIS - Ude Chile    |              | mmena@ing.uchile.cl        |       |
|    | Claudia Golleguillos   | CONAMA              | 2405706      | cgolleguillos@conama.cl    |       |

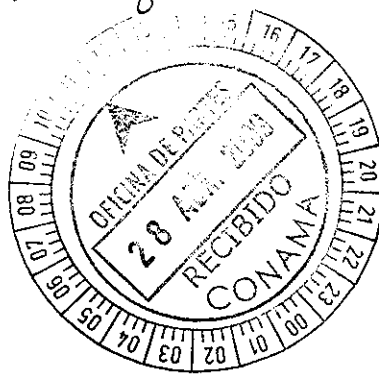
332890

**ASIPNOR**



ASOCIACION DE ARMADORES  
E INDUSTRIALES PESQUEROS  
DEL NORTE GRANDE I Y II  
REGION A.G.

cc. AW 3158



002890

Iquique, 24 de Abril de 2009

Señor  
Alvaro Sapag Ravejic  
Director Ejecutivo  
Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Presente

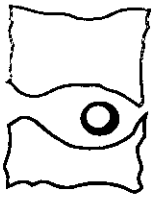
**Ref.: Hace llegar antecedentes dentro del proceso de  
revisión del D.S. N° 90 de 2000 del Ministerio Secretaría  
General de la Presidencia.**

De nuestra mayor consideración:

En el marco del proceso de revisión del D.S. N° 90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que estableció la Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales, nuestra Asociación Gremial, ASIPNOR A.G. fue invitado a participar en el Comité Ampliado habiendo además integrado los Grupos de Trabajo de Monitoreo y Control y el Grupo de Descargas al Mar, que CONAMA constituyo para canalizar las opiniones de los gremios interesados en la norma.

Las empresas que constituyen nuestra Asociación han trabajado por largos años en el mejoramiento de la calidad de sus procesos productivos y por ende en emitir residuos industriales líquidos al mar que no afecten el ecosistema marino situación que la Autoridad Marítima conoce, ya que hace más de 15 años mantenemos un Programa de Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor (PMEIA) y un continuo monitoreo de las emisiones líquidas que las empresas asociadas vierten al mar.

En virtud de nuestra amplia experiencia acumulada en estos años de trabajo es que creemos podemos aportar a la revisión de la actual Norma de emisión con antecedentes e ideas que la hagan más operativa y eficaz.  
Dado el hecho de que nuestras empresas asociadas todas realizan sus vertimientos al mar es que nuestros comentarios se centran en los efectos que esta revisión tiene en la tabla 5, que es la que aplica a nuestro caso.



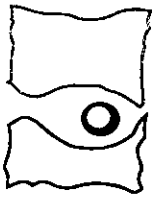
### Límites de Emisión Tabla 5.

Las empresas han realizado cuantiosas inversiones que partieron en 1994 con la entrega de un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) el que contemplo una serie de acciones concretas asociadas a un plan de mitigación de la contaminación marina en el marco del Ordinario DGTM 12.600/550 y posteriormente con la entrada en vigencia del DS 1 (M) del Ministerio de Defensa Nacional. Ello implicó la construcción de emisarios submarinos, la incorporación de sistemas de bombeo de alta eficiencia que mejoraron significativamente la condición ambiental del cuerpo receptor.

A fines de los años 90 nuestra Asociación inició una serie de investigaciones sobre tecnologías de tratamiento de riles pesqueros en el marco de un Proyecto de Investigación FONDEF con participación de la Universidad Arturo Prat y de Corpesca S.A., que culminaron con el diseño de un sistema piloto de tratamiento del ril pesquero donde se establecieron las bases científicas y técnicas para el desarrollo e implementación en las plantas de sistemas de tratamiento de efluentes hoy día en operación en la totalidad de las empresas asociadas, lo que significó realizar una inversión de más de 40 millones de dólares en estas nuevas tecnologías.

Todo este esfuerzo en pos de la mejora de la calidad de las aguas y del medio ambiente, ha permitido cumplir con los valores de emisión establecidos en el DS 90. Los estudios que nuestra Asociación ha llevado a cabo respecto de la calidad de las aguas del cuerpo receptor, que están en poder de la Autoridad Marítima y dan cuenta de los cambios sustanciales en la calidad de las aguas marinas en aquellos lugares en que las empresas efectúan sus descargas al mar, situándolas en un nivel de Clase 1 de acuerdo a la Guía de Calidad de Aguas de CONAMA, lo cual indica que el esfuerzo hecho ha dado los resultados esperados, teniendo aguas de óptima calidad en las principales bahías del Norte Grande.

Por ende plantear una revisión de los actuales parámetros en las Tabla 5 no tiene una justificación lógica ni esta avalada por la extensa información acumulada en estos años de aplicación de la Norma de emisión en comento, por lo que a nuestro juicio cualesquier cambio va a significar un aumento de los costos operacionales en las empresas sin que ello logre mejores resultados que los obtenidos a la fecha, generando además posibles externalidades negativas en otros sectores tales como la disposición final de residuos peligrosos.



Queremos en el ánimo de fundamentar mejor nuestra petición de no innovar entregar a Uds. el estudio encomendado por nuestra Asociación al Consultor Ambiental Sr. José Pineda M.PH de la Universidad de Southampton (U.K.) denominado: *“Análisis del Efecto del Tratamiento del RIL Generado por la Industria Pesquera en la Calidad del Agua del Cuerpo Receptor en las Regiones XV, I y II. Caso CORPESCA S.A.”*, el cual da cuenta de lo anteriormente señalado.

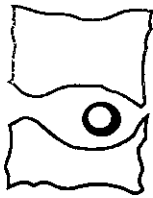
Es interesante recalcar que este estudio concluye que:

*“En razón de lo expuesto se puede concluir que los tratamientos de los efluentes que CORPESCA S. A. realiza en las plantas a partir de la entrada en vigencia del DS 90 han contribuido a mejorar notablemente la calidad de las aguas del cuerpo receptor, con un mínimo efecto en el ambiente marino y por tanto, fijando la calidad en Clase 1.”*

Con ello solo se esta reconociendo que la tecnología de tratamiento de riles que nuestras empresas asociadas tienen hoy en día en la industria reductora de harina y aceite de pescado es la más moderna conocida, y se constituye en el Standard nacional e internacional en esta materia.

Sin embargo es bien sabido que en materia de control de la contaminación ambiental existen límites, que están dados por las máximas eficiencias de recuperación de los sistemas de tratamiento, que bordean el 95% de eficiencia en nuestro caso, situación similar a lo que ocurre en los sistemas de control de la calidad del aire.

En base a ello pensamos que en el proceso de Revisión de la actual Norma de emisión se debe considerar que al modificar la Tabla 5 que implica bajar los límites de emisiones de Sólidos Suspendidos Totales de 700 mg/l a 300 mg/l, la de los Sólidos Sedimentables de 50 mg/l/h a 20 mg/l/h y la de Aceites y Grasas de 350 mg/l a 150 mg/l, se estará en una situación en la cual en ciertas circunstancias naturales propias de la actividad pesquera, como son los efectos derivados de fenómenos oceanográficos como el Niño, como de la presencia de blooms de plancton en las llamadas mareas rojas o bien por un aumento de la actividad enzimática de la pesca, los sistemas actuales de tratamiento no serán capaces de cumplir los nuevos límites de emisión en el 100% de los casos, en especial en estas situaciones de emergencia ambiental oceanográfica, con los consiguientes problemas para las empresas a pesar de la fuerte inversión realizada en las plantas de tratamiento, enfrentando entonces sanciones que incluso pueden acarrear el cierre de las plantas de proceso.



Teniendo en cuenta esta alta variabilidad del océano del Norte Grande, que influye directamente en la calidad de los riles, nuestras empresas están en un plan de inversiones adicionales a las ya realizadas cuyo monto es superior a los 10 millones de dólares, las cuales tienen por objetivo dar mayor confiabilidad a la respuesta de nuestros sistemas ante situaciones tales como las planteadas anteriormente, pero a pesar del uso de las mejores tecnologías disponibles no podremos garantizar el 100% de cumplimiento de la norma si se restringen los parámetros de ésta a los propuestos por el Comité Operativo, pero si podremos responder adecuadamente y en el 100% de la oportunidades si se mantienen los límites actualmente vigentes de la norma, ante situaciones extraordinarias.

Es por ello que estamos solicitando mantener los límites actualmente vigentes de emisión contenidos en la norma, en especial aquellos de la Tabla 5, es decir Aceites y Grasas en 350 mg/l, Sólidos Suspendidos Totales en 700 mg/l y Sólidos Sedimentables en 50 ml/l/h.

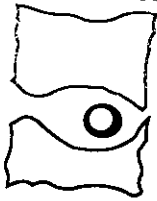
Estamos adjuntando un Informe Técnico preparado por nuestros profesionales, en el cual se hace un análisis de aspectos que dan soporte técnico a nuestra solicitud.

Los límites actualmente vigentes de los parámetros antes mencionados, la industria pesquera del Norte Grande los cumple en el 100% de los casos, como consta en los registros de los monitoreos entregados por la industria a la Autoridad Marítima luego de haberse implementado las tecnologías óptimas de tratamiento, pero con los nuevos valores propuestos no va a ser esto posible, representando un freno a la actividad productiva lo que se va a traducir en cierre de plantas y por ende en una mayor cesantía en la región norte del país, sin que exista un mayor beneficio al ecosistema marino.

Aprovechamos la oportunidad para informarles que hemos conversado este tema con la Dirección de Intereses Marítimos, en reunión sostenida el viernes 3 de abril pasado, reunión en la que asistió ASIPNOR A.G. y SONAPESCA, estando presentes el Director de Dirinmar, Capitán de Navío LT Ricardo Boke Friederichs y el Jefe de Servicio de Medio Ambiente Acuático de esa repartición Capitán de Navío LT, Juan Berasaluse Astudillo, oportunidad en la cual tomaron conocimiento de nuestros planteamientos, y sugirieron hacerlos presentes al Comité Operativo.

Pensamos que además, este no es el mejor momento en desincentivar la actividad económica en la zona norte del país, máxime si esta es una zona limítrofe en la cual están en cuestionamientos aspectos tan importantes como lo es nuestra soberanía marítima.

**ASIPNOR**



ASOCIACION DE ARMADORES  
E INDUSTRIALES PESQUEROS  
DEL NORTE GRANDE I Y II  
REGION A.G.

502903

Quedamos a vuestra disposición para entregar toda la información adicional que se requiera en soporte de nuestra petición y esperando poder tener la oportunidad de exponer la problemática planteada en una reunión con el Comité Sectorial correspondiente del Comité Operativo a la brevedad posible.

Le saludan atentamente a Ud.

**ANDRÉS MONTALVA LAVANDERO**  
Gerente ASIPNOR A.G.

**JOSÉ R. CAÑÓN CANALES**  
Representante ASIPNOR A.G.  
Ante el Comité Ampliado

c.c. Sr. Hans Willumsen Alende ✓  
Archivo

# TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA PESQUERA DEL NORTE GRANDE.

## I. INTRODUCCIÓN.

La industria pesquera reductora del Norte Grande ha operado por más de cincuenta años en la zona comprendida entre el límite de nuestro país con Perú y el límite Sur de la Segunda Región. Durante todos estos años esta industria ha sido un polo de desarrollo de las ciudades en las cuales se encuentra, contribuyendo de manera preponderante a la actividad económica local.

Actualmente la industria se encuentra operando en las ciudades de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones, dando empleo estable a 5178 personas, constituyéndose en una de las escasas actividades económicas del extremo Norte con ventajas comparativas a nivel mundial.

A principios de los años 90 la Industria Pesquera inició un programa de estudios e inversiones para mejorar la calidad ambiental de las aguas de los cuerpos receptores en donde se ubican sus plantas.

En conjunto con la Autoridad Marítima se desarrolló un programa de trabajo el cual finalmente se materializó de acuerdo a lo que se indica a continuación:

### 1.- Estudios, Monitoreo y Control de los riles:

- Evaluación de Impacto Ambiental, Julio 1993, Universidad Arturo Prat
- Evaluación de Impacto Ambiental, Abril 1994, Tecnolab S.A y CICA Consultores.
- Monitoreo de parámetros más relevantes de los riles pesqueros a partir de 1995
- Monitoreo del Cuerpo Receptor a partir de 1995



## 2.- Tecnología empleada

Sistemas de descarga de pescado:

Se cambiaron todos los sistemas de descarga de pescado por sistemas que mejoraron la calidad de la pesca y redujeron el volumen de los riles a tratar, utilizando actualmente sistemas de desplazamiento positivo (presión-vacío, Marvac) y bombeo de alta eficiencia (Lamella) disminuyendo de esta forma considerablemente las emisiones.

Sistemas de filtración:

Se reformuló toda la estrategia de captación y recuperación de riles y sólidos, mejorando la eficiencia del tratamiento de riles e incorporando equipamiento de mejor eficiencia, tales como nuevos sistemas recuperadores rotatorios de sólidos y racionalización de los circuitos de riles.

Emisarios Submarinos

Todas las empresas instalaron emisarios submarinos que descargan sus riles fuera de la Zona de Protección de Litoral, en puntos de vertimiento autorizados por la Autoridad Marítima, los que garantizan una adecuada dilución del ril.

Plantas de Tratamiento

La industria pesquera inició el tratamiento de sus riles en el año 1996 mediante la puesta en marcha de sistemas de flotación física.

Con posterioridad a ello y mediante un proyecto realizado bajo los auspicios de FONDEF se establecieron en conjunto con CORPESCA S.A. y la Universidad Arturo Prat de Iquique, las bases técnicas para el sistema de tratamientos físico químico de los riles pesqueros del Norte Grande, instalándose una planta piloto en la plata pesquera de Corpesca Iquique.

Una vez que terminó exitosamente el estudio anterior, se procedió a la instalación en todas las plantas pesqueras de la zona de sistemas de flotación físico química por aire disuelto (DAF), las cuales incorporan el tratamiento de lodos que son reciclados y devueltos al proceso resultando así en una tecnología muy limpia.

Actualmente cada una de las plantas cuenta con un completo sistema de tratamiento de riles pesqueros independiente, lo que le da gran robustez operacional al no depender exclusivamente de un solo punto de tratamiento central.

## **II. Inversiones**

Para dar cumplimiento al programa de inversiones antes señalado la industria destinó más de 40 millones de dólares y espera invertir otros 10 millones de dólares en el transcurso de este año y el siguiente, completando un programa de 50 millones de dólares para el mejoramiento medioambiental de las bahías en que opera nuestra industria. Estas inversiones están programadas fundamentalmente para prevenir los efectos derivados ante alteraciones medioambientales tales como efectos derivados de El Niño u otros.

## **III. Eficiencia del Tratamiento**

Todos los sistemas de tratamiento de efluentes tienen una eficiencia máxima de tratamiento. En el caso de la industria pesquera los sistemas implementados tienen una eficiencia de entre un 90% a un 95% para sólidos suspendidos, y aceites y grasas, en condiciones normales de operación.

Dado que fenómenos oceanográficos como el Niño, blooms de plancton en las llamadas mareas rojas o bien por un aumento de la actividad enzimática de la pesca es posible tener altos niveles de sólidos y grasas, derivados de cambios en la composición de la materia prima, resulta imposible tener un ril de entrada al tratamiento que presente condiciones estables en su composición siendo por ende los resultados del tratamiento muy fluctuantes.

Por ejemplo: entrando con 14.000 ppm de sólidos suspendidos, que es el mayor nivel detectado a la fecha de esta variable a los sistemas de tratamientos DAF, se logra un ril final con valores cercanos a los 700 ppm con un 95% de eficiencia.

Lo anterior también se refleja en la variabilidad que tienen los resultados de los PVA's como se observa en las siguientes tablas:

COMPORTAMIENTO RILES DE PLANTAS ASIPNOR A.G.  
PERIODOS AÑOS 2007 - 2008

PARAMETRO : ACEITES Y GRASAS

| PLANTA      | Nº Registros | Límite Detección (L.D.) | Mínimo | Máximo | Promedio (mg/L) | Máx. Norma Borrador 7 | Parámetro fuera borrador 7 | Probabilidad fuera norma borrador 7 | Coefficiente de Variación | Observación                                 |
|-------------|--------------|-------------------------|--------|--------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|
| ARICA       | 37           | <10                     | <10    | 236    | 43              | 150                   | 2                          | 5.41%                               | 1.31                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| IQUIQUE     | 45           | <10                     | <10    | 150    | 32              | 150                   | 0                          | 0.00%                               | 1.16                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| ANTOFAGASTA | 32           | <10                     | <10    | 179    | 42              | 150                   | 2                          | 6.25%                               | 1.13                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| TOTAL       | 114          | <10                     | <10    | 236    | 38              | 150                   | 4                          | 3.51%                               | 1.22                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |

PARAMETRO : SOLIDOS SEDIMENTABLES

| PLANTA      | Nº Registros | Límite Detección (L.D.) | Mínimo | Máximo | Promedio (mg/L) | Máx. Norma Borrador 7 | Parámetro fuera borrador 7 | Probabilidad fuera norma borrador 7 | Coefficiente de Variación | Observación                                 |
|-------------|--------------|-------------------------|--------|--------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|
| ARICA       | 20           | <0,1                    | 0.1    | 9      | 2.29            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 1.22                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| IQUIQUE*    | 7            | <0,1                    | 0.1    | 7      | 1.26            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 2.02                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| ANTOFAGASTA | 29           | <0,1                    | <0,1   | 13     | 2.09            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 1.65                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| TOTAL       | 56           | <10                     | 0,1    | 13     | 2.02            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 1.48                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |

\* Cambio en resolución de monitoreo dejó fuera este parámetro.

**PARAMETRO : SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

| REGION       | Nº Registros | Límite Detección (L.D.) | Mínimo       | Máximo     | Promedio (mg/l) | Máx. Norma Borrador 7 | Parámetro fuera Borrador 7 | Probabilidad fuera norma borrador 7 | Coefficiente de Variación | Observación  |
|--------------|--------------|-------------------------|--------------|------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|
| ARICA        | 37           | <5                      | <5           | 523        | 239             | 300                   | 12                         | 32.43%                              | 0.73                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa        |
| IQUIQUE      | 45           | <5                      | 6.5          | 650        | 238             | 300                   | 14                         | 31.11%                              | 0.92                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa        |
| ANTOFAGASTA  | 32           | <5                      | 13           | 520        | 207             | 300                   | 8                          | 25.00%                              | 0.97                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa        |
| <b>TOTAL</b> | <b>114</b>   | <b>&lt;5</b>            | <b>&lt;5</b> | <b>650</b> | <b>243</b>      | <b>300</b>            | <b>34</b>                  | <b>29.82%</b>                       | <b>0.86</b>               | <b>Datos Heterogeneos, Media no representativa</b> |

Fuente: elaboración a partir de los PVA's respectivos

NOTA : Los datos obtenidos corresponden a resultados de monitoreos realizados entre los años 2007 y 2008

Maximo Norma : Límite máximo permitido por norma según Borrador 7 DS 90

Probabilidad (X/N) : Probabilidad de ocurrencia que el resultado del parámetro este por fuera de lo permitido según borrador 7 del DS 90.

Límite Detección (L.D.) : Límite mínimo detectado por la metodología del análisis.

Coefficiente Variación ( ) :  $N < 30 =$  Coeficiente Variación  $< 0,5 =$  Media Representativa y Datos Homogeneos.  
 :  $N > 30 =$  Coeficiente Variación  $< 0,9 =$  Media Representativa y Datos Homogeneos.

De la información anteriormente presentada queda en evidencia que a pesar de la variabilidad ambiental y biológica del mar en la zona norte en los últimos años, la industria pesquera ha cumplido presentando valores bajo los límites máximos permitidos en dichos parámetros según la Tabla 5 del DS 90.

Sin embargo a pesar de que se está aplicando toda la tecnología disponible en el tratamiento de riles en nuestra industria, se estima que ella no podrá cumplir el 100% de las mayores exigencias planteadas por el Borrador de la Norma. en Sólidos Suspendidos Totales y Aceites y Grasas. Además estará muy próxima al límite superior en Sólidos Sedimentables corriendo el riesgo de sobrepasarlo en determinadas circunstancias oceanográficas.

#### **IV. Resultados del Tratamiento en el Cuerpo Receptor**

La mejor manera de ver los resultados de un tratamiento es monitoreando el efecto de éste en el cuerpo receptor.

Para ello adjuntamos el estudio encomendado al Consultor Ambiental Sr. José Pineda M.PH Universidad de Southampton (U.K.) denominado: *"Análisis del Efecto del Tratamiento del RIL Generado por la Industria Pesquera en la Calidad del Agua del Cuerpo Receptor en las Regiones XV, I y II. Caso CORPESCA S.A.* Este estudio en lo medular concluye que:

*"En razón de lo expuesto se puede concluir que los tratamientos de los efluentes que CORPESCA S. A. realiza en las plantas a partir de la entrada en vigencia del DS 90 han contribuido a mejorar notablemente la calidad de las aguas del cuerpo receptor, con un mínimo efecto en el ambiente marino y por tanto, fijando la calidad en Clase 1."*

Con este estudio se comprueba la efectividad de los actuales sistemas de tratamiento de los riles en la industria pesquera del Norte Grande, los cuales con los valores alcanzados están generando una condición en la calidad del cuerpo receptor optima, no entendiéndose por ello la razón de un cambio que reduce drásticamente los valores máximos de emisión en estos parámetros de la tabla 5, sin que se vea en que medida este cambio mejora la calidad del cuerpo receptor.

Se adjunta ejemplar de este estudio anexo a este documento.

## V. Conclusiones

- Los sistemas de tratamiento de riles de la industria pesquera del Norte Grande funcionan con la mejor tecnología disponible en la actualidad para el tratamiento de estos. A ellos se ha llegado luego de estudios realizados que adaptaron tecnologías aplicadas a otros procesos productivos, para hacerlas eficientes en el ril pesquero de Chile.
- Existen grandes fluctuaciones en la corriente de los riles de entrada debido a la distinta naturaleza del pescado la cual es afectada por fenómenos oceanográficos ambientales, los cuales limitan la eficiencia de los sistemas de tratamiento entre 90 y 95% con lo que se puede asegurar un 100% de cumplimiento de la norma actualmente vigente en el DS90, pero no se podrá garantizar un 100% de cumplimiento de esta norma con los límites más restrictivos planteados en el Borrador 7 en discusión en el actual proceso de revisión normativa.
- La calidad del cuerpo receptor post implementación de la Norma es muy buena situando las aguas de los cuerpos receptores en la zona norte del país en Clase 1 de acuerdo a la guía de CONAMA.
- Se concluye en base a lo anteriormente expuesto que no existe razón fundada para modificar los límites actualmente vigentes en el DS 90 para Sólidos Suspendidos, Aceites y Grasas y Sólidos Sedimentables, y por tanto dada la experiencia acumulada en los años de vigencia de la Norma se deben mantener los valores de 700 mg/l, 350 mg/l y 50 ml/l/h respectivamente.
- Una reducción drástica como la propuesta en el Borrador 7 va a causar serios trastornos en la actividad productiva pesquera en la zona norte sin que ello represente un cambio significativo en la calidad de los cuerpos de agua receptores.

**Análisis del Efecto del Tratamiento del  
RIL Generado por la Industria Pesquera  
en la Calidad del Agua del Cuerpo  
Receptor en las Regiones XV, I y II. Caso  
CORPESCA S.A.**

**MARZO 2009**

**Preparado por:**

**José Pineda Herrera**  
**Consultor Ambiental,**  
**Oceanógrafo Químico**  
**M. Phil U. de Southampton UK.**

**Con la Colaboración de:**

**Edgardo Santander Pulgar**  
**Biólogo Marino**  
**Departamento Ciencias de Mar**  
**Universidad Arturo Prat**



## 1. INTRODUCCION

El presente estudio tiene como finalidad presentar los efectos que el RIL pesquero generado en las plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado en las regiones XV, I y II , basado en la información disponible en los monitoreos de CORPESCA S.A. sobre la calidad del agua del cuerpo receptor con el objeto de que estos resultados sirvan en la discusión que se está llevando a cabo en la actualidad en torno a la revisión del DS 90 Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

En efecto uno de los usuarios más importantes del mar fuera de la Zona de Protección Litoral (ZPL), como cuerpo receptor de residuos líquidos es la industria pesquera, y por ende, en el actual proceso de Revisión de esta normativa es necesario que los cambios propuestos estén sustentados con observaciones científicas recogidas en el tiempo en que la norma de emisión ha estado en vigencia.

La industria pesquera reductora en los puertos de Arica, Tocopilla y Mejillones tiene como único representante a la empresa CORPESCA S.A., mientras que en Iquique esta empresa comparte su actividad con Pesquera Camanchaca S.A. por lo cual la validez del análisis efectuado es representativo de lo que acontece en dichos puertos.

La Empresa CORPESCA S.A. elabora harina de pescado en los puertos de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones, donde posee plantas que utilizan agua de mar para todos sus procesos. Estas aguas una vez usadas son tratadas para cumplir con la normativa vigente y luego descargadas mediante un emisario submarino fuera de la zona de protección litoral. El cuerpo receptor de esta agua es monitoreado mediante la medición de parámetros relevantes para este tipo de actividad industrial.

En cada puerto, el monitoreo de la columna de agua se realiza mediante dos muestreos en el año, durante las épocas de mayor actividad en las plantas elaboradoras de harina de pescado

Las plantas elaboradoras de harina de pescado utilizan agua de mar para los procesos de descarga, elaboración de harina y aseo de equipos y planta. El mayor problema lo constituye el agua de descarga, que es el agua de mar utilizada para fluidizar el pescado y hacer posible su transporte por ductos

desde las bodegas de los barcos a la planta elaboradora. Posteriormente esta agua es sometida a tratamiento para que junto con las otras aguas cumplan la normativa vigente para ser descargada fuera de la zona de protección litoral mediante un emisario submarino.

Con la información obtenida en los monitoreos desde el año 2002 a 2008 en los puertos de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones, se llevará a cabo un análisis histórico del comportamiento de cada variable en la columna de agua en el cuerpo receptor de las descargas del emisario submarino de cada planta de la Empresa CORPESCA S. A.

## **2. Objetivos**

El objetivo de este Estudio es analizar el comportamiento de las principales variables de la columna de agua que pueden ser influenciados por las descargas del RIL pesquero vertidas fuera de la ZPL mediante emisarios submarinos en los diferentes puertos de las regiones XV, I y II, en base a la información proporcionada por CORPESCA a la Dirección General de Territorio Marítimo (DIRECTEMAR) en el marco del Programa de Vigilancia Ambiental ordenado por el DS 90.

## **3. Metodología**

El cuerpo receptor del RIL pesquero de las plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado en los diferentes puertos de la zona norte ha sido monitoreado mediante una red de estaciones compuesta por cuatro estaciones situadas en el área de directa influencia del emisario más una quinta estación control situada fuera de la zona influenciada por la pluma del emisario la cual cumple el papel de estación de control.

En cada estación se toman muestras en tres niveles: superficie, nivel medio y fondo. Las variables que se utilizarán en el presente estudio, para evaluar la calidad de las aguas de los cuerpos receptores de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones son las siguientes: temperatura (TEM), pH, sólidos suspendidos totales (SST), aceite y grasas (AyG) y detergente (SAAM). Con respecto a los sólidos sedimentables, en todas las campañas y estaciones los valores se presentaron bajo el límite de detección del método por lo que no fue incluida en este análisis.

Estas variables serán evaluadas del punto de vista de la calidad ambiental usando como referencia la **GUIA CONAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS**. Las normas secundarias de calidad para la protección de las aguas marinas se dividen en clases de calidad que se detallan a continuación:

- a) Clase 1: Muy buena calidad. Indica agua apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- b) Clase 2: Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas y para los usos comprendidos en la Clase 3.
- c) Clase 3: Regular calidad. Indica un agua apta para actividades portuarias, navegación u otros usos de menor requerimiento en calidad de agua.

### **3.2. Origen y Análisis de la información.**

La información analizada fue extraída de la base de datos de la Dirección General de Territorio Marítimo (DIRECTEMAR), y que corresponde a los informes que CORPESCA S.A. remite a esta entidad en el marco del Programa de Vigilancia Ambiental ordenado por el DS 90.

Para analizar la tendencia de los valores obtenidos durante los ocho años de información registrada, se analizarán los promedios (y su respectiva desviación estándar) de las variables antes indicadas. El período total de análisis está comprendido entre otoño de 2002 y la primavera del 2008.

A continuación cada puerto será analizado en forma independiente.

#### 4. PUERTO DE ARICA.

##### 4.1. ÁREA DE MUESTREO.

El área de muestreo se circunscribió a la franja costera de Arica que se encuentra influenciada por la actividad de las plantas que CORPESCA opera en esta zona. En este sector se trazó una transecta paralela a la costa en la cual se establecieron cuatro estaciones, dentro del área de influencia de los 2 emisarios con que cuentan estas plantas. Se consideró además una estación control (Figura 1). La tabla I muestra las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Tabla I. Posición geográfica de las estaciones de muestreo.

|            | Latitud<br>(° Sur) | Longitud<br>(° Oeste) |
|------------|--------------------|-----------------------|
| Estación 1 | 18° 31'05''        | 70° 20'21''           |
| Estación 2 | 18° 30'16''        | 70° 20'35''           |
| Estación 3 | 18° 30'55''        | 70° 20'31''           |
| Estación 4 | 18° 30'55''        | 70° 20'31''           |
| Control    | 18° 27'07''        | 70° 21'50''           |

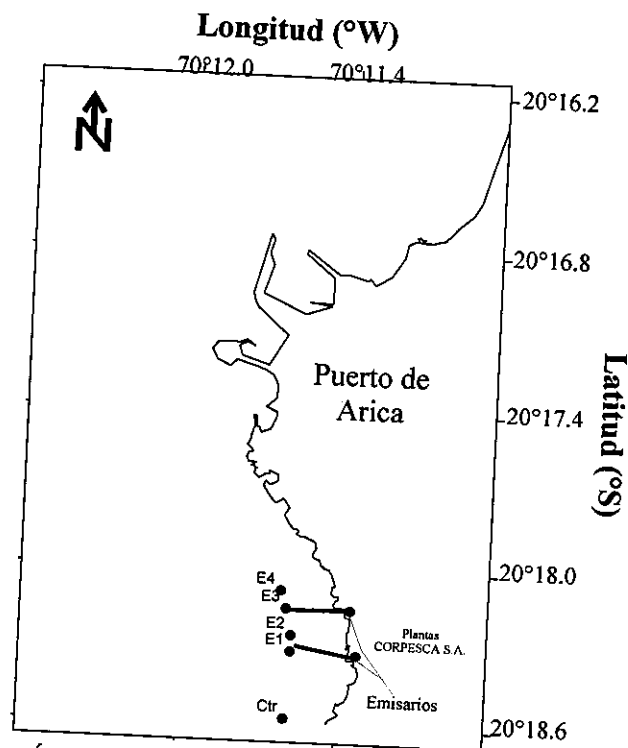


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.

## 4.2. Resultados y Discusión.

A continuación se presentan los resultados del análisis histórico de la información registrada en el periodo 2002-2008 en el puerto de Arica.

### 4.2.1. Temperatura.

Desde un punto de vista ambiental, la región ha estado sometida a cambios de regímenes climáticos importantes como los eventos El Niño y la Oscilación del Sur, y su contraparte La Niña. Así, la región norte de Chile se vio afectada por la ocurrencia de eventos cálidos El Niño 2003. En la figura 2 se puede observar las variaciones en la TEM, donde se aprecia un periodo de estabilidad, entre el otoño del 2002 y otoño del 2004, donde el valor promedio fluctúa entre 16 y 17 °C. Posteriormente, se inicia un descenso del valor promedio que se mantiene entre las campañas de primavera del 2004 a la primavera del 2005, para nuevamente aumentar a valores muy semejantes al primer periodo mencionado (Figura 2).

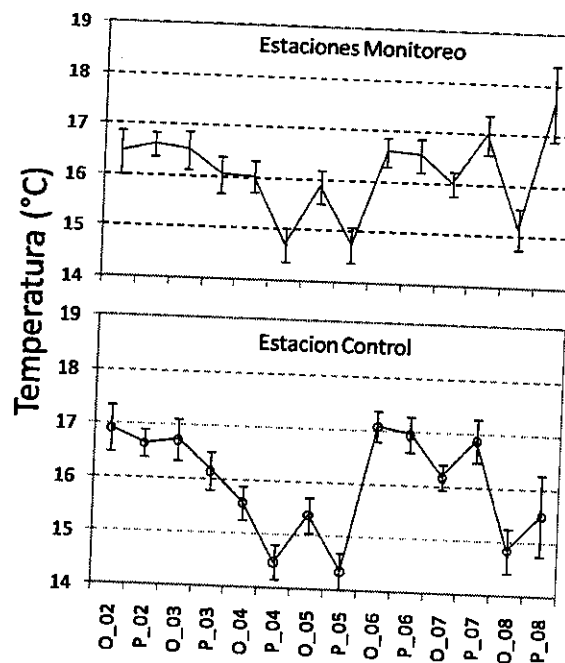


Figura 2. Evolución temporal de la temperatura. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

Durante las últimas tres campañas se observa un período de inestabilidad ampliándose el margen de variación desde 1 °C a 2,5 °C, donde la campaña de primavera del 2008 muestra el promedio mayor de la serie de tiempo (Figura 2).

La estación control muestra la misma tendencia de las estaciones de monitoreo, pero con descenso más marcado en el segundo período, y en el tercero un aumento hasta temperaturas más altas que las registradas en las estaciones de monitoreo. Hacia el final del período de estudio se observa también la inestabilidad, pero con valores más bajos.

Cabe indicar que la zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad observada en todas las campañas. En relación con la actividad de la elaboración de harina de pescado, y su posible efecto en el cuerpo receptor, no se observan evidencias que esta actividad esté influyendo en la estructura termal del cuerpo de agua receptor. Además, esto estaría avalado por la similitud de la tendencia temporal observada tanto en la estaciones de monitoreo como control.

#### **4.2.2. pH.**

En la figura 3 se observan las fluctuaciones en el pH, destacando que los valores de pH muestran un estrecho margen de variabilidad, fluctuando entre 7,5 y 8,0, con la excepción de la primavera del 2002 donde los valores fueron inferiores a 7,5 unidades de pH. Por lo cual los valores del pH mayoritariamente se ubican en la Clase 1 de calidad de la Guía CONAMA.

En la estación control la variación de pH se ubica en el mismo rango de las estaciones de monitoreo, por lo cual se encuentran en un agua de tipo Clase 1 de la Guía CONAMA.

Una comparación entre las estaciones de monitoreo y control demuestra que la zona influenciada por la descarga del emisario submarino de CORPESCA S. A. no se ve afectada, quedando esta variable dentro del margen de Clase 1 de la GUIA CONAMA.

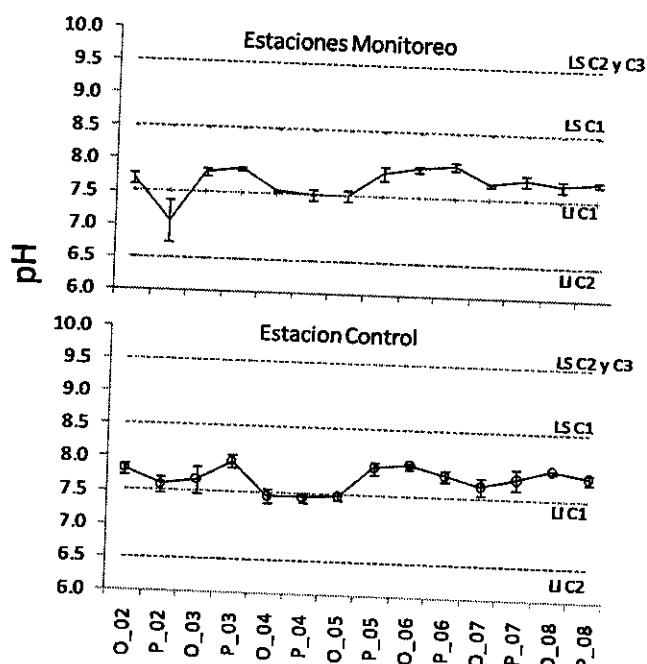


Figura 3. Evolución temporal del pH. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

#### 4.2.3. Sólidos Suspendidos Totales.

Los valores de esta variable de todo el período analizado se ubican muy por debajo del límite máximo de la Clase 1 de la Guía CONAMA (25 mg/L), lo cual es coincidente con los resultados de la estación control, con la excepción de primavera-2005 que pasa a clase 2 (Figura 4).

De lo anterior se puede deducir que la actividad industrial pesquera no estaría produciendo una alteración visible en el cuerpo de agua receptor, ya que estas permanecen dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA.

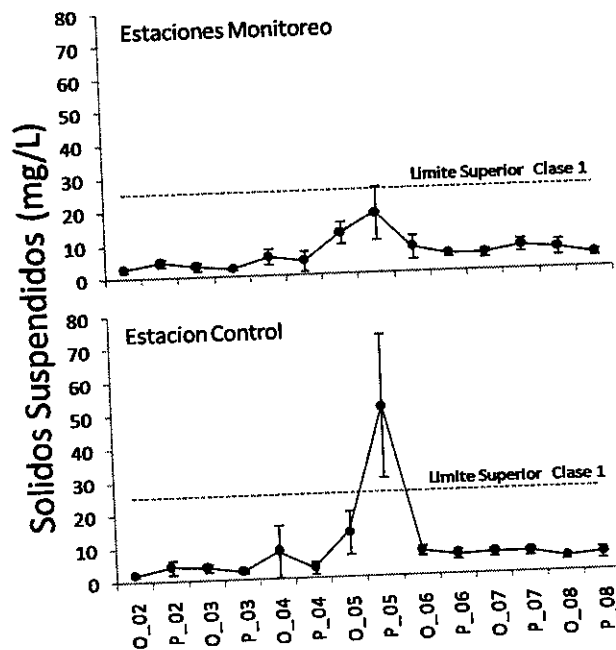


Figura 4. Evolución temporal de los sólidos suspendidos totales. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

#### 4.2.4. Aceites y Grasas.

Los valores promedio de esta variable se encuentran bajo los 10 mg/L, con la excepción de las campañas primavera del 2004 y otoño del 2005, donde se incrementan por sobre los 14 mg/L (Figura 5). Esta misma tendencia se observa en la estación control pero con valores levemente inferiores.

Lo anterior nos demuestra claramente, que el área donde se descargan los emisarios submarinos de CORPESCA S.A. no estaría influenciada por esta variable. Situándose las aguas en Clase 1



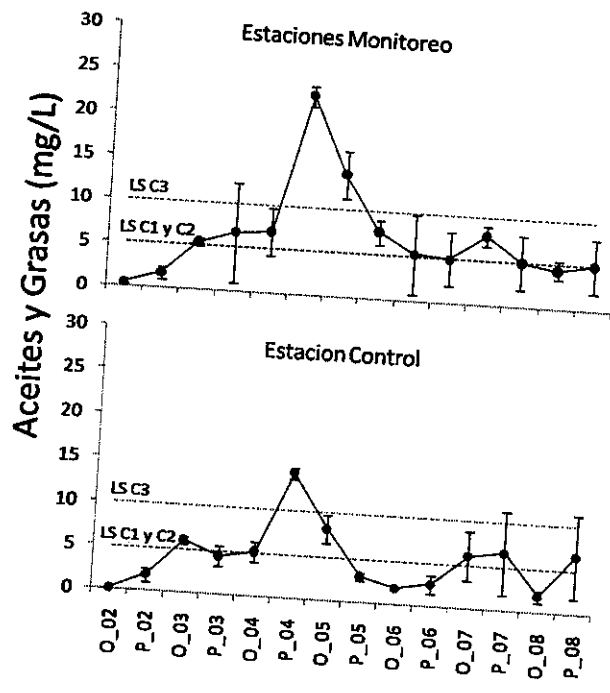


Figura 5. Evolución temporal de aceites y grasas. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

**4.2.5. Detergente (SAAM).**

Con relación a esta variable se observa una fuerte coincidencia de valores entre las estaciones de monitoreo y control, lo cual ubica a estas dos aéreas dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA (Figura 6).

Lo anterior nos demuestra claramente que la zona donde se descargan los emisarios submarinos por CORPESCA S. A. no estaría influenciada por esta variable.

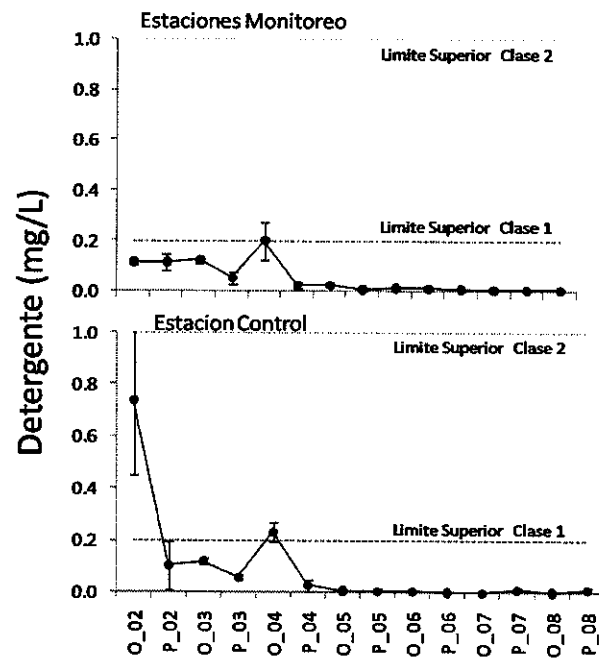


Figura 6. Evolución temporal de los detergentes. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

#### 4.3. Conclusiones.

- La zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad observada en todas las campañas, y la similitud de la tendencia temporal observada tanto en las estaciones de monitoreo como control, nos permite concluir que la actividad pesquera no tiene influencia en la variable temperatura.
- El nivel de pH tanto en las estaciones de monitoreo y control demuestran que la zona de descarga del emisario submarino de CORPESCA S. A. no afecta esta variable por este tipo de emisiones, ya que en los últimos años siempre han mostrado una categoría de Clase 1.
- En relación a los Sólidos Suspendidos Totales, se puede deducir que la actividad industrial pesquera no estaría produciendo ninguna alteración en el cuerpo de agua receptor, estando siempre categorizada como Clase 1.
- Los Aceites y Grasas muestran que la calidad de agua del cuerpo receptor se ha mantenido en las Clases 1 y 2 en los últimos años producto de la mejora de los tratamientos.
- No existe influencia de los detergentes sobre el cuerpo de agua receptor, estando en concentraciones trazas en categoría Clase 1.

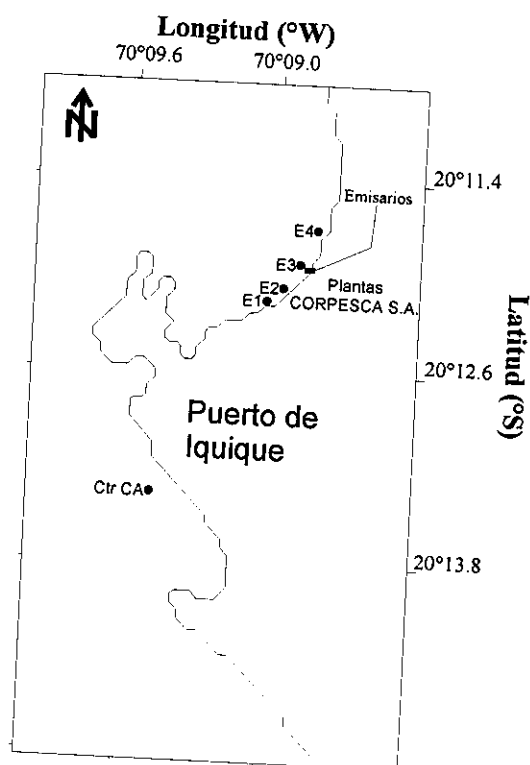
## 5. PUERTO DE IQUIQUE.

### 5.1. ÁREA DE MUESTREO.

El área de muestreo se circunscribió a la franja costera de Iquique que se encuentra influenciada por la actividad de las plantas que CORPESCA opera en esta zona. En este sector se trazó una transecta paralela a la costa en la cual se establecieron cuatro estaciones, dentro del área de influencia del emisario con que cuentan estas plantas. Se consideró además una estación control (Figura 7). La tabla II muestra las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Tabla II. Posición geográfica de las estaciones de muestreo.

|            | Latitud<br>(° Sur) | Longitud<br>(° Oeste) |
|------------|--------------------|-----------------------|
| Estación 1 | 20° 12'09''        | 70° 08'45''           |
| Estación 2 | 20° 12'04''        | 70° 08'39''           |
| Estación 3 | 20° 11'55''        | 70° 08'33''           |
| Estación 4 | 20° 11'42''        | 70° 08'27''           |
| Control    | 20° 13'22''        | 70° 09'26''           |



## 5.2. Resultados y Discusión.

A continuación se presentan los resultados del análisis histórico de la información registrada en el en el período 2002-2008 en el puerto de Iquique.

### 5.2.1. Temperatura.

Desde un punto de vista ambiental, la región ha estado sometida a cambios de regímenes climáticos importantes como los eventos El Niño y la Oscilación del Sur, y su contraparte La Niña. Así, la región norte de Chile se vio afectada por la ocurrencia de un evento cálido El Niño 2003. En la Figura 8 se observan las variaciones en la temperatura, donde se aprecia un período de estabilidad, entre el otoño del 2002 a primavera del 2004, donde el valor promedio fluctúa entre 16,5 y 17 °C. A continuación, se inicia un descenso del valor promedio para las dos campañas del 2004, para nuevamente aumentar en el año 2005 a valores muy similares al primer período de este análisis. Para las campañas desde otoño del 2006 a otoño del 2008, se observa un descenso alcanzando las temperaturas promedios más bajas de todo el período, pero en primavera del 2008 nuevamente se produce un incremento, superando los 16 °C.

La estación control muestra el mismo patrón que las estaciones de monitoreo, pero en general con temperaturas más bajas, especialmente en las primeras cuatro campañas, en el año 2005 y en las campañas del año 2007 y otoño del 2008 (Figura 8). Con respecto a esta tendencia es necesario considerar que la zona de monitoreo está dentro de Bahía Iquique y el control está en una zona externa, lo cual contribuye a que en esta última la temperatura tienda a ser menor, por estar más expuesta al oleaje y circulación.

Se debe considerar que la zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad observada en todas las campañas. En relación con la actividad de la elaboración de harina de pescado y su posible efecto en el cuerpo receptor, no se observan evidencias que esta actividad esté influyendo en la estructura termal del cuerpo de agua receptor.

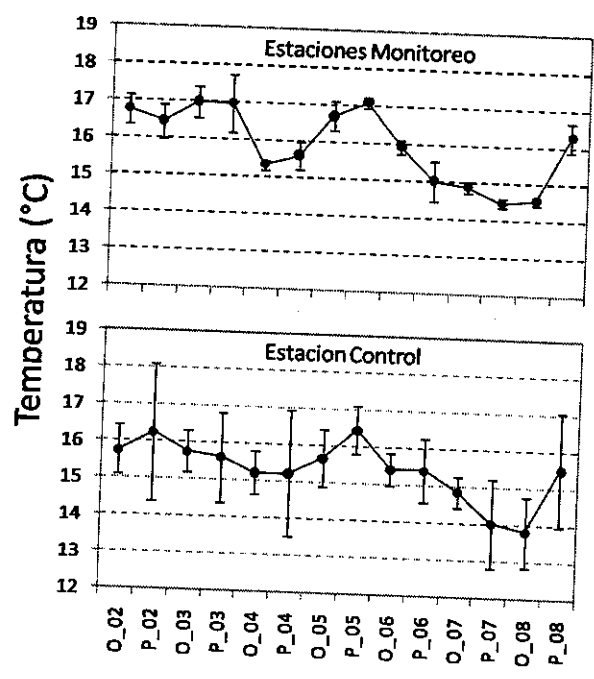


Figura 8. Evolución temporal de la temperatura. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

**5.2.2. pH.**

La Figura 9 muestra las fluctuaciones en el pH, donde se observa que los valores muestran un estrecho margen de variabilidad, fluctuando entre 7,5 y 8,0 unidades de pH, con excepción de la primavera del 2005, donde el promedio es inferior a 7,0 unidades de pH. Por lo anteriormente expresado los valores de pH se ubican en la clase 1 de calidad de la Guía CONAMA.

La estación control muestra la misma tendencia que las estaciones de monitoreo, ubicándose el pH en el mismo rango de unidades, con la misma excepción de la primavera del 2005, en que está bajo 6,5 unidades de pH. Por lo tanto, el agua de la estación control también está en la Clase 1 de la Guía CONAMA.

Comparando ambos tipos de estaciones se observa que la zona influenciada por la descarga del emisario submarino de CORPESCA S.A., no se ve afectada, quedando esta variable dentro del rango de Clase 1 de la Guía CONAMA.

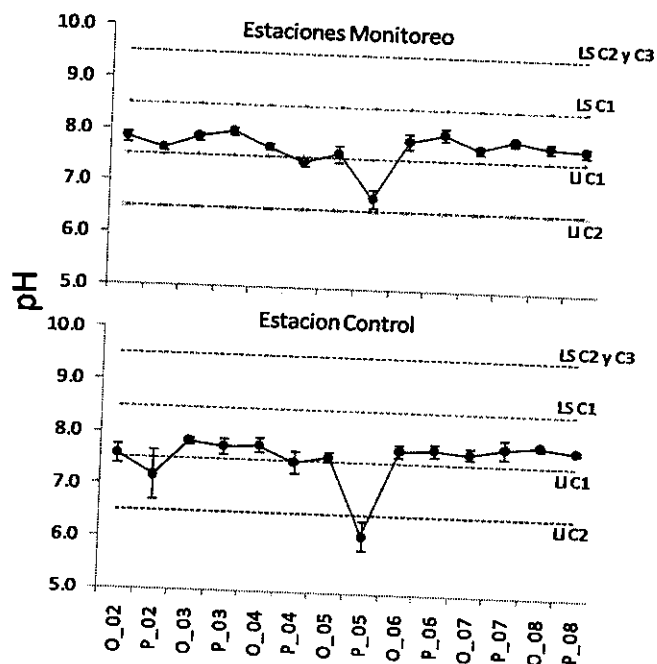


Figura 9. Evolución temporal del pH. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

### 5.2.3. Sólidos Suspendedos Totales.

Los valores de esta variable durante todo el período analizado, se ubican bajo los 10 mg/L, lo que es muy inferior al límite máximo de la Clase 1 de la Guía CONAMA (25 mg/L), lo cual coincide con los resultados de la estación control. Pero con valores menores y más uniformes en el tiempo (Figura 10).

De lo anterior se puede deducir que la actividad industrial pesquera estaría produciendo un leve incremento de los valores, pero en ningún caso los sacan de la parte inferior de la Clase 1 de la Guía CONAMA, que es la de mejor calidad ambiental.

### 5.2.4. Aceites y Grasas.

Los valores promedios de esta variable se encuentran mayoritariamente bajo los 10 mg/L, con la excepción de las campañas de primavera del 2003 y primavera del 2004, donde se incrementa por sobre los 15 mg/L (Figura 11). La estación control muestra la misma tendencia, con valores semejantes, pero

levemente más bajos, con las excepciones de otoño del 2004, primavera del 2004 y primavera del 2005, donde son más altos que el promedio del monitoreo.

Las aguas de las estaciones de monitoreo se encuentran principalmente en la Clase 3 (7 campañas, 5 campañas en la Clase 1-2 y 2 campañas con valores sobre el límite superior de la Clase 3 de la Guía CONAMA. Como se mencionó anteriormente los valores de la estación control son algo más bajos, lo cual ubica a 7 campañas en la Clase 1-2, 4 campañas en la Clase 3 y 3 por sobre el límite superior de la Clase 3.

### 5.2.5. Detergente (SAAM).

En relación a esta variable se puede apreciar una fuerte coincidencia de valores promedios entre las estaciones de monitoreo y control, lo cual ubica a estas dos áreas dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA (Figura 12).

Lo anterior nos demuestra claramente, que el área donde se descarga el emisario submarino de CORPESCA S.A. no estaría influenciada por esta variable. Situándose las aguas en Clase 1

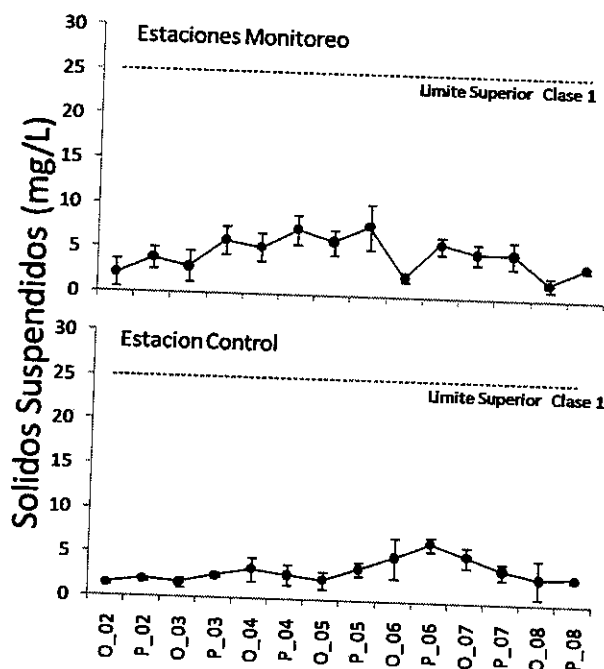


Figura 10. Evolución temporal de los sólidos suspendidos totales. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.



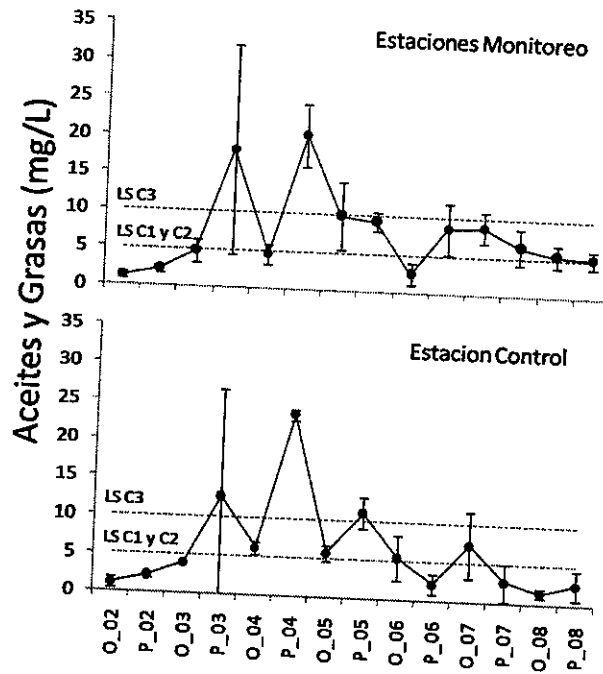


Figura 11. Evolución temporal de aceites y grasas. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

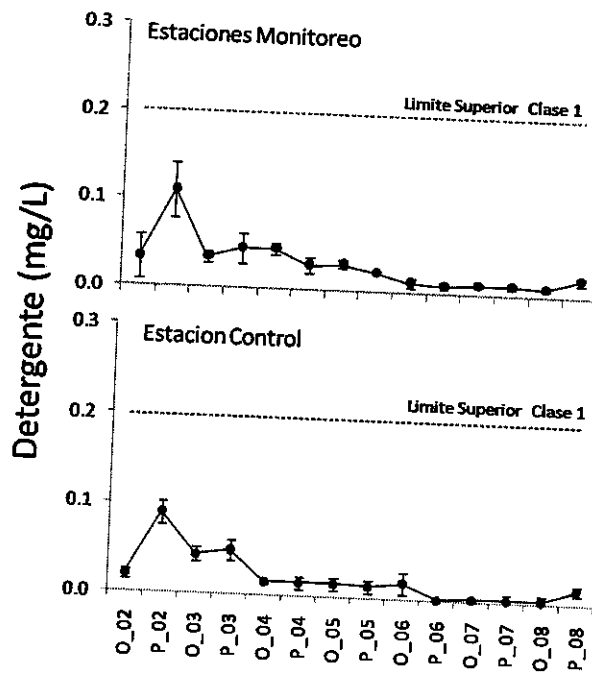


Figura 12. Evolución temporal de los detergentes. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

### 5.3. Conclusiones

- La similitud de la tendencia temporal observada tanto en las estaciones de monitoreo como control, permite concluir que la actividad pesquera no tiene influencia en la variable temperatura.
- El nivel de pH tanto en las estaciones de monitoreo y control, demuestran que la zona de descarga del emisario submarino de CORPESCA S.A. no es afectada por esta variable, donde los últimos años el cuerpo de agua se ha categorizado como Clase 1.
- En relación a los Sólidos Suspendidos Totales se puede deducir que la actividad industrial pesquera tendría una leve influencia en el cuerpo receptor de las aguas del emisario submarino, pero estas permanecen en Clase 1 de la Guía CONAMA.
- Los aceites y grasas muestran una leve influencia sobre el cuerpo de agua receptor, ya que solo dos campañas del monitoreo están ubicadas en una clase más alta que la estación control, pero en los dos últimos años los niveles han disminuido continuamente llegando a estar categorizadas como Clase 1 y 2.
- Los detergentes no ejercen ninguna influencia sobre el cuerpo de agua receptor, ya que han permanecido en niveles trazas y en categoría Clase 1.

## 6. PUERTO DE TOCOPILLA.

### 6.1. ÁREA DE MUESTREO.

El área de muestreo se circunscribió a la franja costera de Tocopilla que se encuentra influenciada por la actividad de las plantas que CORPESCA opera en esta zona. En este sector se trazó una transecta paralela a la costa en la cual se establecieron cuatro estaciones, dentro del área de influencia del emisario con que cuentan estas plantas. Se consideró además una estación control con que cuentan estas plantas. Se consideró además una estación control (Figura 13). La tabla III muestra las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Tabla III. Posición geográfica de las estaciones de muestreo.

|            | Latitud<br>(° Sur) | Longitud<br>(° Oeste) |
|------------|--------------------|-----------------------|
| Estación 1 | 22°04'45''         | 70°12'02''            |
| Estación 2 | 22°04'25''         | 70°11'53''            |
| Estación 3 | 22°04'11''         | 70°11'53''            |
| Estación 4 | 22°03'57''         | 70°11'49''            |
| Control    | 22°05'33''         | 70°13'07''            |

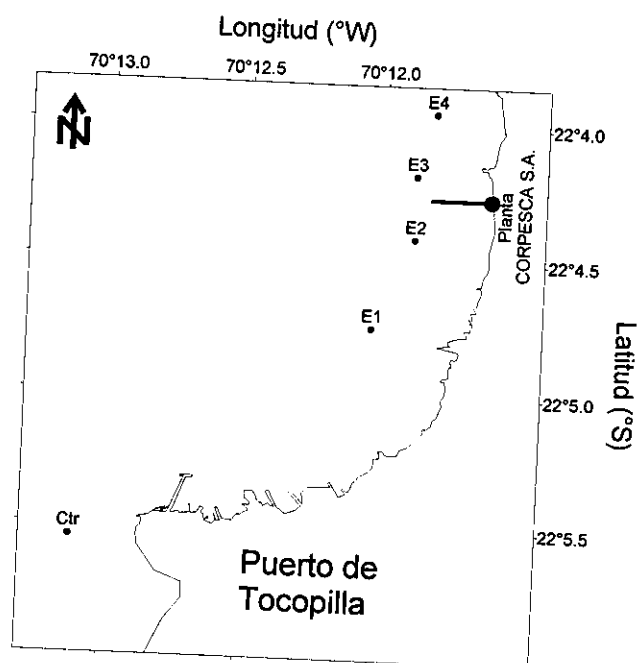


Figura 13. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.

## 6.2. Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados del análisis histórico de la información registrada en el período 2002-2008 en el puerto de Tocopilla.

### 6.2.1. Temperatura.

Desde un punto de vista ambiental, la región ha estado sometida a cambios de regímenes climáticos importantes como los eventos El Niño y la Oscilación del Sur, y su contraparte La Niña. Así, la región norte de Chile se vio afectada por la ocurrencia del evento cálido El Niño 2003. La Figura 14 muestra los cambios de temperatura durante el período 2002-2008, donde se observa un rango de variación desde los 14 a 16,5 °C, con ascensos y descensos de sus valores, pero la mayor cantidad de campañas ubican sus promedios en un rango más reducido que va desde los 14 a los 15,5 °C.

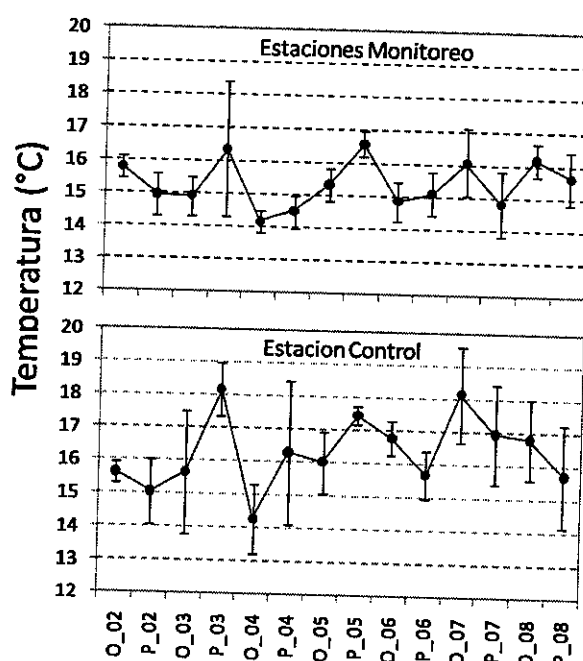


Figura 14. Evolución temporal de la temperatura. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

Cabe indicar que la zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad observada en todas las campañas. En relación con la actividad de

la elaboración de harina de pescado, y su posible efecto en el cuerpo receptor, no se observan evidencias que esté influyendo en la estructura termal del cuerpo de agua receptor, ya que por el contrario en la estación control los valores aparecen algo más elevados que en el monitoreo.

La estación control muestra un rango de variación más amplio que las estaciones de monitoreo, ya que este va desde los 14 a los 18 °C, siendo los cambios entre campañas más pronunciados que en las estaciones de monitoreo.

### 6.2.2. pH.

La Figura 15 muestra las fluctuaciones en el pH, observándose que sus valores presentan un estrecho margen de variabilidad fluctuando mayoritariamente entre 7,5 y 8, saliéndose levemente de este rango tres valores, por lo cual el pH se ubica mayoritariamente en la Clase 1 de calidad de la Guía CONAMA.

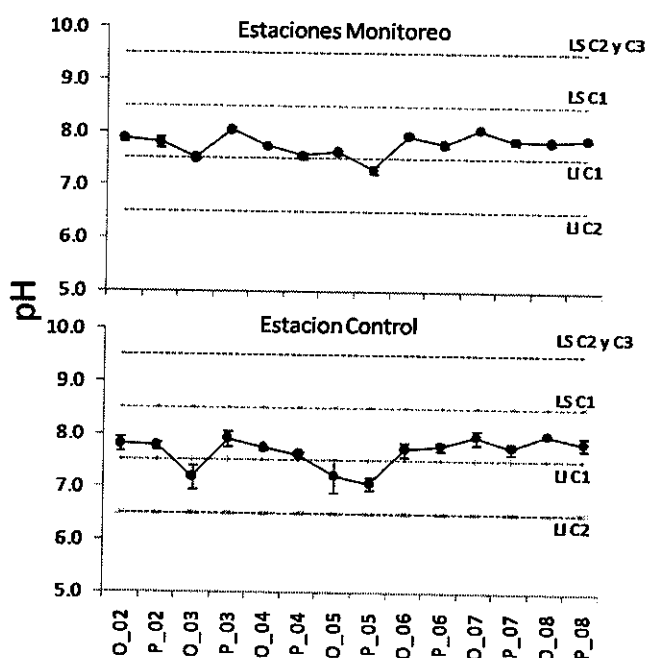


Figura 15. Evolución temporal del pH. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

En la estación control los valores están algo más dispersos, ya que el rango de variación está entre 7 y 8 unidades de pH, ubicándose 11 campañas en la Clase 1 y 3 en la Clase2 de la Guía CONAMA.

Una comparación entre las estaciones de monitoreo y control de muestra que la zona influenciada por la descarga del emisario submarino de CORPESCA S.A. no se ve afectada, quedando esta variable mayoritariamente en Clase 1 de la Guía CONAMA.

### 6.2.3. Sólidos Suspendidos Totales.

Los valores de esta variable de todo el período analizado están bajo los 6 mg/L, lo cual está muy por debajo del límite máximo de la Clase 1 de la Guía CONAMA. Los valores de la estación control en el lapso otoño-2002 a primavera-2004 muestran la misma tendencia y valores similares que las estaciones de monitoreo (Figura 16).

Desde otoño del 2005 a otoño del 2008 los valores del control son superiores a las estaciones de monitoreo y solo en primavera del 2008 este desciende bajo el monitoreo. Sin embargo todos los valores del control están en la parte baja de la Clase 1 (Figura 16)

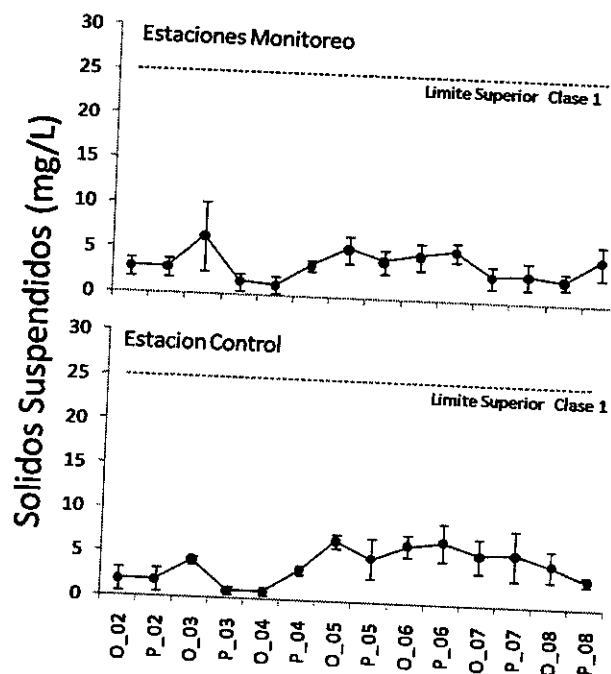


Figura 16. Evolución temporal de los sólidos suspendidos totales. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

De lo anterior se puede concluir que la actividad industrial pesquera no estaría produciendo una alteración notoria en el cuerpo de agua receptor, ya que todos los valores permanecen dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA.

#### 6.2.4. Aceites y Grasas.

Los valores promedios de este parámetro se encuentran bajo los 10 mg/L, fluctuando entre los 2 a los 10 mg/L (Figura 17). Los valores de la estación control se ubican bajo los 5 mg/L, con la excepción de la campaña de otoño del 2005.

Las aguas de las estaciones de monitoreo se encuentran entre Clase 1-2 y 3 de la Guía CONAMA, donde 8 campañas están en Clase 1-2 y 6 campañas en Clase 3. En el caso de la estación control las campañas se ubican en Clase 1-2, con la excepción de otoño del 2005 que está en Clase 3.

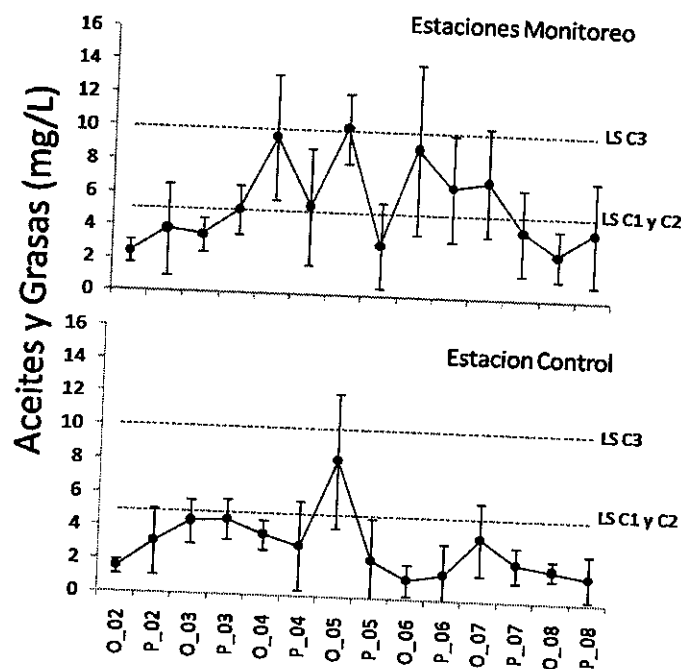


Figura 17. Evolución temporal de aceites y grasas. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

Comparando ambos tipos de estaciones, se observa una posible influencia de la actividad pesquera en dos períodos, el primero de ellos va desde otoño del 2004 a primavera del 2005 y el segundo desde otoño del 2006 a otoño del

2007, siendo en este último algo más pronunciado el efecto. En el resto del período se observa una buena coincidencia entre estaciones de monitoreo y control, no notándose efecto de la actividad pesquera, ya que ambas aguas se ubican en Clase 1-2 de la Guía CONAMA, especialmente en los dos últimos años.

**6.2.5. Detergente (SAAM).**

Esta variable muestra una fuerte coincidencia de valores entre las estaciones de monitoreo y control, lo cual ubica a estas dos áreas dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA (Figura 18).

Lo anterior demuestra claramente que la zona donde se descarga el emisario submarino de la empresa CORPESCA S.A. no estaría influenciada por esta variable.

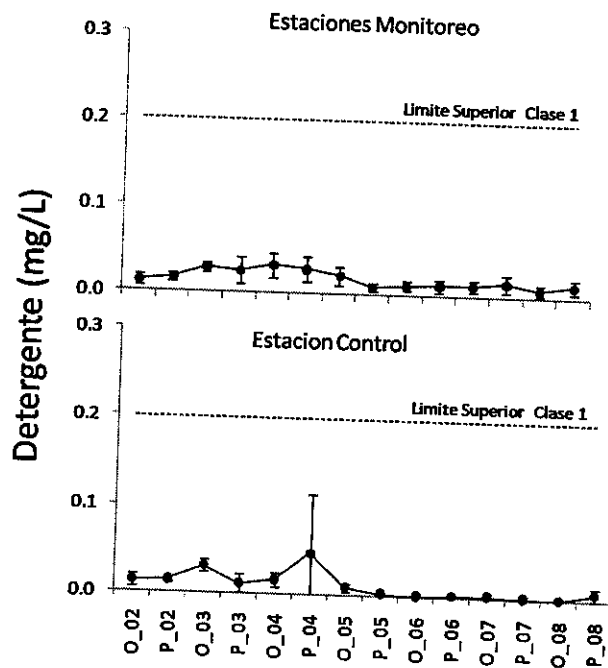


Figura 18. Evolución temporal de los detergentes. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.



### 6.3. Conclusiones

- La zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad de temperatura observada en todas las campañas, y la similitud de la tendencia temporal observada tanto en las estaciones de monitoreo como control, nos permite concluir que la actividad pesquera no tiene influencia en la variable temperatura en el puerto de Tocopilla.
- El nivel de pH tanto en las estaciones de monitoreo y control demuestran que la zona de descarga del emisario submarino de CORPESCA S.A., no afecta esta variable por este tipo de emisiones, y en los últimos años se han categorizado en Clase 1.
- En relación a los Sólidos Suspendidos Totales se puede deducir, que la actividad industrial pesquera no estaría produciendo ninguna alteración en los valores de esta variable, y la calidad de las aguas se categoriza en Clase 1.
- Los Aceites y Grasas muestran una leve influencia sobre el cuerpo de agua receptor del emisario submarino, pero en dos períodos específicos y en el resto de las campañas no hay efecto, siendo categorizadas en Clase 1 y 2.
- Con respecto a los detergentes no se observa ninguna influencia sobre el agua del cuerpo receptor de la zona de Tocopilla, siendo siempre Clase 1.

## 7. PUERTO DE MEJILLONES.

### 7.1. ÁREA DE MUESTREO.

El área de muestreo se circunscribió a la franja costera de Mejillones que se encuentra influenciada por la actividad de las plantas que CORPESCA opera en esta zona. En este sector se trazó una transecta paralela a la costa en la cual se establecieron cuatro estaciones, dentro del área de influencia del emisario con que cuentan estas plantas. Se consideró además una estación control (Figura 19). La tabla IV muestra las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Tabla IV. Posición geográfica de las estaciones de muestreo.

|            | Latitud<br>(° Sur) | Longitud<br>(° Oeste) |
|------------|--------------------|-----------------------|
| Estación 1 | 23°05'33"          | 70°26'55"             |
| Estación 2 | 23°05'25"          | 70°26'19"             |
| Estación 3 | 23°05'22"          | 70°25'41"             |
| Estación 4 | 23°05'16"          | 70°25'31"             |
| Control    | 23°04'05"          | 70°30'03"             |

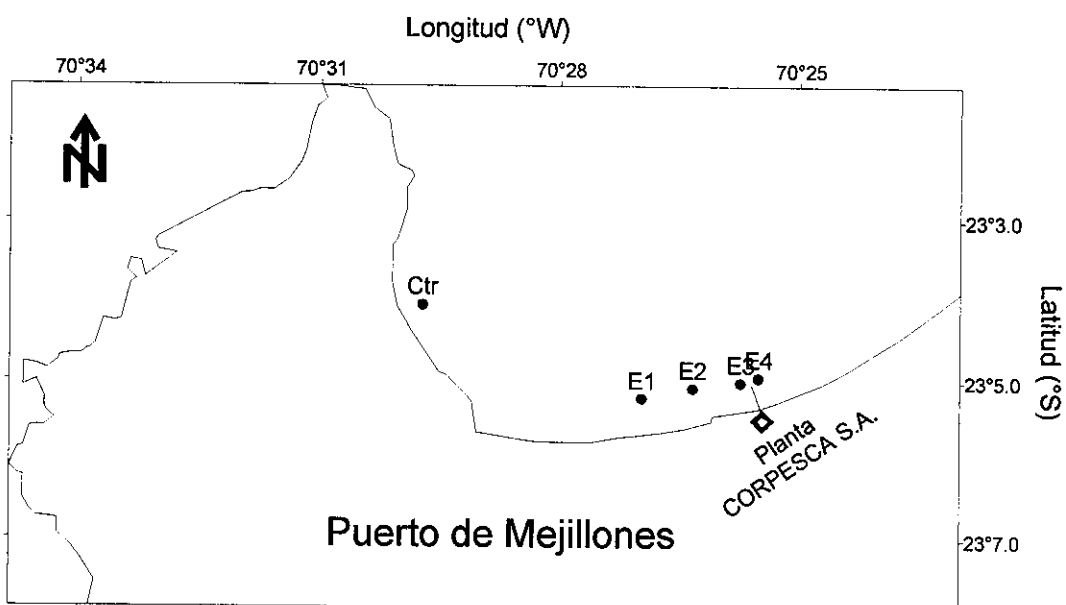


Figura 19. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.

## 7.2. Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados del análisis histórico de la información registrada en el período 2002-2008 en el puerto de Mejillones.

### 7.2.1. Temperatura.

Desde un punto de vista ambiental, la región ha estado sometida a cambios de regímenes climáticos importantes como los eventos El Niño y la Oscilación del Sur, y su contraparte La Niña. Así, la región norte de Chile se vio afectada por la ocurrencia del evento cálido El Niño 2003. En la Figura 20 se muestran las variaciones en la temperatura, donde se aprecia una cierta estabilidad en las tres primeras campañas (15 – 16 °C), lo que se repite entre primavera del 2006 y primavera del 2007 en el mismo rango de temperatura y en el resto de las campañas se observan subidas y bajadas de temperatura, donde la campaña de primavera del 2003 muestra el promedio más alto de la serie de tiempo.

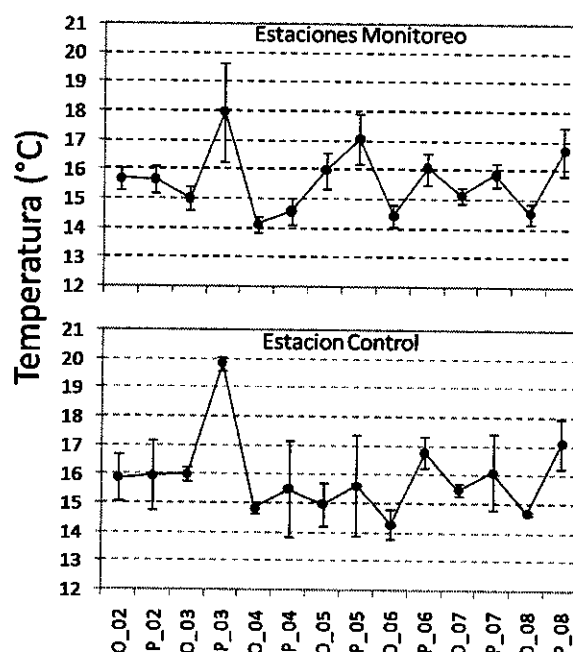


Figura 20. Evolución temporal de la temperatura. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

La estación control muestra la misma tendencia de estabildades las tres primeras campañas y también esto se repite en el período de otoño del 2004 a primavera del 2005 y en el resto de las campañas se asemeja a las estaciones de monitoreo, pero con variaciones menos marcadas. En este tipo de estación también el valor más alto se da en primavera del 2003 e incluso 1,5 °C más alto que en el monitoreo, lo cual significa que este aumento no tiene relación con la actividad pesquera industrial.

Cabe indicar que la zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad observada en todas las campañas. En relación con la actividad de la elaboración de harina de pescado, y su posible efecto en el cuerpo receptor, no se observan evidencias de que esta actividad esté influyendo en la estructura termal del cuerpo de agua receptor.

### **7.2.2. pH.**

En la Figura 21 se presentan las fluctuaciones en el pH, destacándose que los valores de pH muestran un estrecho margen de variabilidad, fluctuando sus valores principalmente entre 7,5 y 8,1, con la excepción de otoño del 2003, que desciende a un valor cercano a 7 y en primavera del 2005 sube cercano a 8,5. Luego esta variable ubica sus valores en la Clase 1 de la Guía CONAMA, quedando la campaña de otoño del 2003 en Clase 2. En relación a la estación control todos los valores están en la Clase 1 (7,5 a 8,5).

Por lo tanto se puede deducir que la actividad industrial pesquera no ejerce ningún efecto en esta variable, ya que prácticamente todas las campañas están en Clase 1, tanto en las estaciones de monitoreos como en la estación control.

### **7.2.3. Sólidos Suspendidos Totales.**

Los valores de esta variable para todas las campañas se ubican bajo los 7,5 mg/L, lo cual está muy por debajo del límite máximo de la Clase 1 de la Guía CONAMA (25 mg/L), siendo esto coincidente con los valores de la estación control, cuyos resultados también están en la Clase 1 y ubicadas en la parte inferior de la escala (Figura 22).

De lo anterior se puede deducir que las aguas provenientes de la actividad pesquera industrial no estarían produciendo una alteración visible en el cuerpo de agua receptor.

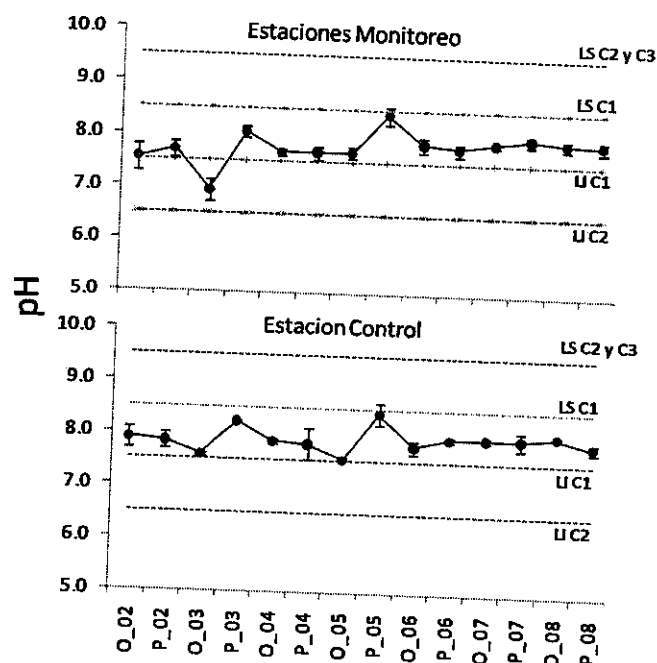


Figura 21. Evolución temporal del pH. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

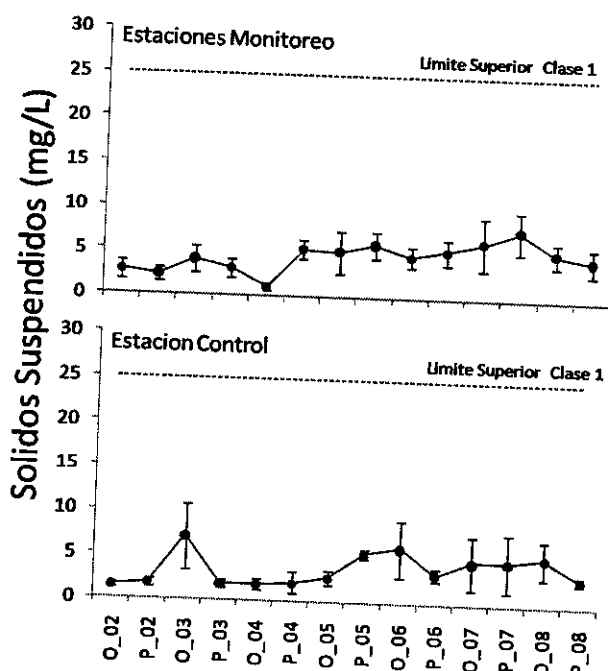


Figura 22. Evolución temporal de los sólidos suspendidos totales. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

#### 7.2.4. Aceites y Grasas.

Los valores promedios de esta variable se encuentran bajo los 10 mg/L, con la excepción de la campaña de otoño del 2005, que está levemente por encima de este valor. Las primeras tres campañas y las tres últimas están bajo los 5 mg/L, que es el límite superior de la Clase 1-2 de la Guía CONAMA y entre ellas se observa una inestabilidad de valores (Figura 23). La estación control presenta una variabilidad mucho más suave que las estaciones de monitoreo y con valores más bajos.

De esta manera, las estaciones de monitoreo tienen 9 campañas ubicadas en Clase 1-2, 5 en Clase 3 y una levemente fuera de esta última clase. Por su parte el control tiene 13 campañas en Clase 1-2 y 1 en Clase 3 de la Guía CONAMA.

Por lo tanto, se puede concluir que los aceites y grasas muestran una cierta influencia sobre las aguas del cuerpo receptor en las campañas que van desde otoño del 2004 a otoño del 2007. Situando las aguas entre las clases 1 y 2

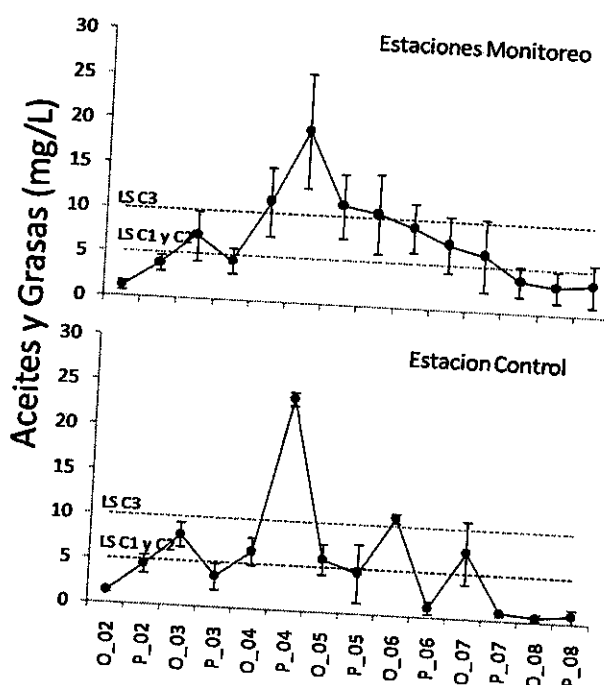


Figura 23. Evolución temporal de aceites y grasas. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

### 7.2.5. Detergente (SAAM).

Esta variable muestra una fuerte coincidencia de valores entre las estaciones de monitoreo y la de control, ubicando a estas dos áreas dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA. Como se observa en la Figura 24 todos los valores son solo levemente superiores a 0 mg/L.

Lo anterior demuestra claramente, que esta variable no tiene ninguna influencia en la zona donde se produce la descarga del emisario submarino de la empresa CORPESCA S.A.

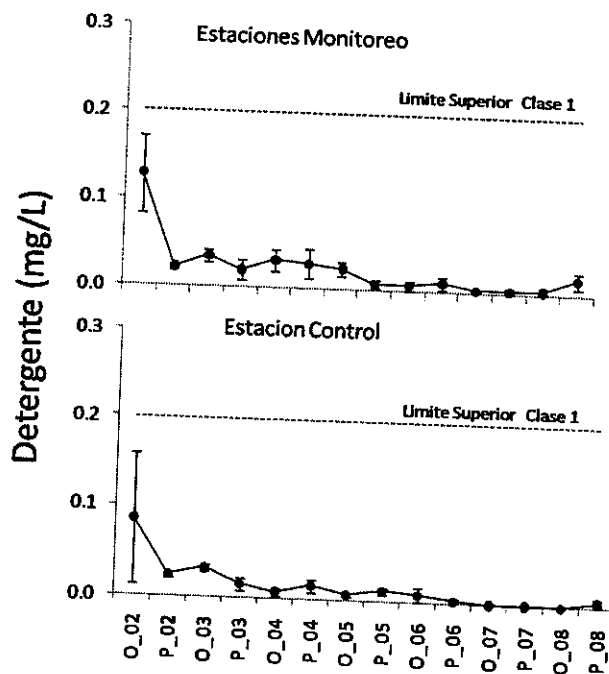


Figura 24. Evolución temporal de los detergentes. Panel superior corresponde a estaciones de monitoreo. Panel inferior corresponde estación control.

### 7.3. Conclusiones.

- La zona norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad de temperatura observada en todas las campañas, y la similitud de la tendencia temporal observada tanto en las estaciones de monitoreo como control, nos permite concluir que la actividad pesquera no tiene influencia en la variable temperatura en el puerto de Mejillones.
- La comparación de los valores de pH de las estaciones de monitoreo y control demuestran que la zona de descarga del emisario submarino de CORPESCA S.A. no recibe ninguna influencia de esta variable, siendo las aguas del cuerpo receptor categorizadas en Clase 1.
- En relación a los Sólidos Suspendidos Totales se puede concluir que el emisario submarino no ejerce una alteración visible de esta variable, siendo categorizadas en Clase 1.
- Los Aceites y Grasas muestran un cierto nivel de influencia sobre el cuerpo de agua receptor en las campañas intermedias, siendo las aguas categorizadas en Clase 1.
- Los detergentes no ejercen ningún efecto sobre la zona de descarga del emisario submarino, siendo categorizadas en Clase 1.



## 8. CONCLUSIONES FINALES.

- La industria pesquera elaboradora de harinas y aceite de pescado en los puertos de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones vierte los residuos líquidos fuera de la Zona de Protección Litoral en áreas en que la difusión es alta y por ende la pluma generada por este RIL en la salida de los emisarios es rápidamente diluida.
- La Zona Norte de Chile ha estado sometida a eventos cálidos y fríos propios de la oceanografía del sistema marino, lo que permite explicar la variabilidad de temperatura observada en todas las campañas, y la similitud de la tendencia temporal observada tanto en las estaciones de monitoreo como control en todos los puertos analizados, y que nos permite concluir que la actividad pesquera no tiene influencia en la variable temperatura.
- La comparación de los valores de pH de las estaciones de monitoreo y control de todos los puertos, demuestran que la zona de descarga de los emisarios submarinos de CORPESCA S.A. en la Zona Norte, no recibe ninguna influencia de esta variable. Esta variable está en Clase 1.
- En relación a los Sólidos Suspendidos Totales se puede concluir que los emisarios submarinos no ejerce una alteración visible de esta variable en todos los puertos de descarga de la actividad pesquera. Esta variable está en Clase 1.
- Los Aceites y Grasas muestran una leve influencia sobre el cuerpo de agua receptor del emisario submarino, sin embargo en los últimos tres años se observa una notable mejoría de la calidad de las aguas situándolas en las Clases 1 y 2, fundamentalmente en Clase 2, y eventualmente en Clase 1.

- La industria pesquera del Norte Grande no está causando ningún efecto sobre la calidad de la aguas por los detergentes sobre la zona de descarga del emisario submarino.
- En razón de lo expuesto se puede concluir que los tratamientos de los efluentes que CORPESCA S. A. realiza en las plantas a partir de la entrada en vigencia del DS 90 han contribuido a mejorar notablemente la calidad de las aguas del cuerpo receptor, con un mínimo efecto en el ambiente marino y por tanto, fijando la calidad mayoritariamente en Clase 1.

**23° Reunión COMITÉ OPERATIVO**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 28 de abril del 2009  
Lugar : DIRECTEMAR, Valparaíso  
Hora : 10:30 a 13:30 hrs

**DOCUMENTOS DE REUNIÓN**

| N° | CONTENIDO           |
|----|---------------------|
| 1  | Tabla de Reunión    |
| 2  | Acta de reunión     |
| 3  | Presentación        |
| 4  | Lista de Asistencia |

Dirección Ejecutiva  
Departamento Prevención y Control de la Contaminación  
Sección Control Hídrico

**Reunión Comité Operativo**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 28 de abril 2009  
Lugar : DIRECTEMAR, Valparaíso  
Hora : 10:30 a 13:30 hrs

**TABLA DE REUNIÓN**

| HORA  | CONTENIDO  | RESPONSABLE                                       |
|-------|--|---|
| 10:30 | Bienvenida e introducción  | Mariela Arévalo<br>CONAMA                         |
| 10:40 | Consulta sobre solicitud de SONAPESCA para reunión temática: parámetros tabla 5  | Mariela Arévalo<br>CONAMA                         |
| 10:50 | Parámetros:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura</li> <li>- Cloro Libre Residual</li> <li>- Cloruros Tabla 1</li> <li>- DBO5 Tabla 1</li> </ul> Conceptos:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona de Protección Litoral</li> <li>- Estuarios</li> <li>- Artefactos Navales</li> <li>- Contaminación Difusa</li> </ul> | Mariela Arévalo<br>Claudia Galleguillos<br>CONAMA |
| 13:00 | Acuerdos y Cierre  | Claudia Galleguillos<br>CONAMA                    |

108940

**ACTA REUNIÓN**  
**23° REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO**  
**PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**

**Tema:** COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00  
**Fecha:** 28 DE ABRIL 2009      **Lugar:** DIRECTEMAR- VALPARAÍSO  
**Horario:** 10:30 hrs a las 13:30 hrs.

| LISTA DE ASISTENCIA     |                |                             |
|-------------------------|----------------|-----------------------------|
| NOMBRE                  | INSTITUCIÓN    | CORREO ELECTRÓNICO          |
| Verónica Vergara        | SISS           | vvergara@siss.cl            |
| Nancy Cepeda R.         | SISS           | ncepeda@siss.cl             |
| Gabriel Zamorano        | SISS           | gzamorano@siss.cl           |
| Carmen Rivera           | EVYSA CONAMA   | crivera@conama.cl           |
| Juan Berasaluce A.      | DIRECTEMAR     | jberasaluce@directemar.cl   |
| Nancy Villarroel R.     | DIRECTEMAR     | nvillarroel@directemar.cl   |
| Olga Espinoza           | SAG            | olga.espinoza@sag.gob.cl    |
| Pablo Lagos             | SUBPESCA       | plagos@subpesca.cl          |
| Cristian Andaur         | SERNAPESCA     | candaur@sernapesca.cl       |
| Fernando Aguirre        | DGA            | fernando.aguirre@mop.gov.cl |
| Ricardo Serrano         | RRNN CONAMA    | rserrano@conama.cl          |
| Mariela Arévalo         | HIDRICA CONAMA | marevalo@conama.cl          |
| Claudia Galleguillos C. | HIDRICA CONAMA | cgalleguillos@conama.cl     |

| INASISTENTES                 |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| INSTITUCIÓN                  | CORREO ELECTRÓNICO           |
| ODEPA                        | taquero@odepa.gob.cl         |
| Ministerio de Economía       | iladrondeguevara@economia.cl |
| JURIDICA CONAMA              | cravanal@conama.cl           |
| MINSAL                       | pedro.riveros@minasl.cl      |
| Kristal                      | jhomsí@kristal.cl            |
| CENMA                        | pmatus@cenma.cl              |
| Comisión Nacional de Energía | cgomez@cne.cl                |
| COCHILCO                     | rbrantes@cochilco.cl         |
| Comisión Nacional de Riego   | pparra@riegocnr.gov.cl       |

**TABLA DE LA REUNION:**

- Bienvenida
- Consulta sobre solicitud de SONAPESCA para reunión temática: parámetros Tabla 5.
- Parámetros:
  - Temperatura

**FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO:**  
 MIERCOLES 13 DE MAYO 2009, ENTRE LAS 10:30 A 13:00 HRS

- Cloro Libre Residual
- Trihalometanos
- Cloruros Tabla 1
- DBO<sub>5</sub> en tablas de emisión
- Conceptos:
  - Zona de protección Litoral
  - Estuarios
  - Artefactos Navales
  - Contaminación difusa

**1.- SOLICITUD SONAPESCA PARA REUNIÓN TEMÁTICA- PARAMETROS TABLA 5:**

- CONAMA HIDRICA: Explica al Comité Operativo que se ha recibido la solicitud de SONAPESCA para realizar una reunión temática, cuyo objetivo principal es plantear antecedentes respecto a los parámetros aceites y grasas y sólidos suspendidos totales de la tabla 5, cuyos valores se deben bajar al 10° año de vigencia de la norma, según lo estipula el DS90 vigente. Se procede a dar lectura a la carta enviada por ASIPNOR.
- DIRECTEMAR: Plantea que se están recopilando los antecedentes y registros de los informes oficiales de autocontrol, para contar con los datos reales respecto a las emisiones de sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y aceites y grasas.
- EVYSA: Opina que el sector pesquero debe enviar antecedentes que justifiquen el cumplimiento del DS90, lo cual, en el largo plazo no impactará los cuerpos receptores.
- SUBPESCA: Considera que, a pesar que estamos en la etapa final del proceso de revisión del DS90, es correcto recibir las inquietudes de los pesqueros y realizar una reunión temática a la brevedad posible.
- DIRECTEMAR: Entrega antecedentes preliminares respecto a las emisiones de los pesqueros en los últimos años.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acuerda recibir al sector pesquero el día lunes 04 de mayo 2009, a las 11:00 hrs, en CONAMA Central. Los organismos convocados serán DIRECTEMAR, SERNAPESCA, SUBPESCA, SISS, J. HOMSI, CONAMA.

**2.- TEMPERATURA:**

- HIDRICA CONAMA: Expone propuesta para parámetro temperatura en el DS90. Plantea que DGA ha presentado metodología para estimar las temperaturas referenciales de los cuerpos de agua superficiales terrestres. DIRECTEMAR presenta otros métodos para medir este parámetro en las aguas marinas. La propuesta se presenta para establecer deltas de temperatura sobre las temperaturas referenciales.
- SERNAPESCA: Plantea que la información presentada a CONAMA respecto a los efectos de la temperatura en los ecosistemas marinos, es sólo referencial.
- SUBPESCA: Indica que los antecedentes presentados por SERNAPESCA considera los efectos de la temperatura en organismos adultos, sin embargo, los estados larvales o juveniles son bastante más sensibles.
- DGA: Mencionan que el servicio puede establecer las temperaturas basales de los cuerpos de agua superficiales continentales, en base a una metodología que está siendo validada en 3 cuencas de la zona norte y centro. Luego serán validadas en la zona sur. Se ha podido comprobar que esta metodología ha sido bastante precisa. Hay dos tipos de cuencas: 1.- Donde la DGA cuenta con estaciones de monitoreo, las cuales son

**FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO:**  
MIÉRCOLES 13 DE MAYO 2009, ENTRE LAS 10:30 A 13:00 HRS

controladas y medidas en terreno; 2.- Las cuencas sin estaciones de monitoreo, donde no hay registros ni datos, se genera una gradiente por cotas y, en base a una formula, se extrapolan los datos al punto geográfico determinado.

- DIRECTEMAR: Comentan que la Autoridad Marítima no tiene la capacidad de tomar las temperaturas basales, por lo tanto, plantean que es el titular del proyecto el que debe medir el delta de temperatura, a través de la diferencia que se produce en la temperatura de entrada y salida del proceso.
- SUBPESCA: Está demostrado que pequeñas variaciones de temperatura de 2°C en los ecosistemas, producen cambios y efectos visibles.
- SISS: No solo basta con analizar los efectos de este parámetro, sino que falta realizar el análisis económico del impacto que puede producir este cambio. Piensa que la propuesta presentará problemas en el análisis económico.
- DGA: Plantea que es posible tomar algunas plantas modelos para ver su cumplimiento y evaluación económica pertinente. La SISS debe enviar esta información.
- SISS: Indican que están trabajando en la elaboración de esta información, la cual enviarán a CONAMA durante la semana.
- SUBPESCA: El argumento es ver si las empresas cumplen o no con este parámetro, pero esto no es lo que rige en el Comité Técnico, por lo tanto, no es el real fundamento que se requiere para tomar la decisión de mejorar lo que hoy existe en temperatura del DS90.
- CONAMA: Está de acuerdo con lo planteado por SUBPESCA, donde existen antecedentes técnicos que nos indican que la temperatura es un parámetro que afecta a los ecosistemas y se debe ajustar. Sin embargo, se realizará la evaluación económica como una forma de contar con mayores antecedentes a la hora de tomar una decisión.
- SISS: Mencionan que es muy importante contar con una temperatura máxima para poder fiscalizar el parámetro.
- EVYSA: Menciona que la propuesta de DIRECTEMAR, respecto a establecer el delta de temperatura entre el ingreso y la salida del proceso, no tiene ninguna lógica y no cumple con el objetivo que se busca solucionar con la modificación de este parámetro, ya que la captación de agua se puede realizar en un lugar muy distinto a la descarga, incluso en cuerpos de agua dulce que luego se descargan en el mar.
- CONAMA: Solicita a DIRECTEMAR realizar la consulta al SHOA para evaluar la factibilidad de tomar temperaturas basales.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acepta adoptar el concepto de "Temperatura Referencial" propuesto por la DGA. SISS enviará antecedentes de temperaturas de descarga que serán traspasados a la DGA para identificar las temperaturas referenciales correspondientes. Con esto se podrá estimar la evaluación económica del cambio propuesto.

**3- CLORO LIBRE RESIDUAL**

- CONAMA HIDRICA: Presenta al Comité Operativo respecto a incluir el Cloro Libre Residual en todas las tablas (FE y de emisión), con los siguientes valores: Tablas FE, 1, 2, 3 y 4= 0,5 mg/l y Tabla 5= 2 mg/l. Sin embargo, EVYSA CONAMA presenta una contrapropuesta de normar en la tabla 5 con un valor de 1,5 mg/l.
- EVYSA CONAMA: Menciona que el valor de 2 mg/l en la tabla 5, puede ser muy alto, dado que esta tabla no controla DBO<sub>5</sub>, la cual contiene alta carga orgánica. El informe

técnico para el agua potable (salud de las personas), recomienda sobre 1 mg/l. La norma de emisión de Panamá, establece este valor en 1,5 mg/l.

- SISS: Menciona que la norma para el agua potable establece un mínimo de 0,2 mg/l y un máximo de 2 mg/l. Considera que el 2 mg/l es el óptimo para reducir al máximo la formación de THM y no representa un gran problema en la remoción e impacto económico. Le recuerda al Comité Operativo que la tabla 5, son emisarios que descargan fuera de la ZPL, por lo tanto, no utilizan la cloración.
- CONAMA HIDRICA: Considera que el valor de 2 mg/l por litro tiene mayor sustento y fundamento que el valor de 1,5 mg/l, por lo tanto, sugiere al Comité Operativo dejar el valor propuesto por la SISS, de 2 mg/l en la tabla 5.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se aprueba la propuesta presentada, para normar el Cloro Libre Residual en la tabla FE, 1, 2, 3 y 4 con 0,5 mg/l y la tabla 5 con 2 mg/l.

**4- TRIHALOMETANOS:**

- CONAMA HIDRICA: Presenta al Comité Operativo propuesta para normar THM de la siguiente forma: Tabla FE, 1 y 3= 0,2 mg/l ; Tabla 2, 4 y 5= 0,5 mg/l.
- SISS: Menciona que, la propuesta presentada era dejar los triclorometanos en la tabla 1 y 2, con los valores vigentes actualmente. Esto debido a que no se cuentan con antecedentes de bromo para estimar un nuevo valor.
- EVYSA CONAMA: Está de acuerdo con la SISS de mantener el Cloroformo con los valores vigentes en la tabla 1 y 2, sin embargo, considera relevante incluir los trihalometanos en la tabla 3, 4 y 5.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se mantiene el triclorometano con sus valores vigentes en las tablas 1 y 2. Se acuerda incluir Trihalometanos en la tabla 3, o en su defecto, triclorometano con el valor de la tabla 1. EVYSA buscará mayores antecedentes en normas internacionales para incluir los Trihalometanos en las tablas 4 y 5, con valores internacionales.

**5- CLORUROS EN TABLA 1:**

- CONAMA HIDRICA: Plantea que se ha solicitado subir el valor del parámetro cloruro en la tabla 1, de 400 a 500 mg/l, fundamentando que las aguas residuales presentan mayores concentraciones de cloruro que el Agua Potable y se debe compatibilizar con la Norma de Agua Potable donde se acepta hasta 500 mg/l de Cloruro. Respecto a esta solicitud, se analiza lo siguiente: En la actualidad se reconoce la existencia de fuentes de agua potable con mayor concentración de cloruro y se permite en ella, **bajo ciertas condiciones**, superar los 400 mg/l. Asimismo, se enfatiza el fundamento entregado por SAG en la norma vigente: "Si se toma en consideración la gran cantidad de frutales de exportación que se cultivan en la zona central (carozos, nectarines, uva de mesa, etc.), se propone un límite máximo de 300 mg/l de cloruros en la tabla N°1". Además, se debe considerar que la tabla 1 es un cuerpo receptor sin capacidad de dilución, por lo tanto, se estaría permitiendo una descarga mayor de cloruros incluso en quebradas secas, con escurrimiento temporal. Este parámetro afecta a los ecosistemas de agua dulce. Se consulta a SISS, ¿Cuántas empresas sanitarias presentan problemas de cloruro por descargas en tabla 1?. Le recuerda al Comité Operativo que estamos analizando una



norma que tiene alcance nacional y no se estima un criterio apropiado considerar el incumplimiento de la norma en sólo 1 o dos casos en Chile para subir los valores de los parámetros.

- RRNN CONAMA: Considera que en el proceso de revisión no debe ser preponderante el incumplimiento de la norma, sino evaluar los impactos que se han generado o se generarán con la misma. Solicita al Comité Operativo ser consecuentes con las decisiones que se tomen.
- SISS: Menciona que los contenidos naturales del agua potable en el norte de Chile, hace que las aguas servidas sean mayores a 400 mg/l. El mismo problema se presenta con el boro. Menciona que son pocos los casos de empresas que sobrepasan los 400 mg/l en la tabla 1.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acuerda dejar los cloruros en 400 mg/l en la tabla 1 (no modificar el valor vigente).

#### 6.- DBO EN TABLAS DE EMISIÓN

- CONAMA: Presenta al Comité Operativo antecedentes respecto a la solicitud de cambiar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión por DBO carbonacea. Menciona que la SISS ha propuesto dejar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión por falta de antecedentes, sin embargo, propone hacer una excepción en la tabla 1. CONAMA consulta a la SISS ¿Por que se solicita esta excepción en la tabla 1?, ¿Cuales son los antecedentes que fundamentan este cambio?.
- SISS: Menciona que la Tabla 1 tiene una inconsistencia entre la DBO y el Nitrógeno, ya que los actuales límites están estipulados en base a carbón y no con nitrificación.
- CONAMA: Propone al Comité Operativo dejar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión, con sus actuales valores, ya que no existe un análisis real del tema que fundamente algún cambio. De todas formas, se deberá dejar constancia que existe una inconsistencia en la tabla 1, la cual, deberá ser estudiada para su modificación en el próximo proceso de revisión.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se acuerda dejar la DBO<sub>5</sub> con los valores vigentes en las tablas de emisión. Asimismo, el Comité Operativo se compromete a buscar los antecedentes necesarios para rectificar el problema detectado en la tabla 1, en el próximo proceso de revisión de la norma.

#### 7.- ESTUARIOS:

- CONAMA: Plantea que la DGA realizó propuesta para abordar los estuarios en el DS90. Para esto, se define estuario como: Cuerpo de agua costero semicerrado, que tiene una conexión con el mar, dentro del cual el agua de mar se mezcla con el agua dulce derivada del drenaje terrestre. Asimismo, en el punto 4, consideraciones generales, se agregaría el siguiente párrafo: "Para el caso de descargas en las zonas de estuario, se podrá solicitar al Servicio competente la determinación del caudal de dilución en dicha zona. En caso de determinar caudal de dilución 0, se deberá dar cumplimiento a los límites máximos permisibles de acuerdo a la tabla número 3. En caso de determinar un caudal de dilución mayor a cero, se podrá incrementar el valor de cada parámetro, teniendo como límite máximo lo estipulado en la tabla 2. Además, se cambiaría el título en la tabla 3, quedando "Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpo de agua lacustre y estuarios sin capacidad de

|  |
|--|
| <p><u>dilución</u>".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: El Comité Operativo solicita tiempo para revisar la propuesta de la DGA y poder pronunciarse en las próximas reuniones donde el tema sea abordado.</li> </ul>  |
| <p><b>8.- ARTEFACTOS NAVALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA: Presenta al Comité Operativo modificación del párrafo correspondiente a Artefactos Navales, donde DIRECTEMAR solicita completar la frase agregando la siguiente precisión: "..., inscritos o no en los registros de la autoridad marítima,...".</li> <li>• SUBPESCA: Solicita que además se agregue la precisión "... de recursos hidrobiológicos".</li> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Acuerdan la siguiente redacción para los artefactos navales: " Los artefactos navales, inscritos o no en los registros de la Autoridad Marítima, que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo de recursos hidrobiológicos, cuya metodología de caracterización será determinada por la Autoridad Marítima"</li> </ul>   |
| <p><b>8.- CONTAMINACIÓN DIFUSA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAMA: Plantea al Comité Operativo que ha sido solicitado por el Comité Ampliado, la necesidad de definir Contaminación Difusa. Se presenta la siguiente propuesta de definición "Emisiones de contaminantes, no atribuibles a una fuente emisora establecida"</li> <li>• ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se solicita analizar jurídicamente la necesidad real de incluir esta definición en el Decreto. La definición propuesta se debe revisar, ya que no representa lo que es la contaminación difusa.</li> </ul>   |
| <p><b>OTROS:</b></p>   |
| <p><b>COMPROMISOS ADOPTADOS:</b></p> <p><b>CONAMA HIDRICA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Citará a SONAPESCA a reunión el lunes 04 de mayo 2009.</li> <li>• Enviara oficio a DIRECTEMAR, solicitando consulta formal al SHOA para evaluar factibilidad de medir temperaturas referenciales.</li> <li>• Analizará económicamente el impacto de la temperatura en sistemas continentales.</li> </ul> <p><b>SISS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviará a CONAMA listado de temperaturas de descargas en Chile, para ser entregado a la DGA para determinar temperaturas referenciales.</li> </ul> <p><b>DGA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecerá temperaturas referenciales para los puntos de descargas entregados por la SISS.</li> </ul> <p><b>DIRECTEMAR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizará consulta al SHOA para evaluar factibilidad de establecer las temperaturas referenciales en los puntos de descarga.</li> <li>• Enviará a CONAMA los monitoreos oficiales recibidos por esta autoridad, para evaluación del sector pesquero respecto a los parámetros AyG, SSED y SST en la tabla 5.</li> </ul> <p><b>EVYSA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscará valores referenciales en normas internacionales, para normar trihalometanos en las tablas 4 y 5.</li> </ul> |

**FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO:**  
MIÉRCOLES 13 DE MAYO 2009, ENTRE LAS 10:30 A 13:00 HRS



GOBIERNO DE CHILE  
CONAMA

# REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO PROCESO DE REVISIÓN DS 90

28 ABRIL 2009

## TABLA DE REUNIÓN

### PARÁMETROS:

- Temperatura
- Cloro Libre Residual
- THM
- Cloruros Tabla 1
- DBO5 en tablas de emisión

### CONCEPTOS:

- Zona de Protección Litoral (ZPL). Análisis de Emisarios.
- Estuarios
- Artefactos Navales
- Contaminación Difusa



## TEMPERATURA

**SOLICITUD:**

- MODIFICAR EN LA NORMA

**FUNDAMENTOS:**

- Actualmente se propone un máximo de temperatura (30°C a 40°C) en la norma vigente. Claramente no es lo mismo la emisión de aguas con esta temperatura en el norte que en el sur de Chile, ni en la costa como en cordillera.
- Existen antecedentes que los cambios de temperatura afectan los ecosistemas. MINSAL en su oficio ORD. N°5334, menciona que los ríos de nuestro país presentan perfiles de temperatura estacional y axial que varían significativamente. El estrés térmico de un cuerpo receptor afecta directamente la cadena trófica acuática y el transporte de peces en el sistema.

**PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:**

- Agregar en tabla FE, 1, 2, 3, 4 y 5, la siguiente frase:  
"Delta de temperatura de N°C, sobre la temperatura del cuerpo de captación, cuyo procedimiento de medición será establecido por la autoridad competente"
- En tabla FE, 1 y 3, se propone delta de 3°C
- En tabla 2 y 4, se propone Delta de 5°C
- En tabla 5, se propone Delta de 7°C



## Cloro Libre Residual

**SOLICITUD:**

- Incluir en la norma

**SOLICITADO POR:**

- DIRECTEMAR, ORD. N°12.600/422, del 20 de junio 2008.

**FUNDAMENTOS:**

- Es el principal compuesto que fomenta la formación de Organoclorados.
- Existe problemas con el método de medición, el cual se debe medir en terreno necesariamente.
- Método DPD o fotómetro, no sirven para medir este parámetro en aguas coloreadas, ya que es un método colorimétrico.
- Para aguas coloreadas se debe usar el método FAS, que requiere una analítica más compleja.
- SISS- ORD. N°400 del 16.02.09. "En función de los antecedentes detallados, esta SISS estima que un valor factible de lograr y medir para el CLRL en efluentes de PTAS que descargan a cuerpos fluviales no debiese ser inferior a 0,5 mg/l. Para el caso de descargas al mar, en consideración a la mayor capacidad de dilución del receptor, se propone un valor no inferior a 2,0 mg/l como límite máximo.

**PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:**

- FE= 0,5 mg/l
- T1, T2, T3 y T4= 0,5 mg/l
- T5 = 1,5 o 2 mg/l



**THM**SOLICITUD:

- Incluir en la norma

SOLICITADO POR:

- Sesiones del Comité Operativo

FUNDAMENTOS:

- Propiedades cancerígenas y mutagénicas sobre el ser humano, comprobadas en 1976 por el Instituto nacional del Cáncer en Estados Unidos.

PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

Se cambia triclorometano por Trihalometanos

- FE = 0,2 mg/l
- T1= 0,2 mg/l
- T2= 0,5 mg/l
- T3= 0,2 mg/l
- T4 y T5= 0,5 mg/l

**CLORUROS EN TABLA 1**SOLICITUD:

- Subir valores de Cloruros en Tabla 1

SOLICITADO POR:

- ANDESS

FUNDAMENTOS:

- Compatibilizar el DS90 con la norma de agua potable y aumentar en la tabla N°1 desde 400 a 500 mg/l en su concentración.
- En la actualidad se reconoce la existencia de fuentes de agua potable con mayor concentración de cloruro y se permite en ella, bajo ciertas condiciones, superar los 400 mg/l, esto sumado al hecho de una presencia natural de cloruros en las aguas servidas hace necesario una revisión.
- Fundamento entregado por SAG en la norma vigente: "Si se toma en consideración la gran cantidad de frutales de exportación que se cultivan en la zona central (carozos, nectarines, uva de mesa, etc.), se propone un límite máximo de 300 mg/l de cloruros en la tabla N°1.

PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Al tratarse de un cuerpo receptor sin capacidad de dilución (incluso quebradas secas), se propone mantener el valor de 400 mg/l en tabla 1.



### DBO5 en tablas de emisión

SISS propone lo siguiente:

- Mantener la regulación de la DBO5 en los términos actuales, de designación y valores, en Tablas 2, 3 y 4
- En tabla 1, agregar nota aclaratoria:  
"En los casos de sistemas de tratamiento, cuyo efluente tratado cumpla el límite de NTK de esta Tabla, la autoridad competente podrá autorizar que para el parámetro DBO5 se controle sólo su componente carbonácea."



### ZONA DE PROTECCIÓN LITORAL

Se considera la propuesta aprobada por el Comité Operativo el 10 de marzo 2009.

Pronunciamiento Jurídico:

Es posible aplicar solo a las nuevas descargas y no a las antiguas. (Sin efecto retroactivo para el caso de la ZPL), pero sólo a los emisarios que se encuentran construidos y autorizados.

Propuesta final:

Nota:

"La presente modificación sobre el contenido y alcance del ancho de la Zona de Protección Litoral, no será aplicable a las fuentes emisoras que, a la fecha de publicación en el Diario Oficial del D.S. N°XX, estén construidas y autorizadas para descargar sus residuos líquidos de acuerdo a la Ley".



## ESTUARIOS

### DEFINICIÓN:

Estuarios: Cuerpo de agua costero semicerrado, que tiene una conexión con el mar, dentro del cual el agua de mar se mezcla con el agua dulce derivada del drenaje terrestre.

### 4. CONSIDERACIONES GENERALES

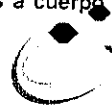
- Para el caso de descargas en las zonas de estuario, se podrá solicitar al Servicio competente la determinación del caudal de dilución en dicha zona.

En caso de determinar caudal de dilución 0, se deberá dar cumplimiento a los límites máximos permisibles de acuerdo a la tabla número 3.

En caso de determinar un caudal de dilución mayor a cero, se podrá incrementar el valor de cada parámetro, teniendo como límite máximo lo estipulado en la tabla 2.

### TABLA 3:

"Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpo de agua lacustre y estuarios sin capacidad de dilución".



## ARTEFACTOS NAVALES

3.5 Para efectos de evaluar la condición de fuente emisora, se considerará:

- Los artefactos navales, inscritos o no en los registros de la autoridad marítima, que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo, cuya metodología de caracterización será determinada por la autoridad marítima.



## CONTAMINACIÓN DIFUSA

3.12 Contaminación Difusa: Emisiones de contaminantes, no atribuibles a una fuente emisora establecida.



## NUEVO CALENDARIO DE REUNIONES

### Comité Operativo

|         |                                     |
|---------|-------------------------------------|
| 12 mayo | Ordinaria de Comité Operativo       |
| 19 mayo | Extraordinaria del Comité Operativo |
| 26 mayo | Ordinaria del Comité Operativo      |

### Grupos de Trabajo

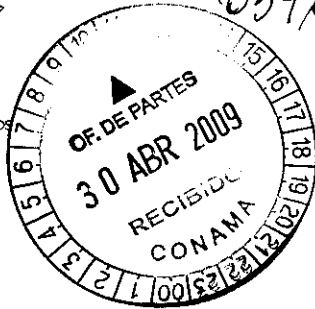
|          |  |
|----------|--|
| 08 mayo  | Monitoreo y Control                        |
| 14 mayo  | Monitoreo y Control                        |
| 15 mayo  | Cuerpo fluvial afluente de Cuerpo Lacustre |
| 05 junio | Presentación anteproyecto                  |





COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS90  
 MARTES 28 DE ABRIL 2009  
 10:30 A 13:30 HRS

| NOMBRE               | INSTITUCIÓN | TELÉFONO      | E-MAIL                      | FIRMA |
|----------------------|-------------|---------------|-----------------------------|-------|
| JUAN BERNALUCE A     | DIRECTEMAR  | (32) 220 8334 | jbernaluce@directemar.cl    |       |
| Nancy Villanueva R.  | DIRECTEMAR  | (32) 220 8328 | n.villanueva@directemar.cl  |       |
| Venencia Vergara S.  | SISS        | 3824122       | Vvergara@sis.cl             |       |
| Marcy Cepeda S.      | SISS        | 3824191       | mcepede@sis.cl              |       |
| PABLO LAGO S.        | SURPESCA    | (32) 2502765  | PLAGO@SURPESCA.CL           |       |
| CRISTIAN ANDAUR      | SEONAPESCA  | (32) 2819279  | CANDAUR@SEONAPESCA.G        |       |
| Fernando Aguirre Z.  | DGA         | (2) 4493770   | fernando.aguirre@wop.gub.cl |       |
| Gabriel Zamorano     | SISS        | (2) 382 4194  | gzamorano@sis.cl            |       |
| Carmon Purúa M.      | Conama      | 2405649       | carmon@conama.cl            |       |
| RICARDO SERRANO      | CONAMA      | (2) 2411825   | rserrano@conama.cl          |       |
| Maricela Quevedo     | CONATA      | (2) 2405664   | maricela@conama.cl          |       |
| OLGA ESPINOZA        | SAB         | (2) 345-1535  | olga.gospinoza@sab.gub.cl   |       |
| Claudia Galleguillos | CONAMA      | 2405706       | cgalleguillos@conama.cl     |       |



1469

ORD. N° \_\_\_\_\_ /

ANT.: DS SEGPRES 90/00.  
Proceso de revisión

MAT.: Regulación de parámetro  
THMS.

Control temperatura

ADJ: CD

SANTIAGO, 30 ABR 2009

DE: SUPERINTENDENTA DE SERVICIOS SANITARIOS

A : SR. JEFE DEPTO. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Con relación al proceso de revisión del DS 90/2000 y las proposiciones para regulación de los parámetros trihalometanos y temperatura, planteadas en reunión de fecha 14.04.09 del Comité Operativo, esta Superintendencia estima conveniente informar:

i) Trihalometanos

Para el parámetro trihalometanos (THMS), considerado como la suma de cloroformo + bromoformo + dibromoclorometano + bromodichlorometano, se ha propuesto incorporarlo en las Tablas 4 y 5 (descargas al mar) del DS90, con una concentración máxima de 0,5 (mg/l)

Esta SISS estima conveniente diferir para un próximo proceso de revisión del DS90 la regulación de los THMS, en atención a:

- A la fecha, de los antecedentes de control del DS90 vigente, sólo se tiene información del cloroformo, que está regulado en las Tablas 1 y 2 con límites máximos de 0,2 y 0,5 (mg/l); no se cuenta con información de concentraciones de compuestos con bromo ni en las aguas residuales crudas ni en los efluentes tratados que descargan al mar y a cuerpos fluviales. En consecuencia, no es posible respaldar que el valor de 0.5 mg/l que se propone para la suma de los cuatro compuestos sea factible de cumplirse.
- Por otra parte, en el Comité Operativo se ha acordado incorporar como nuevo parámetro el cloro libre residual (CLRL) en las 5 Tablas de la norma, con valores límite de 0,5 (mg/l) en las Tablas 1, 2, 3, y 4 y de 2.0 (mg/l) en la Tabla 5, cuya regulación contribuirá en forma importante a prevenir la formación de compuestos órgano clorados en el cuerpo receptor.

ii) Temperatura

Con el propósito de analizar, por parte de la DGA, la factibilidad de regular este parámetro en función de la temperatura basal del cuerpo receptor, CONAMA ha

solicitado a la SISS facilite los antecedentes disponibles de su cumplimiento. Con este objeto, se adjunta CD con información del año 2007, que incluye:

- Descargas de PTAS
  - o Región, localidad
  - o Cuerpo receptor
  - o Coordenadas punto descarga
  - o Fecha análisis
  - o Caudal de descarga (l/seg)
  - o Temperaturas promedio, mínima, máxima
  - o Tabla del DS 90 a cumplir
  
- Descargas de riles
  - o Comuna
  - o Código establecimiento industrial
  - o Cuerpo receptor
  - o Coordenadas punto descarga
  - o Fecha análisis
  - o Caudal descarga (m3/día)
  - o Temperaturas promedio, mínima, máxima
  - o Tabla del DS 90 a cumplir



**DAVID PERALTA ANABALÓN**  
Superintendente de Servicios Sanitarios  
Subrogante

Saluda atentamente a Ud.,

*[Handwritten initials]*  
DFA/ GZS/ VMS/ NCR  
Of. 187-09

**DISTRIBUCION:**

- Sr. Jefe Depto. Control de la Contaminación- Conama
- Fiscalía
- Oficina de Partes

Superintendencia de Servicios Sanitarios  
Moneda 673, Piso 9  
Código Postal: 6500 721  
Teléfono: 56 - 2 - 382 4000  
Fax: 56 - 2 - 382 4002 / 382 4003  
Santiago de Chile

<http://www.siss.gob.cl>

**ESVAL S.A.**

PROYECTO : **SANEAMIENTO DEL LITORAL – V REGION.**

INFORME TECNICO : ITAMB-168, de Abril del 2009

MATERIA : "ANALISIS DE LOS ALCANCES ECONOMICOS DEL CAMBIO DEL PARAMETRO CRITICO SST DE LA TABLA 5 DEL DS 90 PARA EL 10º AÑO DE SU APLICACION"

REFERENCIA :  
1) Informe ITAMB-156 de ESVAL- R. Galindo  
2) Informe ITAMB-165 de ESVAL- R. Galindo  
3) Informe ITAMB-166 de ESVAL- R. Galindo

CARÁCTER : INFORME TECNICO

ELABORADO POR:

Raúl Galindo U.  
Ingeniero Civil  
Asesor Ambiental

INDICE TEMÁTICO.

1. RESUMEN EJECUTIVO Y CONCLUSIONES.
2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
3. METODOLOGIA A APLICAR
4. DESARROLLO DEL ANALISIS
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXO ATAMB-168-1 – CUADROS

## 1. RESUMEN EJECUTIVO Y CONCLUSIONES.

El presente **Informe Técnico ITAMB-168** tiene por finalidad evaluar la incidencia económica efectiva que se deriva de la aplicación del cambio del contenido máximo de SST en efluentes vertidos fuera de la ZPL (Tabla 5 del DS 90) considerada para el año 10º de puesta en vigencia la Normativa. Según la estadística disponible de los controles exigidos por la autoridad marítima y la SISS, este sería en general el parámetro más crítico de alcanzar, y de ser adoptado también se ajustarían los S SED y las A&G.

Por su parte ESVAL junto a otras empresas sanitarias han hecho llegar diversos antecedentes y estudios, con la clara finalidad de aportar bases objetivas con que evaluar los beneficios ambientales relativos y los impactos técnicos y efectos económicos, de mantener la disminución de parámetros de dicha tabla prevista por la misma normativa.

En general se ha podido demostrar sobre estudios basados en estadísticas idóneas y rigurosos estudios científicos, que bajo los actuales valores límites aplicados (definidos por el DS 90 antes del año 10º), no existe efecto ecológico apreciable en el medio marino aledaño a la descarga, aún considerando efectos mutagénicos y tóxicos para las comunidades acuáticas. Por lo tanto, es plenamente esperable, que el beneficio ambiental del cambio previsto en la Norma, resulte ser absolutamente marginal. Sin embargo, el impacto técnico y económico del mismo, será definitivamente muy significativo.

No obstante lo anterior, parecería necesario adicionalmente aportar antecedentes válidos de otro aspecto central en el estudio de una Norma, su impacto económico. Esta es concretamente la finalidad del presente informe.

Sobre la base de los antecedentes, análisis estadísticos, cálculos e interpretaciones de resultados descritos en los informes de la referencia llevados a cabo para 9 emisarios (2 Norte, Algarrobo, Cartagena, Concón Oriente, El Tabo, Higuera, Quintero, El Tabo, Loma Larga y San Antonio) a partir de sus respectivos PVAs, es posible elaborar el correspondiente análisis económico. Para ello se hizo uso de criterios básicos de diseño de las plantas más eficientes requeridas para alcanzar la concentración máxima, restringidas a las condicionantes morfológicas propias de las ciudades costeras. Se usaron ecuaciones de costo de las componentes de cada solución, perfeccionadas y actualizadas del Estudio de Zavala y Palange para el World Bank. Con ello se ha podido concluir para 8 emisario de ESVAL (no se consideró al de 2 Norte por ser una obra con objetivos especiales) lo siguiente:

- 1) El supuesto básico de toda Norma, es que esta va a ser cumplida en su integridad. El concepto de "un número menor de no cumplimientos", no existe entonces.
- 2) Para dar cumplimiento en un 100% a la exigencia para los SST considerada para el año 10º de vigencia del DS 90 de un máximo de 300 ppm, la Empresa,

debería entonces actuar para mejorar sus sistemas de tratamiento actuales. Considerando la necesidad de un diseño "robusto", que garantice esa condición siempre, el tipo mínimo de tratamiento que se debería aplicar sería de nivel "primario" (Cuadro N° 4).

- 3) Sin embargo, en ciudades costeras de una amplia zona del país, existen muy claras restricciones topográficas para emplazar una planta de nivel primario vecina a la costa (Cuadro N° 5). Además su viabilidad en zonas urbanizadas, resulta muy compleja y muy probablemente difícil de aceptar por la comunidad, debida consideración a su función y eventual emanación de olores. Esto conduciría en muchos casos a la necesidad de re-estructurar completamente la solución existente, buscando nuevas ubicaciones. Dichas zonas estarían normalmente en lugares altos alejados de la costa, en donde sólo sería esperable emplazar una planta de "nivel secundario" y a donde sería necesario aplicar "retro-bombeo" a las aguas servidas desde un punto de concentración localizado en el borde de la costa (Cuadro N° 6).
- 4) Definido así el problema, las inversiones incrementales requeridas serían cuantiosas (Cuadro N° 7) y para los 8 emisarios de ESVAL, corresponderían al rango de 7 - 60 veces la inversión actualmente existente en tratamiento.
- 5) El Costo Marginal Clásico de estas nuevas obras (\$/ppm) destinadas a eliminar el excedente de SST sobre 300 ppm se sitúa entre 47 a 225 (M\$/ppm). Considerada la baja probabilidad de ocurrencia de ese evento de excedencias, el valor "esperado" de ese Costo Marginal se sitúa entre 110 a 81.300 (M\$/ppm).
- 6) Los resultados obtenidos son perfectamente extrapolables al resto de nuestro País. En todo caso se recomienda que estas consideraciones sólo sean tenidas en cuenta para emisarios bien construidos que descargan efluentes preponderantemente domésticos a mares abiertos.
- 7) Por otra parte, estudios basados en estadísticas idóneas y rigurosos métodos científicos, han demostrado que bajo los actuales valores límites aplicados (definidos por el DS 90 antes del año 10°), no existe efecto ecológico apreciable en el medio marino aledaño a la descarga, aún considerando efectos mutagénicos y tóxicos para las comunidades acuáticas. Por lo tanto, es plenamente esperable, que el beneficio ambiental del cambio previsto en la Norma, resulte ser absolutamente marginal, pero su costo económico no.

## 2. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

El presente **Informe Técnico ITAMB-168** tiene por finalidad evaluar la incidencia económica efectiva que se deriva de la modificación del parámetro SST de la Tabla 5 del DS 90 para su 10º año de aplicación..

Se tiene como precedente que, en el desarrollo de la revisión de la Normativa del DS 90, ESVAL junto a otras empresas sanitarias han hecho llegar diversos antecedentes y estudios, con la clara finalidad de aportar bases objetivas con que evaluar los beneficios ambientales relativos y los impactos técnicos y económicos, de mantener la disminución de parámetros de dicha tabla prevista por la misma normativa.

En general se ha podido demostrar sobre estudios basados en estadísticas idóneas y rigurosos análisis científicos, que bajo los actuales valores límites aplicados (definidos por el DS 90 antes del año 10º desde su puesta en vigencia), no existe efecto ecológico apreciable en el medio marino aledaño a la descarga, aún considerando efectos mutagénicos y tóxicos para las comunidades acuáticas. Por lo tanto, es plenamente esperable, que el beneficio ambiental del cambio previsto en la Norma, resulte ser absolutamente marginal.

Sin embargo, el impacto técnico y económico del mismo, será definitivamente muy significativo.

Lo que específicamente se ha podido también comprobar a través de dichos estudios, es que con base en la tecnología de tratamiento actualmente en uso en prácticamente todos los emisarios submarinos a un costo razonable (tratamiento preliminar), se obtienen efectos benéficos para la ecología del medio, dándose pleno cumplimiento a la normativa en los efluentes descargados con los actuales valores límites de la Tabla Nº 5 para SST, S SED y A&G. En cambio se comprueba fehacientemente que los nuevos valores previstos para el año 10º de su vigencia, no sería posible cumplirlos en el 100 % de las oportunidades. Entiéndase con esto, que no se estaría en condiciones de cumplir una Norma nacional.

Toda esta información y los estudios derivados, han sido puestos a disposición de la SISS, con la finalidad de coordinar las acciones conjuntas dentro de los Comité de CONAMA encargadas de la revisión de la Norma, contribuyendo a justipreciar beneficios ambientales con los impactos tarifarios sobre la población, que de eventuales modificaciones de ella se derivarían.

Concretamente la modificación de parámetros considerada, es la siguiente:



| <u>PARAMETRO</u> | <u>VALOR ACTUAL(DS 90)</u> | <u>NUEVO VALOR</u> |
|------------------|----------------------------|--------------------|
| SST              | 700 ppm                    | 300 ppm            |
| A&G              | 350 ppm                    | 150 ppm            |
| SSED             | 50 ml/l/hr                 | 20 ml/l/hr         |

Dado que toda la amplia fundamentación científica, técnica y económica elaborada por instancia de las empresas sanitarias, poco restaría complementar. No obstante lo cual, en el presente Informe Técnico ITAMB-168, ha considerado pertinente actualizar y afinar el impacto económico esperable para el caso de ESVAL S.A. de este cambio en la concentración de los SST, demonstrado como el parámetro crítico en anteriores Informes.

### 3. METODOLOGIA A APLICAR.

A partir de la amplia información y estudios disponibles sobre el tema en comento, es posible contar como punto de partida con las concentraciones máximas estadísticas válidas de los SST y sus excedencias sobre el valor límite de 300 ppm..

Dichos estudios de base se desarrollaron a partir de una data estadística obtenida de los PVAS disponibles desde su inicio hasta Octubre del año 2008 de los 9 emisarios submarinos de ESVAL: 2 Norte, Algarrobo, Cartagena, Concón Oriente, El Tabo, Higuera, Quintero, El Tabo, Loma Larga y San Antonio. Sus resultados fueron consignados en el Informe Técnico ITAMB- 165 del mismo autor, el que se usa como referencia del presente.

Dado que existe absoluta coincidencia entre la SISS y la ESVAL, que el parámetro más crítico asociado a la modificación de los parámetros del DS 90 es el de SST, y que en general la tecnología asociada de tratamiento suele estar referida al parámetro crítico (en el dominio obtenido para las concentraciones máximas de SST, SSED y A&G de los efluentes de emisarios), este estudio se referirá específicamente a dicho parámetro.

Debida consideración a la magnitud de esas concentraciones máximas se seleccionaran los niveles de tratamiento requeridos para 8 de los 9 emisarios de ESVAL (no se consideró al de 2 Norte por ser una obra con objetivos especiales). Debido a las restricciones morfológicas y urbanas existentes normalmente en localidades costeras de una amplia extensión del territorio nacional, dicha solución deberá ser evaluada críticamente con la finalidad de definir aquella que sea viable de construir.

Finalmente, a partir de un diseño a nivel de ingeniería conceptual de los componentes óptimos de cada planta y obras anexas, se estimarán los montos de inversión requeridos sobre base estadística.

#### 4. DESARROLLO DEL ANALISIS.

##### 4.1. Excedencias de los parámetros SST bajo la condición actual y propuesta del D.S. 90.

Se dispone para ello de los resultados específicos de diversos estudios anteriores del mismo autor, tales como el Informe Técnico ITAMB-165 (Ref 2) y el ITAMB-166 (Ref 3):

- Cuadro N° 1 – Anexo Técnico ATAMB-168-1: Excedencias numéricas y anuales para los 9 emisarios seleccionados y el parámetro SST.

Estos resultados representan la realidad obtenida directamente de la data disponible, sin manejo estadístico especial.

##### 4.2. Estadísticos de los SST de los emisarios de ESVAL.

De la misma data anterior se procedió a efectuar cálculos estadísticos convencionales que se resumen en el siguiente cuadro:

- Cuadro N° 2 – Anexo Técnico ATAMB-168-1: ESTADISTICOS DE LOS VALORES MEDIOS Y EXTREMOS DE LOS SST para los 9 emisarios.

Estos resultados representan la realidad obtenida directamente de la data disponible.

##### 4.3. Cálculo de las probabilidades normales de excedencia de la nueva normativa.

Con base en las "medias" obtenidas en el acápite anterior para los valores de los SST de los 9 emisarios de ESVAL y sus "Desviaciones Estándar", bajo un criterio de

distribución normal, se procede a calcular la "probabilidad estadística normal" de obtener valores de muestras de ellos de concentración  $> 300$  (ppm). Los resultados se incluyen en el Cuadro N° 3 del Anexo Técnico ATAMB-168-1.

Se sigue una técnica estadística convencional para este cálculo. Es decir que una vez obtenido el valor de prueba "Z" (Columna 6 – Cuadro N° 3), se obtiene la probabilidad "P" de obtener valores "menores o iguales" de las Tablas Normales, y luego el valor complementarios (1-P), es decir mayores de 300 (ppm), que es el que se incluye en la Columna 7 del Cuadro N° 3.

Estos resultados ilustrativos por si mismos, fueron interpretados en el referido Informe Técnico ITAMB-166 (Ref 3), del mismo autor.

#### 4.4. Cálculo estimativo de las eficiencias máximas necesarias para dar cumplimiento a la Normativa.

Finalmente, a partir de los estadísticos máximos de SST representados en el Cuadro N° 3, es posible calcular un orden de aproximación de la eficiencia "máxima teórica" de tratamiento (sin considerar las restricciones morfológicas y urbanas efectivamente existentes en cada localidad asociada al Emisario) con la que sería necesario contar, para tener certeza máxima que los efluentes de cada uno de los emisarios no vulnerarían la futura normativa de 300 (ppm). Los resultados se entregan en el Cuadro N° 4 del Anexo Técnico ATAMB-168-1.

Tomando como base de referencia la eficiencia media de remoción asociada al parámetro en estudio de Fair – Geyer – Okum, para diferentes procesos y/o sistemas de tratamiento y los valores máximos medidos para cada emisario, se ha podido incluir en el mismo Cuadro N° 4, el "nivel teórico" de tratamiento requerida para alcanzar el nuevo límite propuesto para el D.S. 90.

Los anteriores niveles de tratamiento obtenidos, conducen en todos los casos a la necesaria incorporación adicional para cada emisario de un sistema de nivel "primario" (por ejemplo sedimentación simple). Este suele requerir espacios relativamente grandes y tiene como derivados indeseables volúmenes significativos de lodos "primarios" y olores.

Sin embargo, todo lo anterior, se basa en supuestos muy poco realistas en la viabilidad objetiva de construir sistemas de tratamiento adicionales a las plantas con que actualmente cuenta cada emisario. Lo cual resulta muy claro de las exigencias en obras y restricciones imperantes en cada lugar para ellas que se han incluido en la matriz del Cuadro N° 5 – ATAMB-168-1

4.5. Sistema de tratamiento adicional requerido para los emisarios de ESVAL considerando restricciones reales.

Tomando en consideración las restricciones existentes definidas en el punto 4.4 (Cuadro N° 5), antecedentes cartográficos y consideraciones urbanas asociadas a cada una de las localidades, se definió su nivel de tratamiento más adecuado y proceso más probable para lograr el cumplimiento de la nueva exigencia de la Norma. Para aquellas localidades en las cuales no es físicamente posible localizar una planta costera (dadas las mismas restricciones existentes) y se requerirá de un "retro-bombeo" hasta zonas altas planas y alejadas de viviendas, se ha considerado la imposibilidad de aplicar un tratamiento primario y luego volver a conducir hasta un emisario submarino. En esos casos el nivel de tratamiento deberá ser "secundario" y no se requerirá un emisario.

Esto se sintetiza en el Cuadro N° 6 (explicativo por sí mismo), que además incluye otros parámetros de diseño a nivel de ingeniería conceptual.

4.6. Cálculo de las inversiones incrementales requeridas.

En el Cuadro N° 7 se ha detallado la morfología a nivel de ingeniería conceptual de cada Planta de Tratamiento asociada a cada emisario, sus componentes y el cálculo de las inversiones requeridas. Los criterios utilizados aparecen claramente señalados en el mismo cuadro.

4.7. Cálculo de las Inversiones marginales y costos marginales asociados al cumplimiento de la modificación del parámetro SST al 10° año de la vigencia del DS 90.

Finalmente en el Cuadro N° 8 se calcula el Costo Marginal "Bruto" y su valor esperado considerando la probabilidad de excedencia sobre 300 ppm del parámetro SST en cada emisario.

El Costo Marginal (\$/ppm) "bruto" corresponde simplemente al clásico. Es decir:

$$CMg = \frac{\Delta C}{\Delta SST}$$

El Costo Marginal (\$/ppm) "esperado" corresponde al clásico considerando la probabilidad de excedencia normal sobre 300 ppm. Es decir:

$$CMg = \frac{\Delta C}{\Delta SST \times P(SST > 300 \text{ ppm})}$$

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Aparecen incluidas en el Resumen Ejecutivo al inicio del Informe.

## ANEXO TECNICO ATAMB – 168 – 1

CUADRO N° 1: ANALISIS ESTADISTICO PARA LOS SST

| EMISARIO    | Q. DISEÑO<br>(L/S) | N° Valores | SST        |            |              |              |
|-------------|--------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|             |                    |            | Nro. Excd. | Nro. Excd. | Prob. Exced. | Prob. Exced. |
|             |                    |            | (≥700)%    | (≥300)%    | (≥700)%      | (≥300)%      |
| 2 Norte     | 2600               | 68         | 3          | 8          | 4.4          | 11.8         |
| Algarrobo   | 410                | 108        | 1          | 14         | 0.9          | 13.0         |
| Cartagena   | 468                | 107        | 0          | 20         | 0.0          | 18.7         |
| Con Con O.  | 310                | 218        | 0          | 8          | 0.0          | 3.7          |
| El Tabo     | 425                | 143        | 0          | 2          | 0.0          | 1.4          |
| Higuerilla  | 204                | 200        | 1          | 5          | 0.5          | 2.5          |
| Quintero    | 212                | 91         | 0          | 7          | 0.0          | 7.7          |
| Loma Larga  | 6000               | 245        | 1          | 25         | 0.4          | 10.2         |
| San Antonio | 540                | 92         | 0          | 32         | 0.0          | 34.8         |

FUENTE: Elaboración propia a partir de la data de los PVAs respectivos

CUADRO N° 2: ESTADISTICOS DE LOS VALORES MEDIOS Y EXTREMOS DE LOS SST.

| EMISARIO    | Q. DISEÑO<br>(L/S) | Numero<br>Valores | Valor<br>Medio<br>(ppm) | Valores Extremos (ppm) |               | DST    |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------|
|             |                    |                   |                         | Mínimo<br>ppm          | Máximo<br>ppm |        |
| 2 Norte     | 2600               | 68                | 217                     | 20                     | 790           | 141.33 |
| Algarrobo   | 410                | 108               | 186                     | 31                     | 724           | 113.73 |
| Cartagena   | 468                | 107               | 237                     | 47                     | 680           | 99.90  |
| Con Con O.  | 310                | 218               | 191                     | 55                     | 375           | 57.65  |
| El Tabo     | 425                | 143               | 114                     | 21                     | 450           | 63.83  |
| Higuerilla  | 204                | 200               | 179                     | 3                      | 853           | 76.23  |
| Quintero    | 212                | 91                | 198                     | 28                     | 508           | 79.71  |
| Loma Larga  | 6000               | 245               | 220                     | 30                     | 850           | 81.95  |
| San Antonio | 540                | 92                | 286                     | 126                    | 475           | 72.11  |
| PROMEDIOS   |                    |                   | 203                     | 40                     | 634           | 87     |

FUENTE: Elaboración propia a partir de la data de los PVAs respectivos



CUADRO N° 3: ANALISIS ESTADISTICO DE PROBABILIDAD NORMAL QUE LOS  
SST  $\geq$  300 [PPM]

| EMISARIO    | Q. DISEÑO<br>(L/S) | Numero<br>Valores | Valor<br>Medio<br>(ppm) | DST    | Z=<br>(300-VM)<br>DST | Probabilidad<br>P(SST $\geq$ 300)<br>(%) |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------------------|--------|-----------------------|--|
| 2 Norte     | 2600               | 68                | 217                     | 141.33 | 0.584                 | 28.1                                     |
| Algarrobo   | 410                | 108               | 186                     | 113.73 | 1.005                 | 15.87                                    |
| Cartagena   | 468                | 107               | 237                     | 99.90  | 0.634                 | 26.4                                     |
| Con Con O.  | 310                | 218               | 191                     | 57.65  | 1.891                 | 2.94                                     |
| El Tabo     | 425                | 143               | 114                     | 63.83  | 2.912                 | 0.179                                    |
| Higuerilla  | 204                | 200               | 179                     | 76.23  | 1.588                 | 5.59                                     |
| Quintero    | 212                | 91                | 198                     | 79.71  | 1.285                 | 9.9                                      |
| Loma Larga  | 6000               | 245               | 220                     | 81.95  | 0.973                 | 16.6                                     |
| San Antonio | 540                | 92                | 286                     | 72.11  | 0.188                 | 42.5                                     |

FUENTE: Elaboración propia a partir de la data de los PVAs respectivos y una distribución Normal de los valores de SST.

CUADRO N° 4: TRATAMIENTO MAXIMO REQUERIDO PARA LLEVAR LOS SST  
SIEMPRE A UN LIMITE DE 300 [PPM]

| EMISARIO    | Q. DISEÑO<br>(L/S) | Numero<br>Valores | Valor<br>Medio<br>(ppm) | Valor<br>Máximo<br>(ppm) | Eficiencia<br>Requerida<br>(%)(1) | Tipo Mínimo<br>Tratamiento(2) |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 2 Norte     | 2600               | 68                | 217                     | 790                      | 62                                | PRIMARIO                      |
| Algarrobo   | 410                | 108               | 186                     | 724                      | 59                                | PRIMARIO                      |
| Cartagena   | 468                | 107               | 237                     | 680                      | 56                                | PRIMARIO                      |
| Con Con O.  | 310                | 218               | 191                     | 375                      | 20                                | PRIMARIO                      |
| El Tabo     | 425                | 143               | 114                     | 450                      | 33                                | PRIMARIO                      |
| Higuerilla  | 204                | 200               | 179                     | 853                      | 65                                | PRIMARIO                      |
| Quintero    | 212                | 91                | 198                     | 508                      | 41                                | PRIMARIO                      |
| Loma Larga  | 6000               | 245               | 220                     | 850                      | 65                                | PRIMARIO                      |
| San Antonio | 540                | 92                | 286                     | 475                      | 37                                | PRIMARIO                      |

FUENTE: Elaboración propia a partir de la data de los PVAs respectivos

NOTA: (1) A partir de la concentración máxima y de un límite de 300 (ppm)  
(2) Según la denominación clásica y sus eficiencias medias respecto de SST

CUADRO N° 5: TRATAMIENTO ADICIONAL REQUERIDO PARA DAR SATISFACCION A LOS REQUERIMIENTOS PROPUESTOS DEL DS 90 – EMISARIOS ESVAL Y SUS RESTRICCIONES.

| EMISARIO    | Tipo general Tratamiento (1) | Sedimentación Asistida Vertical (2) | Tratamiento Avanzado de Olores (3) | Tratamiento de Lodos in situ(4) | DIFICULTADES ESPERABLES (5) |               |                   |              |
|-------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|--------------|
|             |                              |                                     |                                    |                                 | Terreno                     | Constructivas | Rechazo Comunidad | Manejo Lodos |
| Algarrobo   | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | A                           | M             | A                 | A            |
| Cartagena   | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | A                           | M             | A                 | A            |
| Con Con O.  | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | A                           | M             | A                 | A            |
| El Tabo     | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | A                           | M             | A                 | A            |
| Higuerilla  | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | A                           | M             | A                 | A            |
| Quintero    | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | M                           | M             | A                 | A            |
| Loma Larga  | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | A                           | A             | B                 | A            |
| San Antonio | PRIMARIO                     | SI                                  | SI                                 | NO                              | B                           | A             | B                 | A            |

FUENTE: Elaboración propia

NOTA: Sólo referencial y muy favorable, dado que es altamente probable que la planta de tratamiento en la mayoría de los casos se debería construir en lugares alejados del emisario, incorporando cambios estructurales a los sistemas de porteo, bombeo y redes de alcantarillado hasta lugares factibles de utilizar.

(1): Del Cuadro N° 4

(2): Dadas las dificultades de contar con espacio adecuado habría que utilizar tecnología de sedimentación asistida vertical (compacta) en "manto de lodos" del tipo "PULSATOR" o similar.

(3): Asumiendo el supuesto de posible localización en las vecindades de las actuales plantas preliminares de cada emisario

(4): Se deberán portear los lodos a lugares de tratamiento alejados de la planta bajo los supuestos anteriores

(5): Terreno: En general y salvo Loma Larga y San Antonio, todos los lugares donde actualmente se emplazan las plantas de tratamiento presentan grandes dificultades para la instalación de una planta compacta primaria. En Higuerilla y Concón Oriente probablemente se deberían refundir en una sola planta común con grandes cambios estructurales en los sistemas actuales de porteo de las aguas residuales.

Constructivas: En Loma Larga habrá que ampliar la plataforma costera con elevadas inversiones para dar cabida a la nueva planta.

Rechazo comunidad: por razones obvias, lo que hará muy difícil la concreción de las obras en plazos cortos

Manejo de Lodos: Deberán extraerse mediante equipo especial seguro para conducirlo a plantas alejadas del lugar de la planta

ESCALA: A= alta; M= media; B= baja

CUADRO N° 6: TRATAMIENTO ADICIONAL MAS VIABLE REQUERIDO PARA DAR SATISFACCION A LAS EXIGENCIAS DEL DS 90.

| EMISARIO    | Q. DISEÑO (L/S) | Q. DISEÑO TARIFARIO (L/S) | TRATAMIENTO |                | ALTURA BOMBEO Topográfica (M) (3) |
|-------------|-----------------|---------------------------|-------------|----------------|-----------------------------------|
|             |                 |                           | Nivel (1)   | Tecnología (2) |                                   |
| Algarrobo   | 410             | 88.4                      | Secundario  | Lodos Act.     | 75                                |
| Cartagena   | 468             | 88.9                      | Secundario  | Lodos Act.     | 125                               |
| Con Con O.  | 310             | 156.9                     | Secundario  | Lodos Act.     | 190                               |
| El Tabo     | 425             | 77.9                      | Secundario  | Lodos Act.     | 100                               |
| Higuerilla  | 204             | 120                       | Secundario  | Lodos Act.     | 190                               |
| Quintero    | 212             | 80.7                      | Secundario  | Lodos Act.     | 30                                |
| Loma Larga  | 6000            | 1743.8                    | Primario    | Sed. Simple    | 450 - 30                          |
| San Antonio | 540             | 236.2                     | Primario    | Sed. Simple    | 50                                |

FUENTE: Elaboración propia

NOTA: Sólo referencial y muy favorable, según lo señalado en el Cuadro N° 5.

(1): Del Cuadro N° 5 – Dificultades Esperables

(2): De la referencia bibliográfica especializada. Se ha supuesto tratamiento primario con sedimentación simple para el costeo. Sin embargo, lo más probable será que se recurra a sedimentación asistida vertical (compacta) en "manto de lodos" del tipo "PULSATOR" o similar

(3): De cartografía básica y apreciación en terreno. En el caso de Loma Larga el primer valor es para un retro-bombeo hasta una zona exterior alta en donde se pueda localizar una Planta Secundaria. La segunda altura está asociada a la ampliación de la actual plataforma costera y la construcción de una Planta Primaria.

CUADRO N° 7: CONSOLIDACION A NIVEL DE INGENIERIA CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y SUS COMPONENTES Y ESTIMACION DE INVERSIONES ASOCIADAS.

| ITEM  | UNIDAD     | EMISARIOS  |           |            |          |            |          |            |             |
|---|------------|------------|-----------|------------|----------|------------|----------|------------|-------------|
|   |            | Algarobito | Cartagena | Con Con O. | El Tabo  | Higuerilla | Quintero | Loma Larga | San Antonio |
| <b>1.- CAUDALES DE ANALISIS:</b>            |            |            |           |            |          |            |          |            |             |
| 1.1.- Máximo Diseño(1)                      | (L/S)      | 410        | 468       | 310        | 425      | 204        | 212      | 6000       | 540         |
| 1.2.- Tarifario(2)                          | (L/S)      | 88.4       | 88.9      | 156.9      | 77.9     | 120        | 80.7     | 1743.8     | 236.2       |
| 1.3.- Máximo Diseño                         | (M3/D)     | 35424      | 40435.2   | 26784      | 36720    | 17625.6    | 18316.8  | 518400     | 46656       |
| 1.3.- Tarifario                             | (M3/D)     | 7637.76    | 7680.96   | 13556.16   | 6730.56  | 10368      | 6972.48  | 150664.32  | 20407.68    |
| 2.- Población Equivalente(3)                | (HAB)      | 236160     | 269568    | 178560     | 244800   | 117504     | 122112   | 3456000    | 311040      |
| <b>3.- INVERSION NORMAL (Grandes Item):</b> |            |            |           |            |          |            |          |            |             |
| 3.1.- Instalación de Faenas (4)             | (MUSS)     | 0.885      | 0.970     | 0.728      | 0.907    | 0.544      | 0.559    | 5.733      | 0.602       |
| 3.2.- Preparación de Terrenos (5)           | (MUSS)     | 2.368      | 2.595     | 1.952      | 2.428    | 1.462      | 1.501    | 15.131     | 1.618       |
| 3.3.- Tratamiento Preliminar (6)            | (MUSS)     | 0.973      | 1.074     | 0.790      | 0.999    | 0.579      | 0.596    | 7.169      | 0.645       |
| 3.4.- Sedimentadores Primarios (7)          | (MUSS)     | 1.729      | 1.887     | 1.438      | 1.771    | 1.092      | 1.120    | 10.116     | 1.203       |
| 3.5.- Unidades de Lodos Activados (8)       | (MUSS)     | 8.049      | 8.886     | 6.531      | 8.268    | 4.777      | 4.916    |            |             |
| 3.5.- Tuberías Internas (9)                 | (MUSS)     | 1.528      | 1.674     | 1.259      | 1.566    | 0.943      | 0.969    | 4.876      | 0.522       |
| 3.5.- Estaciones de Bombeo Interno(10)      | (MUSS)     | 1.654      | 1.800     | 1.382      | 1.692    | 1.057      | 1.083    | 6.166      | 0.775       |
| 3.6.- Instalaciones Eléctricas(11)          | (MUSS)     | 2.448      | 2.698     | 1.993      | 2.513    | 1.465      | 1.507    | 11.759     | 1.088       |
| 3.5.- Desinfección por Cloración(12)        | (MUSS)     | 0.774      | 0.843     | 0.647      | 0.793    | 0.494      | 0.506    | 4.373      | 0.543       |
| 3.5.- Edif. Control-Lab-Bodegas(13)         | (MUSS)     | 2.137      | 2.307     | 1.818      | 2.182    | 1.427      | 1.459    | 6.557      | 1.010       |
| 3.6.- Controles e Instrumentos(14)          | (MUSS)     | 1.336      | 1.481     | 1.076      | 1.374    | 0.778      | 0.802    | 5.341      | 0.436       |
| 4.- Subtotal                                | (MUSS)     | 23.882     | 26.215    | 19.615     | 24.494   | 14.618     | 15.018   | 77.220     | 8.441       |
| 5.- Servicios de Ingeniería (10%)           | (MUSS)     | 2.388      | 2.621     | 1.962      | 2.449    | 1.462      | 1.502    | 7.722      | 0.844       |
| 6.- Imprevistos (22%)                       | (MUSS)     | 5.779      | 6.344     | 4.747      | 5.928    | 3.538      | 3.634    | 18.687     | 2.043       |
| 7.-COSTO TOTAL INVERSION NORMAL             | (MUSS)     | 32.049     | 35.180    | 26.324     | 32.871   | 19.617     | 20.154   | 103.629    | 11.328      |
| 8.-Costo Trat. Primario Per Cápita          | (US\$/HAB) | 136        | 131       | 147        | 134      | 167        | 165      | 30         | 36          |
| <b>9. INVERSIONES COMPLEMENT.</b>           |            |            |           |            |          |            |          |            |             |
| <b>AJUSTE A SITUACION REAL</b>              |            |            |           |            |          |            |          |            |             |
| 9.1.- H.Topográfica (15)                    | (M) (5)    | 75         | 125       | 190        | 100      | 190        | 30       | 30         | 50          |
| 9.2.- Largo de la Retro-impulsión (16)      | (M)        | 5000       | 5000      | 5000       | 5000     | 5000       | 5000     | 50         | 50          |
| 9.3.- Diámetro Aproximado (17)              | (MM)       | 660        | 705       | 574        | 672      | 465        | 474      | 2523       | 757         |
| 9.4.-Pérdidas por Fricción (JxL)(18)        | (M)        | 10         | 10        | 10         | 10       | 10         | 10       | 0.1        | 0.1         |
| 9.5.- H. Manométrica (19)                   | (M)        | 85         | 135       | 200        | 110      | 200        | 40       | 30.1       | 50.1        |
| 9.6. Potencia Instalada (20)                | (HP)       | 1046       | 1895      | 1860       | 1403     | 1224       | 254      | 5418       | 812         |
| 9.7.- P. U. Impulsion Constr.(21)           | (US\$/ml)  | 3564.521   | 1611.650  | 1064.911   | 1462.725 | 699.023    | 726.603  | 20980.877  | 1861.194    |
| 9.8.- Costo Impuls. Exter. retrobomb(22)    | (MUSS)     | 17.823     | 8.058     | 5.325      | 7.314    | 3.495      | 3.633    | 1.049      | 0.093       |
| 9.9.- P.U. Bomb.-OCCC-Ins. Elec-Inst(23)    | (US\$/HP)  | 1151.558   | 887.975   | 895.320    | 1012.853 | 1074.921   | 2135.295 | 561.195    | 1286.270    |
| 9.10.- Costo Estac Bomb Externa (24)        | (MUSS)     | 1.204      | 1.683     | 1.665      | 1.421    | 1.316      | 0.543    | 3.041      | 1.044       |
| 9.11.- Superficie Plataforma Costera (25)   | M2         |            |           |            |          |            |          | 40000      | 10000       |
| 9.12. Plataf. Costera- rellen-Protoc. (26)  | M3         |            |           |            |          |            |          | 320000     | 80000       |
| 9.13. Base Estabilizada (27)                | M3         |            |           |            |          |            |          | 20000      | 5000        |
| 9.14.- P.U. Constr.Plataf. Costera (28)     | US\$/M3    |            |           |            |          |            |          | 81         | 54          |
| 9.15.- P.U. Estabilizado (29)               | US\$/M3    |            |           |            |          |            |          | 36.570     | 24.380      |
| 9.16.- Costo Construc. Plataforma (30)      | (MUSS)     |            |           |            |          |            |          | 25.920     | 4.320       |
| 9.17.- Costo Estabilizado (31)              | (MUSS)     |            |           |            |          |            |          | 0.731      | 0.122       |
| 9.18.- Costo Total Plataforma (32)          | (MUSS)     |            |           |            |          |            |          | 26.651     | 4.442       |
| 10.- Subtotal                               | (MUSS)     | 19.027     | 9.741     | 6.990      | 8.734    | 4.811      | 4.176    | 30.741     | 5.579       |
| 11.- Servicios de Ingeniería (10%)          | (MUSS)     | 1.903      | 0.974     | 0.699      | 0.873    | 0.481      | 0.418    | 3.074      | 0.558       |
| 12.- Imprevistos (22%)                      | (MUSS)     | 4.604      | 2.357     | 1.692      | 2.114    | 1.164      | 1.011    | 7.439      | 1.350       |
| 13.-COSTO TOTAL INV. COMPLEMENT.            | (MUSS)     | 25.534     | 13.073    | 9.380      | 11.721   | 6.456      | 5.605    | 41.254     | 7.487       |
| 10.-COSTO TOTAL INVERSIONES                 | (MUSS)     | 57.583     | 48.253    | 35.704     | 44.592   | 26.073     | 25.759   | 144.884    | 18.815      |
| 8.-Costo Trat. Primario Total Per Cápita    | (US\$/HAB) | 244        | 179       | 200        | 182      | 222        | 211      | 42         | 60          |

FUENTE: Elaboración propia

NOTA 1: Análisis a nivel de ingeniería conceptual. La conceptualización de las Plantas de Tratamiento con base a la Bibliografía especializada y prácticas normales de ingeniería civil para estas instalaciones.

NOTA 2: Costos elaboración propia a partir de las Funciones de Base de Zavala y Palange para el World Bank, actualizadas y ajustadas al año 2005.

(1): Información proporcionada por ESVAL.

(2): Información proporcionada por ESVAL. Valor de referencia no usado para este análisis.

(3): Información proporcionada por ESVAL.

(4):  $0.0006*(Qd^{0.6965})$

(5):  $0.0017*(Qd^{0.6911})$

(6):  $0.0004*(Qd^{0.7443})$

(7):  $0.00175*(Qd^{0.6583})$

(8):  $0.0032*(Qd^{0.7475})$

(9):  $0.0011*(Qd^{0.6908})$

(10):  $0.002*(Qd^{0.6413})$

(11):  $0.0011*(Qd^{0.7358})$

(12):  $0.0009*(Qd^{0.6451})$

(13):  $0.005*(Qd^{0.5783})$

(14):  $0.0004*(Qd^{0.7746})$

- (15): Del Cuadro N° 6
- (16): Largo estimado de cartografía básica.
- (17): Diámetro estimado de la velocidad media "económica" normal.
- (18): A partir de un "J" medio económico.
- (19): Clásica
- (20): 20 QxH + 50% (instalada)
- (21): De valores estadísticos de presupuestos reales ajustados
- (22): Considerando precio unitario y largo impulsión
- (23): De valores estadísticos de presupuestos reales ajustados.
- (24): Considerando precio unitario y potencia instalada
- (25): Estimación conservadora
- (26): Considerando un alto medio de 8 m.
- (27): Estabilizado medio de .5 m.
- (28): De valores estadísticos de presupuestos reales ajustados.
- (29): De valores estadísticos de presupuestos reales ajustados.
- (30): Considerando precio unitario y volumen.
- (31): Idem
- (32): Suma total

**CUADRO N° 8: CALCULO DEL COSTO MARGINAL DIRECTO Y ESPERADO DE APLICAR EL LIMITE DE 300 PPM DE SST A CADA EMISARIO.**

| ITEM                                    | UNIDAD     | EMISARIOS |           |            |           |            |           |            |             |
|---|------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|
|   |            | Algarobo  | Cartagena | Con Con O. | El Tabo   | Higuerilla | Quintero  | Loma Larga | San Antonio |
| Valor Tratamiento Actual (1)            | (MUS\$)    | 0.964     | 0.975     | 1.898      | 0.911     | 1.521      | 1.023     | 20.591     | 2.395       |
| Valor Tratamiento Viables Requerido (2) | (MUS\$)    | 57.563    | 48.253    | 35.704     | 44.592    | 26.073     | 25.759    | 144.884    | 18.815      |
| Concentración Máxima SST (3)            | (PPM)      | 724       | 680       | 375        | 450       | 853        | 508       | 850        | 475         |
| Probabilidad Normal SST≥300 (PPM) (4)   | (%)        | 15.87     | 26.4      | 2.94       | 0.179     | 5.59       | 9.9       | 16.6       | 42.5        |
| Incremento Marginal de Inv. Requerida   | (MUS\$)    | 58.619    | 47.278    | 33.807     | 43.681    | 24.553     | 24.736    | 124.293    | 16.421      |
| Incremento Marginal de SST Eliminados   | (PPM)      | 424       | 380       | 75         | 150       | 553        | 208       | 550        | 175         |
| Costo Marginal Bruto (5)                | (US\$/PPM) | 133535.28 | 124416.60 | 450753.49  | 291205.10 | 44398.80   | 118923.19 | 225986.86  | 93832.23    |
| Costo Marginal Bruto (6)                | (M\$/PPM)  | 66.77     | 62.21     | 225.38     | 145.60    | 22.20      | 59.46     | 112.99     | 46.92       |
| Costo Mg Esperado (7)                   | (M\$/PPM)  | 420.72    | 235.64    | 7665.88    | 81342.21  | 397.13     | 600.62    | 680.68     | 110.39      |

FUENTE: Elaboración propia

- (1): Información proporcionada por ESVAL de las actuales Plantas preliminares de cada emisario.
- (2): Del Cuadro N° 7.
- (3): Del Cuadro N° 2.
- (4): Del Cuadro N° 3.
- (5): Incremental de Inversión requerida/Incremental neto de SST eliminados para cumplir la Norma de 300 ppm.
- (6): Incremental de Inversión requerida/Incremental neto de SST eliminados para cumplir la Norma de 300 ppm.
- (7): Incremental de Inversión requerida/Incremental neto de SST eliminados para cumplir la Norma de 300 ppm x Probabilidad de excedencia sobre 300 ppm (4))

**Reunión Temática “Sector Pesquero”  
“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 04 de mayo del 2009

Lugar : CONAMA, piso 5

Hora : 10:30 a 12:00 hrs

**DOCUMENTOS DE REUNIÓN**

| N° | CONTENIDO                          |
|----|------------------------------------|
| 1  | Tabla de Reunión                   |
| 2  | Acta de reunión                    |
| 3  | Presentación realizada por ASIPNOR |
| 4  | Lista de Asistencia                |

Dirección Ejecutiva  
Departamento Prevención y Control de la Contaminación  
Sección Control Hídrico

**Reunión Temática “Sector Pesquero”**  
**“Proceso de Revisión DS 90”**

Fecha : 04 de mayo del 2009  
Lugar : CONAMA, Piso 5  
Hora : 10:30 a 12:00 hrs

**TABLA DE REUNIÓN**

| <b>HORA</b> | <b>CONTENIDO</b>           | <b>RESPONSABLE</b>  |
|-------------|----------------------------|---|
| 10:30       | Bienvenida e introducción  | Mariela Arévalo<br>CONAMA   |
| 10:40       | Exposición sector pesquero | Andrés Montalva<br>ASIPNOR<br>Marianne Hermanns<br>ASIPES<br>Héctor Bacigalupo<br>SONAPESCA |
| 12:00       | Cierre de la reunión       | Mariela Arévalo<br>CONAMA   |

**ACTA REUNIÓN**  
**REUNIÓN TEMÁTICA "SECTOR PESQUERO"**  
**PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**

**Tema:** REUNIÓN TEMÁTICA "SECTOR PESQUERO", PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00  
**Fecha:** 04 MAYO 2009      **Lugar:** CONAMA CENTRAL, SALON DE REUNIONES 5° PISO  
**Horario:** 10:30 hrs a las 12:00 hrs.

| LISTA DE ASISTENCIA     |                |  |
|-------------------------|----------------|--|
| NOMBRE                  | INSTITUCIÓN    | CORREO ELECTRÓNICO   |
| Cristian Andaur         | SERNAPESCA     | <a href="mailto:candaur@sernapesca.cl">candaur@sernapesca.cl</a>           |
| Jacobo Homsí A.         | Kristal        | <a href="mailto:jhomsí@kristal.cl">jhomsí@kristal.cl</a>                   |
| Pablo Lagos             | SUBPESCA       | <a href="mailto:plagos@subpesca.cl">plagos@subpesca.cl</a>                 |
| Nancy Cepeda            | SISS           | <a href="mailto:ncepeda@siss.cl">ncepeda@siss.cl</a>                       |
| Marianne Hermanns       | ASIPES         | <a href="mailto:mhermanns@entelechile.net">mhermanns@entelechile.net</a>   |
| José Cañón              | ASIPNOR        | <a href="mailto:icanon@corpesca.cl">icanon@corpesca.cl</a>                 |
| Hector Bacigalupo       | SONAPESCA      | <a href="mailto:hbacigalupo@sonapesca.cl">hbacigalupo@sonapesca.cl</a>     |
| Andrés Montalva         | ASIPNOR        | <a href="mailto:amontalva@corpesca.cl">amontalva@corpesca.cl</a>           |
| Juan Berasaluce         | DIRECTEMAR     | <a href="mailto:jberasaluce@directemar.cl">jberasaluce@directemar.cl</a>   |
| Nancy Villarroel        | DIRECTEMAR     | <a href="mailto:nvillarroelr@directemar.cl">nvillarroelr@directemar.cl</a> |
| Gonzalo León            | CONAMA         | <a href="mailto:gleon@conama.cl">gleon@conama.cl</a>                       |
| Mariela Arévalo         | HIDRICA CONAMA | <a href="mailto:marevalo@conama.cl">marevalo@conama.cl</a>                 |
| Claudia Galleguillos C. | HIDRICA CONAMA | <a href="mailto:cgalleguillos@conama.cl">cgalleguillos@conama.cl</a>       |

| INASISTENTES |                    |
|--------------|--------------------|
| INSTITUCIÓN  | CORREO ELECTRÓNICO |
|              |                    |
|              |                    |

|  |
|--|
| <p><b>TABLA DE LA REUNION:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bienvenida e introducción</li> <li>• Exposición sector pesquero</li> <li>• Cierre de la reunión</li> </ul>   |
| <p><b>OBJETIVO DE LA REUNIÓN:</b></p> <p>Abordar temáticas que preocupan al sector pesquero, respecto al DS 90, específicamente los parámetros al 10º año de vigencia de la norma en la tabla 5.</p>   |
| <p><b>DOCUMENTOS ENTREGADOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de ASIPNOR respecto a una propuesta para revisión de la Tabla 5, límites a partir del 10º año de vigencia del DS 90.</li> </ul>   |
| <p><b>TEMAS TRATADOS</b></p> <p>Se da por iniciada la reunión, dando el paso a la Tabla antes mencionada:</p> <p><b>1.- PRESENTACIÓN DE ASIPES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ASIPES: Presenta antecedentes la Sra. Marianne Hermanns, representante de ASIPES en el Comité Ampliado de la norma.</li> </ul> <p>Destaca que en los riles afectan diferentes procesos y distintas materias primas que se utilizan de insumos. En el sector se han implementado sistemas de bombas de presión al vacío, recirculación de descargas, lo cual ha significado una inversión de US\$16.800.000.-</p> |



Además, se han implementado 1 o 2 plantas de tratamiento por empresa con un costo aproximado de US\$37.000.000.-. Las plantas DAF, químicamente asistidos tienen un 97% de eficiencia en el ril crudo para la remoción de sólidos suspendidos. Resalta que la industria pesquera no tiene una producción continua como otros sectores industriales. Muchas industrias del sur han optado por descargar los riles en el alcantarillado.

## **2.- PRESENTACIÓN DE ASIPNOR**

- ASIPNOR: Presenta antecedentes el Sr. Andrés Montalva, representante de ASIPNOR en el Comité Ampliado de la norma, cuya presentación se adjunta.

El énfasis está en que la anchoveta es el principal recurso del norte de Chile (85%), por lo tanto, los riles poseen mayor cantidad de SST, SSED y A y G. Asimismo, el fenómeno del niño afecta por que produce aumento de la temperatura y la anchoveta se debe pescar mar adentro, lo cual significa mayor tiempo de viaje y la anchoveta se descompone rápidamente, incluso si se congela.

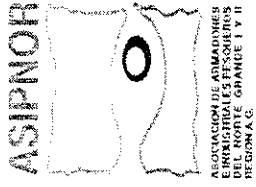
Los pesqueros del norte poseen sus propios sistemas de tratamiento y optan por la descarga en emisarios propios, no utilizan el alcantarillado.

## **OTROS:**

- SERNAPESCA y DIRECTEMAR: Solicitan a los pesqueros enviar antecedentes con datos duros de estos tres parámetros y su distribución en el tiempo.
- CONAMA: Solicita el envío de detalles respecto a la inversión que deberían realizar los pesqueros a futuro para cumplir con los límites máximos establecidos para el 10° año de vigencia de la norma en el año 2010.

## **COMPROMISOS ADOPTADOS:**

1. ASIPNOR, ASIPES y SONAPESCA enviarán los antecedentes solicitados por SERNAPESCA, DIRECTEMAR y CONAMA antes del 15 de mayo 2009.



CORPESCA S.A.



# TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA PESQUERA DEL NORTE GRANDE.

Santiago, 4 de mayo de 2009

002980

# TEMARIO

- INTRODUCCIÓN
- RECURSOS PESQUEROS
- NUESTRO TRABAJO
- INVERSIONES
- EFICIENCIA
- RESULTADOS DEL TRATAMIENTO
- RESULTADOS EN EL CUERPO RECEPTOR
- CONCLUSIONES

# I. INTRODUCCIÓN.

- La industria pesquera reductora del Norte Grande ha operado por más de cincuenta años en la zona comprendida entre el límite de nuestro país con Perú y el límite Sur de la Segunda Región. Durante todos estos años esta industria ha sido un polo de desarrollo de las ciudades en las cuales se encuentra, contribuyendo de manera preponderante a la actividad económica local.
- Actualmente la industria se encuentra operando en las ciudades de Arica, Iquique, Tocopilla y Mejillones, dando empleo estable a 5178 personas, constituyéndose en una de las escasas actividades económicas del extremo Norte con ventajas comparativas a nivel mundial.

# I. INTRODUCCIÓN.

- A principios de los años 90 la Industria Pesquera inició un programa de estudios e inversiones para mejorar la calidad ambiental de las aguas de los cuerpos receptores en donde se ubican sus plantas.

## II. RECURSOS PESQUEROS

### **Anchoveta (*Engraulis Ringens*)**

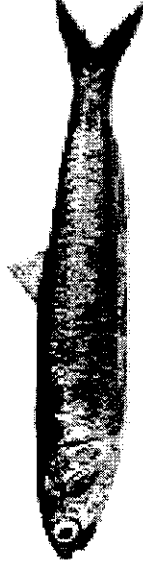
Se distribuye principalmente a lo largo de la costa Norte de Chile, 85% de las capturas.

Captura : desde superficie hasta 50 metros de profundidad.

15 cm



Pez pequeño, 15 cm de largo, 24 gramos, carne negra. Textura frágil, ril con mayor nivel de SST, AyG y SSED.



# Anchoveta

- El tejido interno y piel de este pescado son muy frágiles, gracias al manejo de la flota (optimización de tiempo de descarga) y las inversiones realizadas en los últimos años hemos podido disminuir su destrucción mejorando la calidad del ril, variables externas como la temperatura del mar favorecen o retrasan sus procesos de autólisis enzimática una vez capturado.
- Anchoveta varía su composición obteniendo un ril entre 4000 y 14000 ppm de SST, y entre 400 y 7000 ppm. de AyG, dependiendo de la temperatura del océano la anchoveta se captura entre los 15 y 24 grados celsius dependiendo de la época del año y del fenómeno oceánico, es así que con un Niño se llega a esta última temperatura en donde los ejemplares se desintegran rápidamente obteniendo una alta carga de riles (aún no hemos tenido un Niño desde la entrada en vigencia del DS 90)
- AyG dependiendo del contenido graso de la pesca que varía entre 1% (post desove y durante la Niña fuerte y 8% (año 2004) El contenido de grasa de la anchoveta varía dinámicamente, hoy tenemos un 3,5% hace un mes llegamos al 6%.

## II. RECURSOS PESQUEROS

### Jurel (*Trachurus Murphyi*)

Se encuentra a lo largo de la Costa  
Chilena

27 cm



Captura : hasta 120 metros de  
profundidad , 10% de la capturas

Tamaño aprox. 27 cm largo, peso 200 gr.,  
carne negra, de mayor dureza, ril con menor  
nivel de SST, AyG y SSED.



## II. RECURSOS PESQUEROS

### **Caballa (Scomber Japonicus)**

Se encuentra a lo largo de la Costa Chilena

Captura : hasta 200 metros de profundidad , 5% de las capturas

Tamaño aprox. 28 cm largo, peso 180 gr., dureza intermedia, ril con nivel intermedio de SST, AyG y SSED.

28 cm



### III. NUESTRO TRABAJO

- En conjunto con la Autoridad Marítima se desarrolló un programa de trabajo el cual finalmente se materializó de acuerdo a lo que se indica a continuación:
- 1.- Estudios, Monitoreo y Control de los riles:**
- Evaluación de Impacto Ambiental, Julio 1993, Universidad Arturo Prat.
  - Evaluación de Impacto Ambiental, Abril 1994, Tecnolab S.A y CICA Consultores.
  - Monitoreo de parámetros más relevantes de los riles pesqueros a partir de 1995.
  - Monitoreo del Cuerpo Receptor a partir de 1995.

# III. NUESTRO TRABAJO

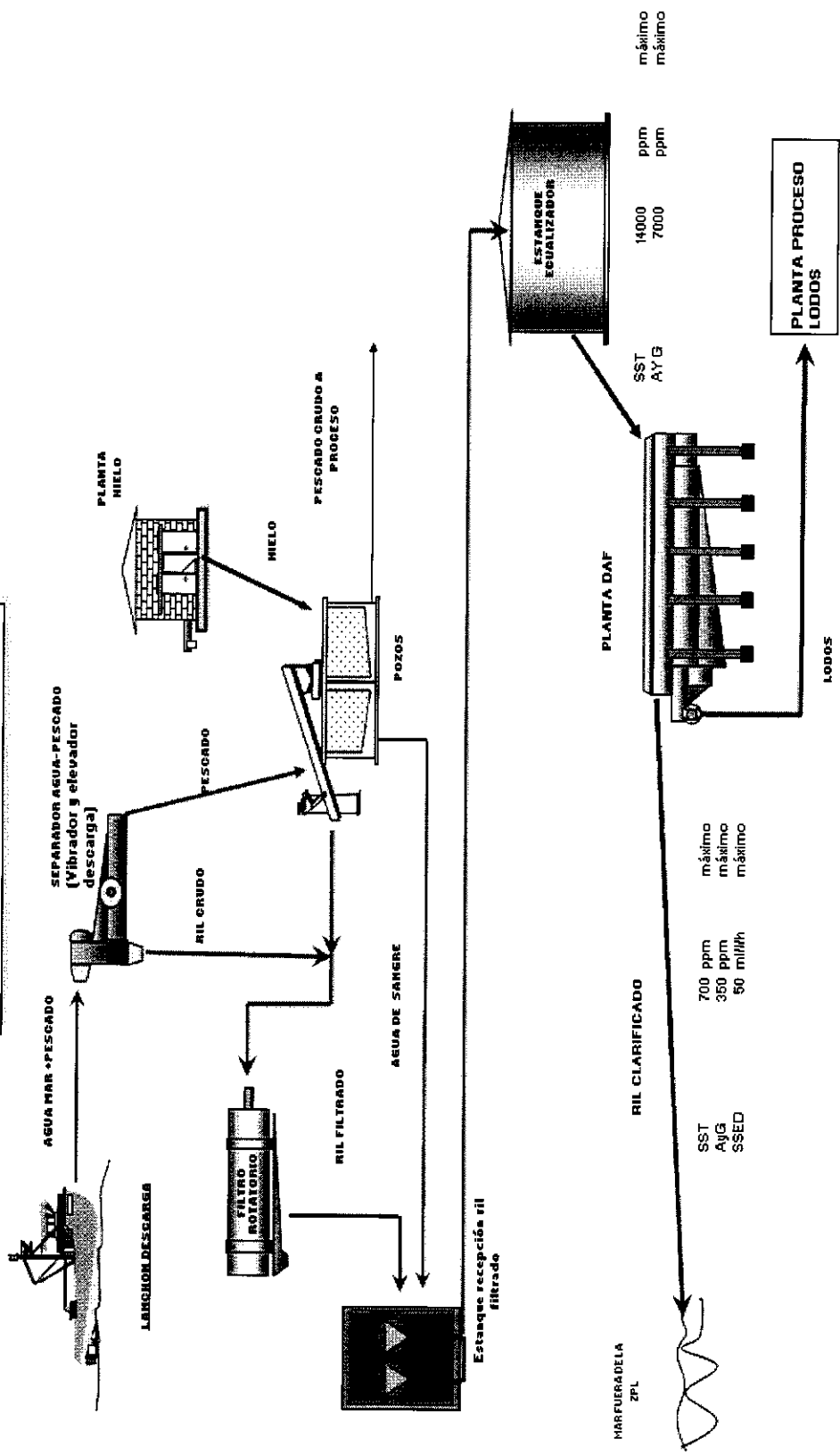
## 2.- Tecnología empleada:

- Se cambiaron todos los sistemas de descarga de pescado por sistemas que mejoraron la calidad de la pesca y redujeron el volumen de los riles a tratar.
- Se reformuló toda la estrategia de captación y recuperación de riles y sólidos, mejorando la eficiencia del tratamiento de riles e incorporando equipamiento de mejor eficiencia, tales como nuevos sistemas recuperadores rotatorios de sólidos y racionalización de los circuitos de riles.
- Todas las empresas instalaron emisarios submarinos que descargan sus riles fuera de la Zona de Protección de Litoral, en puntos de vertimiento autorizados por la Autoridad Marítima, los que garantizan una adecuada dilución del ril.

### III. NUESTRO TRABAJO

- La industria pesquera inició el tratamiento de sus riles en el año 1996 mediante la puesta en marcha de sistemas de flotación física.
- Un proyecto realizado bajo los auspicios de FONDEF se establecieron en conjunto con CORPESCA S.A. y la Universidad Arturo Prat de Iquique, definió las bases técnicas para el sistema de tratamientos físico químico de los riles pesqueros del Norte Grande.
- Terminado exitosamente el estudio anterior, se procedió a la instalación en todas las plantas pesqueras de la zona de sistemas de flotación físico química por aire disuelto (DAF), las cuales incorporan el tratamiento de lodos que son reciclados y devueltos al proceso resultando así en una tecnología muy limpia.

**PROCESO TRATAMIENTO RILES**



| Parameter | Value | Unit  | Limit  |
|-----------|-------|-------|--------|
| SST       | 14000 | ppm   | máximo |
| AyG       | 7000  | ppm   | máximo |
| SST       | 700   | ppm   | máximo |
| AyG       | 350   | ppm   | máximo |
| SSED      | 50    | ml/hh | máximo |

OPERACIÓN CELDA DE FLOTACION

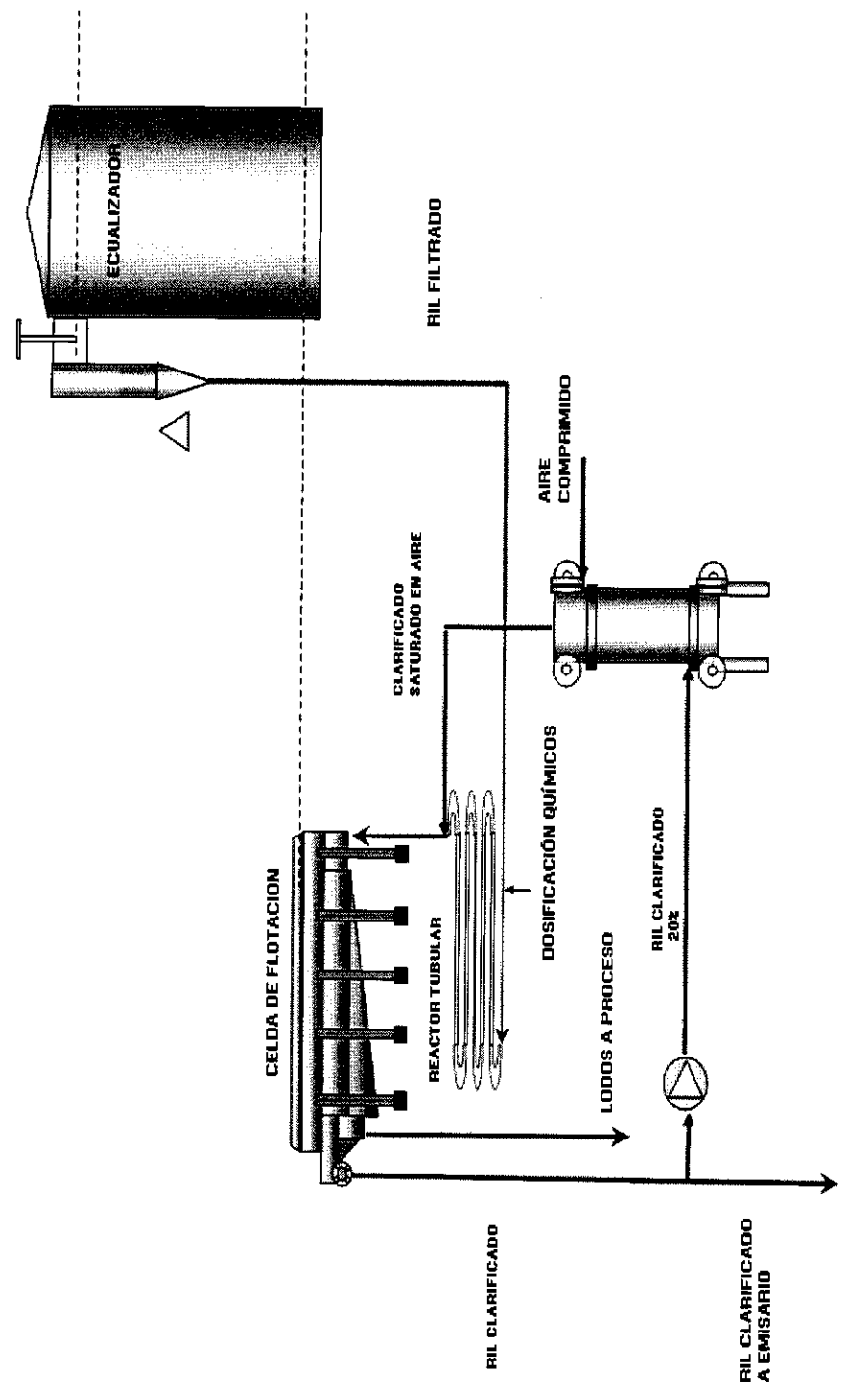
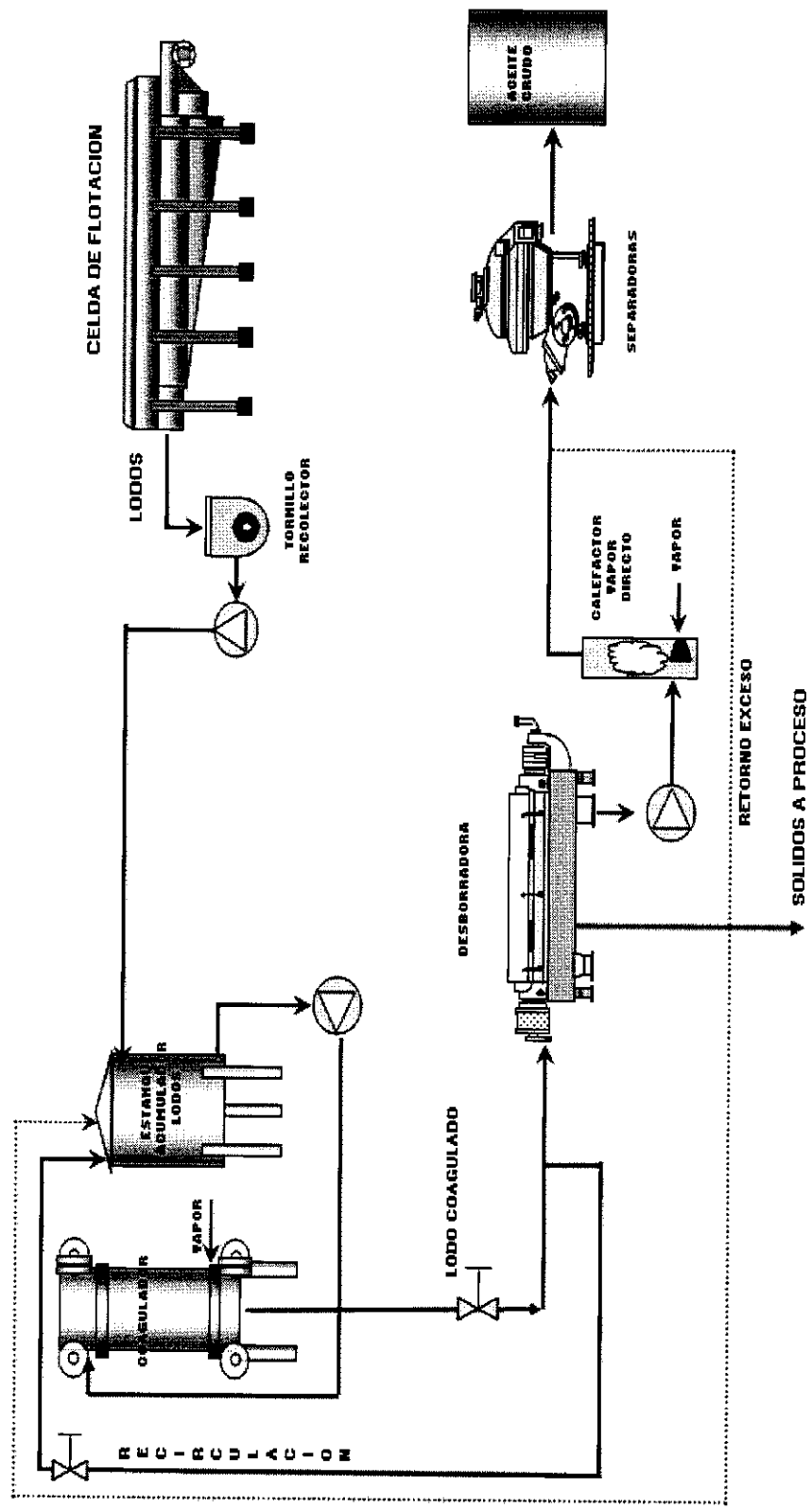
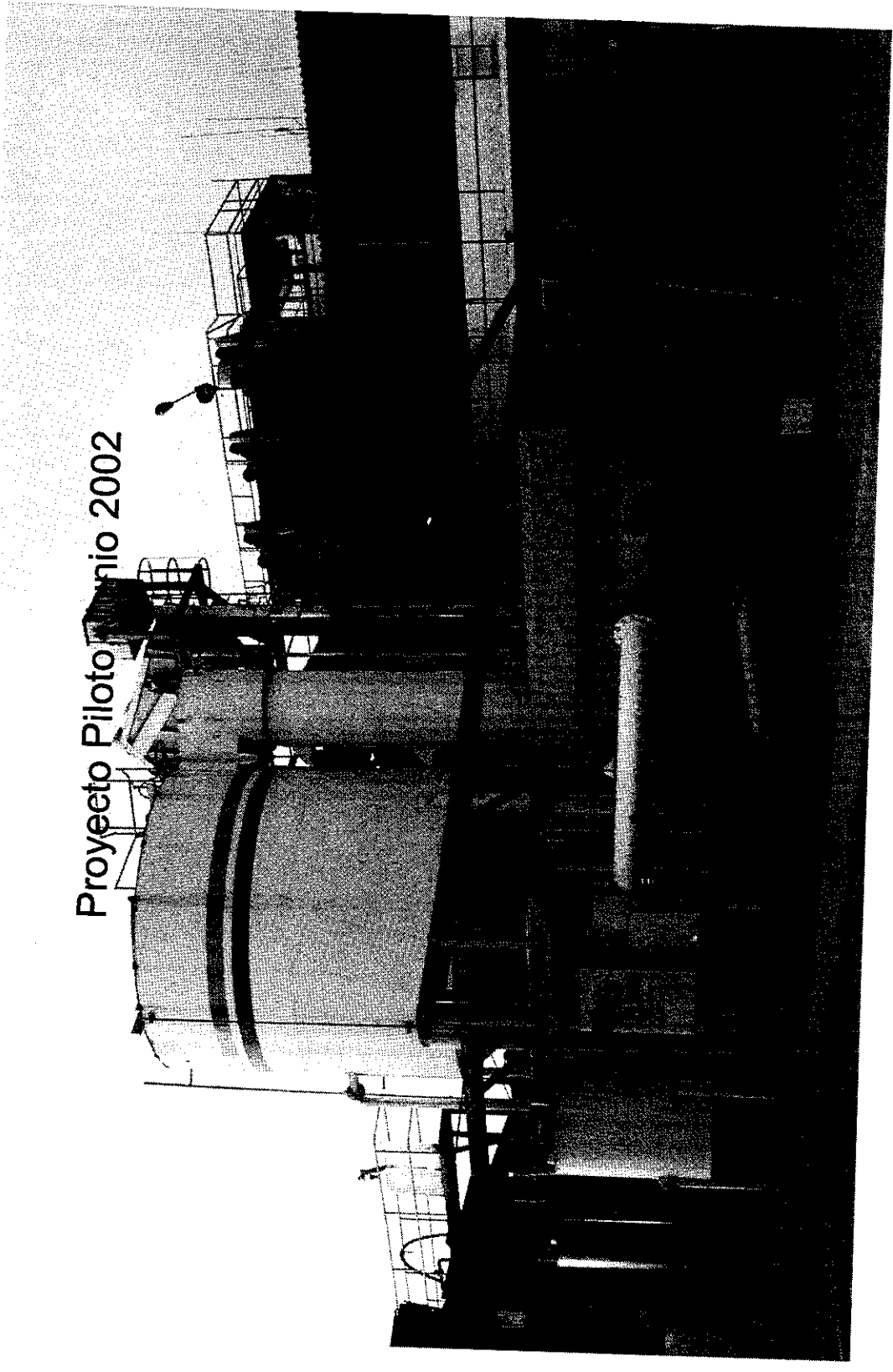


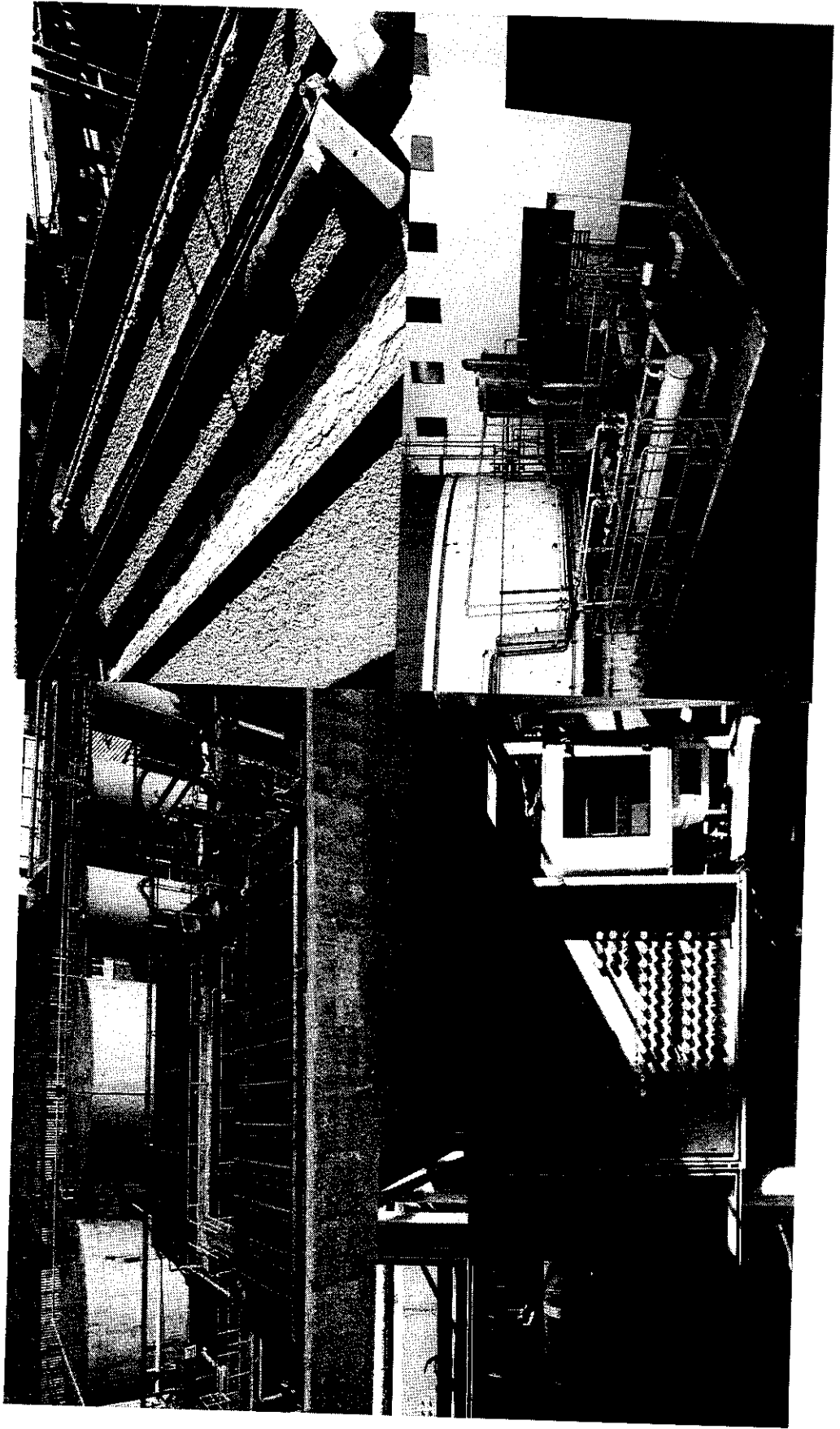
DIAGRAMA PROCESO PLANTA LODOS

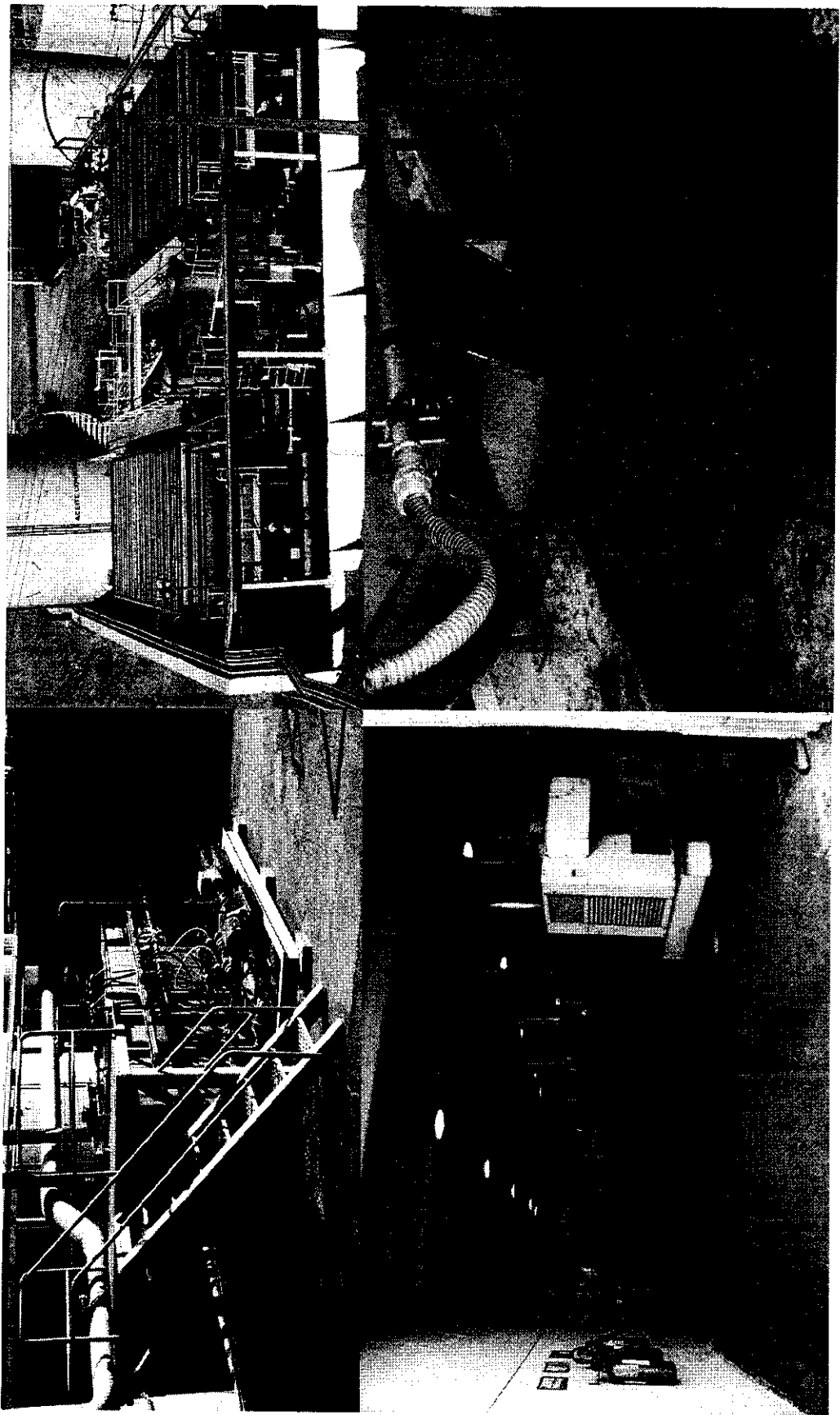


Proyecto Piloto Junio 2002









## IV. INVERSIONES

- Para dar cumplimiento al programa de inversiones antes señalado la industria destinó más de 40 millones de dólares y espera invertir otros 10 millones de dólares en el transcurso de este año y el siguiente, completando un programa de 50 millones de dólares para el mejoramiento medioambiental de las bahías en que opera nuestra industria.
- Inversiones programadas actualmente se fundamentan en la prevención de efectos derivados ante alteraciones medioambientales tales como efectos derivados de El Niño u otros.

# V. EFICIENCIA

- En el caso de la industria pesquera los sistemas implementados tienen una eficiencia de entre un 90% a un 95% para sólidos suspendidos, y aceites y grasas, en condiciones normales de operación.
- Por ejemplo: entrando con 14.000 ppm de sólidos suspendidos, que es el mayor nivel detectado a la fecha de esta variable entrando a los sistemas de tratamientos DAF, se logra un ril final con valores cercanos a los 700 ppm con un 95% de eficiencia

# VI. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO

- Existe una gran variabilidad de los resultados de los PVA's como se observa en las siguientes tablas:

COMPORTAMIENTO RILES DE PLANTAS ASIPNOR A.G.  
PERIODOS AÑOS 2007 - 2008

PARAMETRO : ACEITES Y GRASAS

| PLANTA      | N° Registros | Límite Detección (L.D.) | Mínimo | Máximo | Promedio (mg/L) | Máx. Norma Borrador 7 | Parámetro fuera borrador 7 | Probabilidad fuera norma borrador 7 | Coefficiente de Variación | Observación                                 |
|-------------|--------------|-------------------------|--------|--------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|
| ARICA       | 37           | <10                     | <10    | 236    | 43              | 150                   | 2                          | 5.41%                               | 1.31                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| IQUIQUE     | 45           | <10                     | <10    | 150    | 32              | 150                   | 0                          | 0.00%                               | 1.16                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| ANTOFAGASTA | 32           | <10                     | <10    | 179    | 42              | 150                   | 2                          | 6.25%                               | 1.13                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| TOTAL       | 114          | <10                     | <10    | 236    | 38              | 150                   | 4                          | 3.51%                               | 1.22                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |

PARAMETRO : SOLIDOS SEDIMENTABLES

| PLANTA      | N° Registros | Límite Detección (L.D.) | Mínimo | Máximo | Promedio (mg/L) | Máx. Norma Borrador 7 | Parámetro fuera borrador 7 | Probabilidad fuera norma borrador 7 | Coefficiente de Variación | Observación                                 |
|-------------|--------------|-------------------------|--------|--------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|
| ARICA       | 20           | <0,1                    | 0.1    | 9      | 2.29            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 1.22                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| IQUIQUE*    | 7            | <0,1                    | 0.1    | 7      | 1.26            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 2.02                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| ANTOFAGASTA | 29           | <0,1                    | <0,1   | 13     | 2.09            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 1.65                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |
| TOTAL       | 56           | <10                     | 0.1    | 13     | 2.02            | 20                    | 0                          | 0.00%                               | 1.48                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa |

\* Cambio en resolución de monitoreo dejó fuera este parámetro.

000000

PARAMETRO : SOLIDOS SUSPENDIDOS TO TALES

| PLANTA       | Nº Registros | Límite Detección (L.D.) | Mínimo       | Máximo     | Promedio (mg/L) | Máx. Norma Borrador 7 | Parámetro fuera borrador 7 | Probabilidad fuera norma borrador 7 | Coefficiente de Variación | Observación  |
|--------------|--------------|-------------------------|--------------|------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|
| ARICA        | 37           | <5                      | <5           | 523        | 239             | 300                   | 12                         | 32.43%                              | 0.73                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa        |
| IQUIQUE      | 45           | <5                      | 6.5          | 650        | 238             | 300                   | 14                         | 31.11%                              | 0.92                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa        |
| ANTOFAGASTA  | 32           | <5                      | 1.3          | 520        | 207             | 300                   | 8                          | 25.00%                              | 0.97                      | Datos Heterogeneos, Media no representativa        |
| <b>TOTAL</b> | <b>114</b>   | <b>&lt;5</b>            | <b>&lt;5</b> | <b>650</b> | <b>242</b>      | <b>300</b>            | <b>34</b>                  | <b>29.82%</b>                       | <b>0.86</b>               | <b>Datos Heterogeneos, Media no representativa</b> |

Fuente: elaboración a partir de los PVA's respectivos

NOTA : Los datos obtenidos corresponden a resultados de monitoreos realizados entre los años 2007 y 2008

Maximo Norma : Límite máximo permitido por norma según Borrador 7 DS 90

Probabilidad (X/N) : Probabilidad de ocurrencia que el resultado del parámetro este por fuera de lo permitido según borrador 7 del DS 90.

Límite Detección (L.D.) : Límite mínimo detectado por la metodología del análisis.

Coefficiente Variación ( ) : N < 30 = Coeficiente Variación <0,5 = Media Representativa y Datos Homogeneos.  
 : N > 30 = Coeficiente Variación <0,9 = Media Representativa y Datos Homogeneos.

# VI. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO

- Existe gran estacionalidad en la actividad pesquera, tenemos 90 días al año en que no operamos por vedas. Con largos períodos de baja o nula actividad por falta de materia prima, esta industria se adapta al patrón de comportamiento de los recursos y a las características de estos que varían continuamente su composición, por ejemplo hay períodos de alto contenido graso, alta actividad enzimática, alta temperatura (Niño), baja temperatura (Niña).
- En el documento siguiente se muestra resultados típicos de un control:





# Informe de Análisis : 0902671

- Como se puede observar el ril pesquero está constituido por material biodegradable

| ANÁLISIS                    | L.D. | UNIDAD | NIUESTRA | Corpesca Nulhuwe<br>Planta Oriente |
|-----------------------------|------|--------|----------|------------------------------------|
| Aceitan y Grasas            | 10   | mg/L   |          | 62.3                               |
| Alcalinidad Total           | 0.6  | mg/L   |          | <0.5                               |
| Carbono Total               | 0.05 | mg/L   |          | <0.01                              |
| Cromo Total                 | 0.01 | mg/L   |          | 0.06                               |
| Estireno Total              | 0.5  | mg/L   |          | <0.5                               |
| Índice de Fenol             | 0.05 | mg/L   |          | 0.06                               |
| Manganeso Total             | 0.01 | mg/L   |          | <0.01                              |
| Mercurio Total              | 0.1  | mg/L   |          | <0.1                               |
| pH a 25° C                  | 0.1  | pH     |          | 6.38                               |
| pH Temperatura de medición  |      | °C     |          | 19.8                               |
| Sólidos Suspensivos Totales | 5    | mg/L   |          | 51.3                               |
| Sulfuro Total               | 0.2  | mg/L   |          | <0.2                               |
| L.D (límite de detección)   |      |        |          |                                    |

Orquídea Rueda  
Jefe Laboratorio

Santiago, 26 de Febrero de 2009

# VI. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO

- De la información anteriormente presentada queda en evidencia que a pesar de la variabilidad ambiental y biológica del mar en la zona norte en los últimos años, la industria pesquera ha cumplido, presentando valores bajo los límites máximos permitidos en dichos parámetros según la Tabla 5 del DS 90.
- Nuestra materia prima procesada anualmente es un 85% de anchoa, pescado de pequeño tamaño muy susceptible de romperse y liberar sólidos que llegan a los riles.
- Sin embargo a pesar de que se está aplicando toda la tecnología disponible en el tratamiento de riles en nuestra industria, se estima que ella no podrá cumplir el 100% de las mayores exigencias planteadas por el Borrador de la Norma. en Sólidos Suspendidos Totales y Aceites y Grasas. Además estará muy próxima al límite superior en Sólidos Sedimentables corriendo el riesgo de sobrepasarlo en determinadas circunstancias oceanográficas.

# VII. RESULTADOS EN EL CUERPO RECEPTOR

- La mejor manera de ver los resultados de un tratamiento es monitoreando el efecto de éste en el cuerpo receptor, objetivo primordial del DS 90.
- Para ello adjuntamos el estudio encomendado al Consultor Ambiental Sr. José Pineda M.PH Universidad de Southampton (U.K.) denominado: **“Análisis del Efecto del Tratamiento del RIL Generado por la Industria Pesquera en la Calidad del Agua del Cuerpo Receptor en las Regiones XV, I y II. Caso CORPESCA S.A.** Este estudio en lo medular concluye que:

**“En razón de lo expuesto se puede concluir que los tratamientos de los efluentes que CORPESCA S. A. realiza en las plantas a partir de la entrada en vigencia del DS 90 han contribuido a mejorar notablemente la calidad de las aguas del cuerpo receptor, con un mínimo efecto en el ambiente marino y por tanto, fijando la calidad en Clase 1.”**

## VII. RESULTADOS EN EL CUERPO RECEPTOR

- Este estudio se comprueba la efectividad de los actuales sistemas de tratamiento de los riles en la industria pesquera del Norte Grande, los cuales con los valores alcanzados están generando una condición en la calidad del cuerpo receptor optima, no entendiéndose por ello la razón de un cambio que reduce drásticamente los valores máximos de emisión en los parámetros SST, A y G y SSED de la tabla 5.

## VIII. CONCLUSIONES

- Los sistemas de tratamiento de riles de la industria pesquera del Norte Grande funcionan con la mejor tecnología disponible en la actualidad para el tratamiento de estos. A ellos se ha llegado luego de estudios realizados que adaptaron tecnologías aplicadas a otros procesos productivos, para hacerlas eficientes en el ril pesquero de Chile.
- Existen grandes fluctuaciones en la corriente de los riles de entrada debido a la distinta naturaleza del pescado y a que este es de pequeño tamaño susceptible de destruirse, además su naturaleza es afectada por fenómenos oceanográficos ambientales, los cuales limitan la eficiencia de los sistemas de tratamiento entre 90 y 95% con lo que se puede asegurar un 100% de cumplimiento de la norma actualmente vigente en el DS90, pero no se podrá garantizar un 100% de cumplimiento de esta norma con los límites más restrictivos planteados en el Borrador 7 en discusión en el actual proceso de revisión normativa.

## VII. CONCLUSIONES

- La calidad del cuerpo receptor post implementación de la Norma es muy buena situando las aguas de los cuerpos receptores en la zona norte del país en Clase 1 de acuerdo a la guía de CONAMA.
- Se concluye en base a lo anteriormente expuesto que no existe razón fundada para modificar los límites actualmente vigentes en el DS 90 para Sólidos Suspendidos, Aceites y Grasas y Sólidos Sedimentables, y por tanto dada la experiencia acumulada en los años de vigencia de la Norma se deben mantener los valores de 700 mg/l, 350 mg/l y 50 ml/l h respectivamente.
- Una reducción drástica como la propuesta en el Borrador 7 va a causar serios trastornos en la actividad productiva pesquera en la zona norte sin que ello represente un cambio significativo en la calidad de los cuerpos de agua receptores

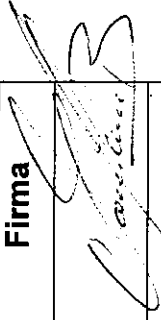





DIRECCIÓN EJECUTIVA  
DEPTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
ÁREA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA

GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

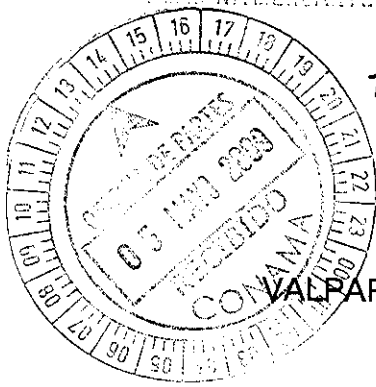
LISTA DE ASISTENCIA: REUNIÓN TEMÁTICA TABLA 5, SECTOR PESQUERO, PROCESO DE REVISIÓN DS90.  
Fecha: LUNES 04 DE MAYO 2009  
Hora inicio: 10:30 hrs  
Lugar: CONAMA, PISO 5  
Hora Fin: 12:00 hrs

| N° | Nombre               | Institución | Teléfono/Fax | e. mail                     | Firma |
|----|----------------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------|
| 1  | Claudia Gallegillos  | CONAMA      | 2-2405706    | cgallegillos@conama.cl      |       |
| 2  | Gonzalo León Silva   | CONAMA      | 2405746      | gleon@conama.cl             |       |
| 3  | Jacobo Honsi A       | KRISTAL     | 7320209      | JHonsi@KRISTAL.CL           |       |
| 4  | Mariela Grevale      | CONAMA      | 2405664      | mariela@conama.cl           |       |
| 5  | JUAN BERRASALUOE A.  | DIRECCION   | 032-2208334  | jberrasaluce@directemar.cl  |       |
| 6  | Nancy Villanuel R.   | DIRECCION   | 032-2208328  | nvillanuel@directemar.cl    |       |
| 7  | Andrés Valdovinos I. | ASIPMOA     | 657-512500   | AndresValdovinos@comisib.cl |       |
| 8  | Hector Bascobundo    | Sonapeca    | 5966690      | hbascobundo@sonapeca.cl     |       |
| 9  | Jose N. Cordero      | CONAMA      | 2405706      | jcordero@conama.cl          |       |

| N° | Nombre           | Institución | Teléfono/Fax  | e. mail             | Firma   |
|----|------------------|-------------|---------------|---------------------|---|
| 10 | Mosiorne Hermann | PSIRES      | 2243487       | mhermanns@psires.cl |  |
| 11 | Marey Cejudo     | SISES       | 3824191       | mcejudo@sis.cl      |  |
| 12 | CRISTIAN ANDRÉS  | SERMAPSA    | (32) 2619 279 | CANDALD@SERMAPSA.CL |  |
| 13 | PABLO LATORRE S. | SURSOSA     | (33) 2502 765 | PLATORRE@SURSOSA.CL |   |
| 14 |                  |             |               |                     |   |
| 15 |                  |             |               |                     |   |
| 16 |                  |             |               |                     |   |
| 17 |                  |             |               |                     |   |
| 18 |                  |             |               |                     |   |
| 19 |                  |             |               |                     |   |
| 20 |                  |             |               |                     |   |



ARMADA DE CHILE  
COMANDO EN JEFE  
GENERAL DEL TERRITORIO MARITIMO  
VALPARAISO



VALPARAISO, 23 ABR. 2009

AUTORIZA AL CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., PARA OPERAR COMO EMPRESA DE SERVICIO DE RECEPCIÓN DE BASURAS INORGÁNICAS DESDE BUQUES QUE ARRIBEN A PUERTOS O TERMINALES DE LA JURISDICCIÓN NACIONAL.

**VISTO:** las facultades que me confieren los artículos 5° y 142° del D.L. N° 2.222 de 1978, Ley de Navegación, los artículos 2°, 3°, 5° y 98° al 103° del D.S. N° 1 de 1992, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática,

**CONSIDERANDO:**

- 1.- Que, el Anexo V del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, de 1973, con su Protocolo de 1978, MARPOL 73/78, entró en vigor en Chile a contar del 15 de Noviembre del 2008.
- 2.- Que, la Regla 7 del Anexo V del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, de 1973, con su Protocolo de 1978, MARPOL 73/78, versión 2002, dispone que *"los Gobiernos de las Partes en el Convenio se comprometen a garantizar que en los puertos y terminales se establecerán instalaciones y servicios de recepción de basuras con capacidad adecuada para que los buques que las utilicen no tengan que sufrir demoras innecesarias."*
- 3.- Lo expuesto por el CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., en su Carta N° 09/02/2009, del 28 de Marzo del 2009, a través de la cual solicita la acreditación como servicio de recepción de basuras inorgánicas, provenientes desde naves que recalen en los puertos de jurisdicción nacional.
- 4.- La copia de los documentos asociados a la constitución del CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., su protocolización del extracto; la copia de la publicación en el Diario Oficial y la copia del certificado del Conservador de Bienes Raíces y Comercio, del 3 de Diciembre del 2008.
- 5.- La copia del Convenio Marco de Prestación de Servicios para el Tratamiento y Gestión de Residuos, suscrita entre el Consorcio Santa Marta S.A. y el CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., el 3 de Diciembre del 2007, con el objeto que la primera recepcione los residuos generados en las operaciones de buques mercantes que recalen y fondeen en puertos de jurisdicción nacional, en el Centro de Transferencia Puerta Sur, ubicado en Av. General Velásquez N° 8990, San Bernardo, Santiago.
- 6.- La copia del Contrato de Prestación de Servicios de Tratamiento y Gestión de Residuos, suscrito entre la Sociedad HIDRONOR CHILE S.A. y CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., el 2 de Enero del 2009, en el que se acuerda que la primera de las empresas, efectuará el tratamiento y gestión a los residuos que sean transportados por la segunda de las mencionadas.

DGTM. Y MM. ORD. N° 12600/300

FECHA: 27/07/2009

- 7.- La copia de la Resolución Exenta N° 003294, del 24 de Enero del 2008, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud, Región Metropolitana, que autoriza a la empresa CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., para el transporte de residuos peligrosos caracterizados como inflamables, corrosivos, reactivos y no peligrosos, consistentes en basura doméstica, restos de comida, papeles, cartones, plásticos, borras de cemento, alúmina, celulosa, arena de sílice), por medio de los siguientes móviles:
  - a) Camión Ford, modelo Cargo 1722, año 2007, placa patente WT-9378-5.
  - b) Remolque Mussre, modelo RARS-6.5, año 2007, placa patente JF-9264-K.
  - c) Camión Ford, modelo Cargo 1717, año 2007, placa patente LW-4624-6.
  - d) Camión Ford, modelo 1717, año 2007, placa patente YW-5467-8.
  - e) Camión Ford, modelo 1717, año 2007, placa patente WY-3025-2.
  
- 8.- La copia de pagos de permisos de la Ilustre Municipalidad de San Miguel, correspondiente al 1<sup>er</sup> Semestre del año 2009.
  
- 9.- La copia de la Resolución Exenta N° 482, del 3 de Abril de 1995, de la Intendencia Región Metropolitana, en la que califica ambientalmente favorable el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Centro de Recuperación, Valorización y Neutralización de Subproductos Industriales", de la empresa HIDRONOR CHILE S.A.
  
- 10.- La copia de la Resolución Exenta N° 014100, del 17 de Julio del 1997, del Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, que aprueba las obras correspondientes a las instalaciones de HIDRONOR CHILE S.A. y autoriza su funcionamiento para el tratamiento de residuos sólidos industriales.
  
- 11.- La copia de la Resolución Exenta N° 024198, del 29 de Octubre del 2001, del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, que autoriza el funcionamiento de la Planta de Recuperación-Valorización de Subproductos Orgánicos o Combustible Alternativo, a realizarse en el local ubicado en Vizcaya 260, Comuna de Pudahuel, de propiedad de HIDRONOR CHILE S.A.
  
- 12.- La declaración de Manejo de Residuos Peligrosos de la empresa CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., que indica como dará cumplimiento al Reglamento aprobado por el D.S.(S) N° 148, del 12 de Junio del 2003,

**R E S U E L V O:**

- 1.- **AUTORÍZASE** a la Empresa CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., para operar como servicio de recepción de basuras inorgánicas provenientes de buques que arriben a los puertos y terminales marítimos de jurisdicción nacional.

- 2.- Dicha empresa deberá informar, en toda operación de recepción de basuras inorgánicas, a la Capitanía de Puerto que corresponda, lo siguiente: a) el inicio y término de las faenas, b) la identificación de la nave que está atendiendo, c) los volúmenes que recibirá, d) la identificación de los vehículos (móviles) que utilizará para el transporte del residuo y e) el lugar de disposición a la cual se trasladará dichos residuos; obligándose, además, a entregar a la citada autoridad copia del recibo o factura emitida por la instalación de depósito, en el que se acredite que efectivamente recibió la cantidad de basura inorgánica informada al salir del puerto o terminal.
- 3.- Conforme lo dispuesto por la presente resolución, la Empresa CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS, CRECER LTDA., sólo podrá operar como servicio de recepción de basuras inorgánicas, a través de los medio móviles y el lugar de disposición señalados en los considerandos de la presente resolución, siendo ésta plenamente responsable de notificar sobre dichas operaciones a otros organismos de la administración del Estado que tengan competencia en el conocimiento de estas faenas.
- 4.- Las Autoridades Marítimas locales correspondientes al puerto o terminal en donde la señalada empresa requiera efectuar operaciones de recepción de basuras inorgánicas, serán las responsables del control y fiscalización del cumplimiento de los aspectos y condiciones establecidas en esta resolución, debiendo mantener un registro de las faenas que dicho servicio ejecute en su jurisdicción.
- 5.- La aplicabilidad del presente instrumento, se entenderá sin perjuicio de otras autorizaciones que la empresa requiera, en atención a la normativa ambiental competente y, su vigencia quedará condicionada a la de los permisos que haya otorgado la Autoridad Sanitaria, de acuerdo a lo señalado en los considerandos de esta resolución.

ANÓTESE, REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE a quienes corresponda, para su conocimiento y cumplimiento.



JUAN PABLO HEUSSER RISOPATRÓN  
CONTRAALMIRANTE LT  
DIRECTOR GENERAL SUBROGANTE

DISTRIBUCIÓN:

- 1.- CRECER LTDA.
- 2-17-GG.MM.
- 18.- CONAMA DIRECCIÓN EJECUTIVA ✓
- 19.- S.A.G.
- 20.- SEREMI SALUD R.M.
- 21.- D.S. y O.M. (Inf.)
- 22.- BOLETÍN DGTM. Y MM. (Inf.)
- 23.- ARCHIVO D.I.M y M.A.A./DPMAA.

**Claudia Galleguillos**

**De:** Claudia Galleguillos  
**Enviado el:** Martes, 05 de Mayo de 2009 12:15  
**Para:** Alex Muñoz (americadelsur@oceana.org); 'Ana María Sancha (amsancha@ing.uchile.cl)'; 'Andres Montalva (amontalva@corpesca.cl)'; 'Armando Aravena (armando.aravena@munitel.cl)'; 'Beatriz Helena Soto (bhelena@uantof.cl)'; 'Carolina Vargas (carolinavargasgonzalez@arauco.cl)'; 'Claudio Pérez Rudolph (claudio.perez@essbio.cl)'; 'Cristian Araneda Oyaneder (caraneda@sustentable.cl)'; 'Cristian Quilodran (cquilodr@labchile.cl)'; 'Elizabeth Echeverría O.'; Enrique Lira Cicarelli; Federico Mekis (fmekis@vinosdechile.cl); Francisco Lucero (flucero@invertec.cl)'; 'Gladys Vidal (glvidal@udec.cl)'; 'Gonzalo Barrientos (gbarrientos@fedeleche.cl)'; 'Isel Cortes'; 'Ivonne Etchepare R. (mundooostion@entelchile.net)'; 'Jaime Dinamarca (jdinamarca@sofofa.cl)'; 'Jaime Quezada F. (Esval S.A.)'; 'José Cañon (jcanon@corpesca.cl)'; 'Julio de la Fuente (jdelafuente@papeles.cmpc.cl)'; Luis Matamala (lmatamala@asiquim.cl)'; 'Maria Luisa Keim (mlkeim@uach.cl)'; 'María Pía Mena (mmena@ing.uchile.cl)'; Mariana Portaluppi (mportaluppi@dictuc.cl)'; 'Marianne Hermanns B'; 'Mariela Arevalo (marevalo@conama.cl)'; 'Mario Vasquez L. (mvasquez@invertec.cl)'; 'Miguel Osses (mosses@arauco.cl)'; 'Nicole Porcile (nporcile@aminerals.cl)'; 'Pablo Galarce E. (pgalarce@gac.cl)'; 'Pablo Pasten (ppasten@ing.puc.cl)'; 'Patricio Herrada Barrera - ANDESS'; Pedro Navarrete (pnavarrete@cmpc.cl)'; 'Ramona Villalón (ramona.villalon@inn.cl)'; 'Ricardo Figueroa (ricardo.figueroa@asimet.cl)'; 'Sergio Barrientos (sbarrientos@asiquim.cl)'; 'Sergio Toro (sergio.toro@inn.cl)'; 'Ximena Molina (xmolina@cenma.cl)'; 'Ximena Rojas (xrojas@salmonchile.cl)'; Yorka Retamal (yorka.retamal@poch.cl)'  
**Asunto:** Borrador 8, DS90  
**Datos adjuntos:** BORRADOR 8, 30.04.2009.pdf

Estimados miembros del Comité Ampliado del proceso de revisión del DS90, adjunto a ustedes el borrador 8 de la norma.

Les recuerdo que se recibirán antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

Atte.

**Claudia Galleguillos C.**

Área Control de la Contaminación Hídrica  
 Dpto. Control de la Contaminación  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Teatinos N°258, piso 5, Santiago Centro, Chile.  
 Tel: 56-2-2405706  
 Fax: 56-2-2405782  
 Correo electrónico: [cgallequillos@conama.cl](mailto:cgallequillos@conama.cl)  
 Página Web: [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

**Claudia Galleguillos**

---

**De:** Claudia Galleguillos  
**Enviado el:** Martes, 05 de Mayo de 2009 12:15  
**Para:** (jberasaluce@directemar.cl); Alejandra Figueroa (afigueroa@conama.cl); ANDAUR ALVEAL, CRISTIAN; Carmen Rivera (CRivera@conama.cl); Carolina Gómez (cgomez@cne.cl); Cecilia Martínez (cecilia.martinez@minsal.cl); Conrado Ravanal (cravanal@conama.cl); Cristián Acevedo; Fernando Aguirre (fernando.aguirre@mop.gov.cl); Fernando Baeriswyl (fernando.baeriswyl@sag.gob.cl); Gabriel Zamorano (gzamorano@siss.cl); Jacobo Homsí (jhomsí@kristal.cl); Jeanine Hermansen (jeanine.hermansen@sag.gob.cl); Juan Ladron de Guevara (jladrondeguevara@economia.cl); Leonardo Nuñez M. (lnunez@sernapesca.cl); Mariela Arevalo (marevalo@conama.cl); marioherrera@directemar.cl; Mesenia Atenas (mesenia.atenas@mop.gov.cl); Nancy Cepeda (ncepeda@siss.cl); Nancy Villarroel (nvillarroelr@directemar.cl); Olga Espinoza Muñoz (olga.espinoza@sag.gob.cl); Pablo Lagos (plagos@subpesca.cl); Pedro Riveros (priveros@minsal.gov.cl); pmatus@cenma.cl; Ricardo Serrano (rserrano@conama.cl); Rossana Brantes Abarca (rbrantes@cochilco.cl); Sarita Pimentel (spimente@cochilco.cl); Teresa Agüero Teare (tagüero@odepa.gob.cl); Verónica Vergara (vvergara@siss.cl)  
**Asunto:** Borrador 8, DS90  
**Datos adjuntos:** BORRADOR 8, 30.04.2009.pdf

Estimados miembros del Comité Operativo del proceso de revisión del DS90, adjunto a ustedes el borrador 8 de la norma.

Les recuerdo que se recibirán antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

Atte.

**Claudia Galleguillos C.**  
Área Control de la Contaminación Hídrica  
Dpto. Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Teatinos N°258, piso 5, Santiago Centro, Chile.  
Tel: 56-2-2405706  
Fax: 56-2-2405782  
Correo electrónico: [cgalleguillos@conama.cl](mailto:cgalleguillos@conama.cl)  
Página Web: [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

**VERSIÓN**  
**BORRADOR 8**  
**30 abril 2009**

**ANTEPROYECTO REVISIÓN NORMA DE  
EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE  
CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS  
DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A  
AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES  
SUPERFICIALES**

### **ANTEPROYECTO**

**Artículo Primero:** Establécese la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, cuyo texto es el siguiente:

#### **1. OBJETIVO DE PROTECCION AMBIENTAL Y RESULTADOS ESPERADOS**

La presente norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se logra mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República.

**2. DISPOSICIONES GENERALES**

La presente norma de emisión establece los valores máximos y/o mínimos de contaminantes permitidos en los residuos líquidos descargados por fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

La presente norma no será aplicable en los siguientes casos:

- A las descargas de sistemas públicos de evacuación y drenajes de aguas lluvias.
- A las descargas de vertederos de tormenta de sistemas de recolección y/o tratamiento de aguas servidas, en los eventos en que se incorpore aguas lluvias que excedan su capacidad máxima de diseño.
- A las descargas de camiones limpiafosas.
- A las descargas de fuentes móviles y difusas.
- A las aguas de contacto
- XX

La presente norma se aplicará en todo el territorio nacional.

**3. DEFINICIONES**

Para los efectos de la presente norma, se entenderá por:

- 3.1 Carga contaminante media diaria:** Es el cociente entre la masa total descargada de un contaminante y el número de días en que se descarga el residuo líquido al cuerpo de agua receptor, durante el mes del año en que se genera la máxima producción de dichos residuos. Se expresa en unidades de masa por unidades de

**Comentario [c1]:** Será analizado por el Comité Operativo la pertinencia de exclusión de las aguas de contacto en el DS90 y su correspondiente definición en la norma.  
 PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO EN EL MES DE MAYO 2009.  
 Se reciben antecedentes (Distintos a los recibidos) sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c2]: PRONUNCIAMIENTO JURÍDICO A PROPUESTA SISIS SOBRE CASOS DE EMERGENCIA:**  
 "No se debe utilizar como excepción explícita el caso fortuito o fuerza mayor. El caso fortuito y la fuerza mayor es una situación que debe evaluarse caso a caso. Lo normal es que sea alegada por quien incumple y no pre-establecida por la autoridad. (De conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del Código Civil ).  
 Cualquier incumplimiento de una obligación, no solo las del DS 90, pueden no sancionarse en virtud de estas causales, y sin embargo, hasta la fecha no se han incorporado a las normas de emisión o al SELA, o ningún reglamento.

tiempo para sólidos suspendidos, aceites y grasas, hidrocarburos totales, hidrocarburos volátiles, hidrocarburos fijos, DBO5 total, arsénico, aluminio, boro, cadmio, cianuro, cloruros, cobre, índice de fenol, cromo hexavalente, cromo total, estaño, fluoruro, fósforo total, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, nitrógeno total kjeldahl, nitrito y nitrato, pentaclorofenol, plomo, SAAM, selenio, sulfatos, sulfuro, tetracloroetano, tolueno, triclorometano, xileno y zinc; y en valor absoluto para sólidos sedimentables, coliformes fecales o termotolerantes; poder espumógeno, pH y temperatura.

La masa o volumen de un contaminante corresponde a la suma de las masas o volúmenes diarios descargados durante dicho mes. La masa se determina mediante el producto del volumen de las descargas por su concentración.

- 3.2 Contenido del cuerpo de agua receptor:** Es el valor o concentración de un parámetro o elemento presente en el cuerpo de agua receptor, que corresponde a la situación original, sin intervención antrópica del cuerpo de agua, más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico.

Corresponderá a la Dirección General de Aguas o a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según sea el caso, determinar el contenido del cuerpo de agua receptor.

- 3.3 Cuerpo de agua receptor:** Es el curso de agua, de escurrimiento continuo o discontinuo, o volumen de agua, de origen natural o artificial, marino o continental superficial, que recibe la descarga de residuos líquidos.

No se incluyen en esta definición los cuerpos de agua artificiales que contengan, almacenen o traten relaves y/o aguas lluvias o desechos líquidos provenientes de un proceso industrial o minero.



**3.4 Residuos Líquidos:** Son aquellas aguas que se producen como resultado de un proceso, actividad o servicio de una fuente emisora y que no tienen ningún valor inmediato para ese proceso.

**Comentario [c3]:** Sólo falta revisar redacción por el Comité Operativo y Dpto Jurídico.

**3.5 Descarga de Residuos Líquidos o Efluente:** Son aquellos residuos líquidos que se descargan a un cuerpo de agua receptor, con un tratamiento previo en los casos que corresponda.

**Comentario [c4]:** Sólo falta revisar redacción por el Comité Operativo y Dpto Jurídico.

**3.6 Fuente emisora:** Es el establecimiento que, como resultado de su proceso, actividad o servicio descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, con una carga contaminante media diaria o valor característico superior, o en su caso fuera de rango, para uno o más parámetros indicados en las siguientes tabla.

**Fuente Emisora**

| Contaminante          | Unidad    | Valor Característico |
|-----------------------|-----------|----------------------|
| pH                    | -         | 6 – 8                |
| Poder espumógeno      | mm        | 5                    |
| Sólidos Sedimentables | ml /L 1 h | 6                    |
| Temperatura           | °C        | 20                   |
| Coliformes Fecales    | CF/100 ml | 1 x 10 <sup>7</sup>  |

**Comentario [c5]:** Parámetro en análisis para aplicación de deltas.  
ANÁLISIS DEL COMITÉ OPERATIVO  
Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

No se considerará fuente emisora a aquellas descargas inferiores a un volumen de 5 m<sup>3</sup>/d que excedan los valores característicos de la Tabla para temperatura, sólidos sedimentables, poder espumógeno y coliformes fecales.

| <b>Contaminante</b>        | <b>Unidad</b> | <b>Carga<br/>contaminante<br/>media diaria<br/>(equiv. Aguas<br/>servidas 100<br/>Hab/día) *</b> |
|----------------------------|---------------|--|
| Aceites y Grasas           | g /d          | 960  |
| Aluminio                   | g /d          | 16   |
| Arsénico                   | g /d          | 0,8  |
| Boro                       | g /d          | 12,8   |
| Cadmio                     | g /d          | 0,16   |
| Cianuro                    | g /d          | 3,2  |
| Cloruros                   | g /d          | 6400   |
| Cobre                      | g /d          | 16   |
| Cromo Total                | g /d          | 1,6  |
| Cromo Hexavalente          | g /d          | 0,8  |
| DBO <sub>5</sub> *         | g /d          | 4000   |
| Estaño                     | g /d          | 8  |
| Fluoruro                   | g /d          | 24   |
| Fósforo Total              | g /d          | 240  |
| Hierro                     | g /d          | 16   |
| Hidrocarburos fijos        | g /d          | 160  |
| Hidrocarburos<br>totales   | g /d          | 176  |
| Hidrocarburos<br>volátiles | g /d          | 16   |
| Índice de Fenol            | g /d          | 0,8  |

|                                   |      |       |
|-----------------------------------|------|-------|
| Manganeso                         | g /d | 4,8   |
| Mercurio                          | g /d | 0,02  |
| Molibdeno                         | g /d | 1,12  |
| Níquel                            | g /d | 1,6   |
| Nitrógeno total<br>kjeldahl       | g /d | 1280  |
| Nitrógeno Total                   | g /d | 240   |
| Pentaclorofenol                   | g /d | 0,144 |
| Plomo                             | g /d | 3,2   |
| SAAM                              | g /d | 160   |
| Selenio                           | g /d | 0,16  |
| Sólidos<br>Suspendidos<br>Totales | g /d | 3520  |
| Sulfato                           | g /d | 4800  |
| Sulfuro                           | g /d | 48    |
| Tetracloroetano                   | g /d | 0,64  |
| Tolueno                           | g /d | 11,2  |
| Triclorometano                    | g /d | 3,2   |
| Xileno                            | g /d | 8     |
| Zinc                              | g /d | 16    |
| Trihalometanos                    | g/d  | 0,2   |
| Cloro Libre Residual              | g/d  | 0,5   |

\* DBO<sub>5</sub> total

Para efectos de evaluar la condición de fuente emisora, se considerará:

**Comentario [c6]:** Aprobado por el Comité Operativo 28.04.09. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c7]:** Aprobado por el Comité Operativo 28.04.09. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

- La suma de las descargas de ~~aguas residuales~~ residuos líquidos que genere un establecimiento, incluidas las aguas servidas que sean parte integrante del proceso.
- Los artefactos navales, inscritos o no en los registros de la autoridad marítima, que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo de recursos hidrobiológicos, cuya metodología de caracterización será determinada por la autoridad marítima.
- Sólo se considerarán los parámetros regulados en la tabla de descarga correspondiente, cumpliendo con los valores establecidos en la tabla de fuente emisora.
- La caracterización de los residuos líquidos de una fuente emisora, deben realizarse antes de someterlos a cualquier sistema de tratamiento.

**Comentario [c8]:** Propuesta aprobada por el Comité Operativo 28.04.09

**Comentario [A9]:** CORMA (16.12.08). Este punto debe identificar claramente los criterios y procedimientos para realizar la caracterización de los residuos líquidos.  
En evaluación por el Grupo Temático Monitoreo y Control

3.7 **Caudal Disponible para Dilución:** Es la cantidad mínima de agua establecida por la Dirección General de Aguas, expresada en volumen por unidad de tiempo, presente en un punto específico de un cauce natural. El establecimiento de dicho caudal disponible para dilución, corresponde a un valor mensual de acuerdo al procedimiento establecido en el manual de aplicación vigente.

**Comentario [c10]:** RESPUESTA DE DGA A CONSULTA DE CORMA, RESPECTO A VINCULAR MANUAL DE PROCEDIMIENTOS A LA NORMA:  
En virtud que la DGA actualiza sus procedimientos para la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, de acuerdo a las instrucciones y lineamientos que establece el código de agua y, por consiguiente, la actualización de los procedimientos para determinar caudales ecológico (el cual es asimilable al caudal de dilución), es que el DS90 no podrá contener instrucciones en estas materias, dado que cualquier cambio en las metodologías que establezca el servicio competente, necesariamente condicionará la aplicación de este decreto.

3.8 **Caudal medio mensual-diario del efluente vertido:** Es la suma de los volúmenes de residuos líquidos, descargados diariamente durante el mes, dividido por el número de días del mes en que hubo descargas.

3.9 **Tasa de dilución del efluente vertido:** Es la razón entre el caudal disponible para dilución y el caudal medio ~~mensual~~ diario del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. La tasa de dilución será entonces la siguiente:  
d= caudal disponible para dilución

caudal medio ~~mensual~~-diario del efluente vertido

- 3.10 Ancho de Zona de Protección Litoral<sup>1</sup>:** Corresponde a un ámbito territorial de aplicación de esta norma, representada por la distancia determinada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, que comprende la proyección imaginaria de la línea de costa continental o insular, que se orienta paralela a ésta y alcanza hasta el fondo del cuerpo de agua, medida desde la línea de baja marea de sicigia, a proposición de cualquier interesados, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$A = [ ( 1,28 \times H_b ) / m' ] \times 1,6$$

En donde:

A: Es el Ancho de la Zona de Protección Litoral.

Hb: Es la altura media de la rompiente de la ola (mts.).

m': Es el promedio geométrico de tres ~~pendientes de fondo~~ perfiles del fondo marino, entre las líneas de baja marea y el punto de descarga del emisario, ubicadas en el eje del emisario y uno a cada lado de él, equidistantemente a 10 m entre ellas.

**Comentario [c11]:** Redacción propuesta por SISS 16.04.09. Sólo falta revisar redacción por DIRECTEMAR.

En el caso de bahías cerradas, fiordos y canales ubicados al interior de la línea de base o línea de base recta de la República, estos últimos determinados de conformidad lo establece el D.S.Nº 1.393 del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicada en el Diario Oficial de fecha 18 de Noviembre de 1997, el cual promulga la Convención de las Naciones Unidas para el Derecho del Mar del año 1982, y el

<sup>1</sup> La presente modificación sobre el contenido y alcance del Ancho de Zona de Protección Litoral, no será aplicable a las fuentes emisoras que, a la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente Decreto Supremo, estén construidas y autorizadas para descargar sus residuos líquidos de acuerdo a la ley.

Decreto Supremo N° 416 del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en el Diario Oficial de fecha 15 de Julio de 1977, el cual determina las líneas de base rectas entre los paralelos 41° S. y 56° S., trazadas en la carta I.H.A. N° 5, de 1977; el Ancho de Zona de Protección Litoral corresponderá a toda su extensión hasta dicho límite, y hasta el fondo del cuerpo de agua.

3.11 **Bahía:** Es toda escotadura bien determinada, cuya penetración tierra adentro, en relación con la anchura de su boca, es tal que contiene aguas cercadas por la costa y constituye algo más que una simple inflexión de ésta.

3.12 **Bahía cerrada:** Es aquella bahía cuya distancia entre las líneas de bajamar de los puntos naturales de entrada a la misma, no excede de 24 millas marinas, para lo cual, la línea de demarcación trazada entre las dos líneas de bajamar y las aguas que queden así encerradas, serán consideradas íntegramente como el ancho de protección litoral de dicho cuerpo de agua.

3.13 **Estuarios:** Cuerpo de agua costero semicerrado, que tiene una conexión con el mar, dentro del cual, el agua de mar se mezcla con el agua dulce, derivada del drenaje terrestre.

3.14 **Aguas de Contacto:**

**Comentario [c12]:** Propuesta DGA PARA ANALISIS DEL COMITÉ OPERATIVO  
Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c13]:** Por definir en el Comité Operativo.

#### 4. LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA DESCARGAS DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS

##### 4.1 Consideraciones generales.

- 4.1.1 La norma de emisión para los contaminantes a que se refiere el presente decreto, está determinada por los límites establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5.
- 4.1.2 Con el propósito de lograr una efectiva reducción de los contaminantes provenientes de la fuente emisora, no se debe usar la dilución de los residuos líquidos con aguas ajenas al proceso industrial, incorporadas sólo con el fin de reducir las concentraciones. Para estos efectos, no se consideran aguas ajenas al proceso industrial las aguas servidas provenientes de la fuente emisora.
- 4.1.2 ~~La caracterización de los residuos líquidos de una fuente emisora, deben realizarse antes de a cualquier sistema de tratamiento.~~
- 4.1.3 Los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de residuos líquidos no deben disponerse en cuerpos de agua receptores y su disposición final debe cumplir con las normas legales vigentes.
- 4.1.4 Si el contenido del cuerpo de agua receptor de un contaminante excede al indicado en las tablas 1 a 5, el límite máximo permitido de la descarga será igual a dicho contenido del cuerpo de agua receptor.
- 4.1.5 Los establecimientos de servicios sanitarios, que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos líquidos provenientes de establecimientos industriales, estarán obligados a cumplir la presente norma, reduciendo la concentración de cada contaminante en su descarga final, en la diferencia que resulte entre la concentración calculada para el valor de la carga media diaria, establecido en la tabla de Fuente emisora, con un volumen de 16 m<sup>3</sup>/día, y el límite máximo permitido en la tabla que corresponda al cuerpo receptor que reciba la descarga, siempre que la concentración sea mayor al valor del límite máximo establecido en esta norma.
- 4.1.6 Para el caso de descargas en las zonas de estuario, se podrá solicitar al Servicio competente, la determinación del caudal de dilución en dicha zona. En caso de determinar caudal de dilución 0, se deberá dar cumplimiento a los límites máximos permisibles de acuerdo a la tabla número 3. En caso de determinar un caudal de

**Comentario [c14]:** Según el análisis jurídico, este párrafo es introductorio a las tablas de emisión, por lo tanto, debe estar en este punto.

**Comentario [A15]:** Este párrafo se traslada a la definición de FE.

**Comentario [c16]:** Nueva redacción que sólo debe ser revisada por el Comité Operativo.

dilución mayor a cero, se podrá incrementar el valor de cada parámetro, teniendo como límite máximo lo estipulado en la tabla 2.

**4.2 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas fluviales.**

**TABLA N° 1**

**LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA FLUVIALES**

| CONTAMINANTES                        | UNIDAD               | EXPRESION        | LIMITE MAXIMO PERMITIDO |
|--------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| Aceites y Grasas                     | mg/L                 | A y G            | 20                      |
| Aluminio                             | mg/L                 | Al               | 5                       |
| Arsénico                             | mg/L                 | As               | 0,5                     |
| Boro                                 | mg/L                 | B                | 0,75                    |
| Cadmio                               | mg/L                 | Cd               | 0,01                    |
| Cianuro                              | mg/L                 | CN <sup>-</sup>  | 0,20                    |
| Cloruros                             | mg/L                 | Cl <sup>-</sup>  | 400                     |
| Cobre Total                          | mg/L                 | Cu               | 2                       |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100 ml           | Coli/100 ml      | 1000                    |
| Índice de Fenol                      | mg/L                 | Fenoles          | 0,5                     |
| Cromo Hexavalente                    | mg/L                 | Cr <sup>6+</sup> | 0,05                    |
| DBO <sub>5</sub>                     | mg O <sub>2</sub> /L | DBO <sub>5</sub> | 35 *                    |
| Fósforo Total                        | mg/L                 | P                | 15                      |
| Fluoruro                             | mg/L                 | F <sup>-</sup>   | 1,5                     |
| Hidrocarburos Fijos                  | mg/L                 | HF               | 10                      |

**Comentario [c17]:** Propuesta DGA, que debe ser analizada por el Comité Operativo. PARA ANALISIS DEL COMITÉ OPERATIVO. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [A18]:** Comité Operativo está a la espera de antecedentes respecto a abatimiento que enviará CORMA. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c19]:** Comité Operativo del 28.04.09, decide no modificar este valor, dado que no existen fundamentos suficientes para ello. La norma tiene alcance nacional y los casos que presentan problemas en cumplimiento son puntuales.

**Comentario [c20]:** Comité Operativo 28.04.09. Se decide dejar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión y se volverá a revisar en un próximo proceso.



|                             |        |   |          |
|-----------------------------|--------|---|----------|
| Hierro Disuelto             | mg/L   | Fe  | 5        |
| Manganeso                   | mg/L   | Mn  | 0,3      |
| Mercurio                    | mg/L   | Hg  | 0,001    |
| Molibdeno                   | mg/L   | Mo  | 1        |
| Níquel                      | mg/L   | Ni  | 0,2      |
| Nitrógeno Total Kjeldahl    | mg/L   | NKT   | 80       |
| Pentaclorofenol             | mg/L   | C <sub>6</sub> OHCl <sub>5</sub>                            | 0,009    |
| PH                          | Unidad | pH  | 6,0 -8,5 |
| Plomo                       | mg/L   | Pb  | 0,05     |
| Poder Espumógeno            | mm     | PE  | 7        |
| Selenio                     | mg/L   | Se  | 0,01     |
| Sólidos Suspendedos Totales | mg/L   | SS  | 80 *     |
| Sulfatos                    | mg/L   | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                               | 1000     |
| Sulfuros                    | mg/L   | S <sup>2-</sup>   | 1        |
| Temperatura                 | C°     | T°  | 35       |
| Tetracloroetano             | mg/L   | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                              | 0,04     |
| Tolueno                     | mg/L   | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>               | 0,7      |
| Triclorometano              | mg/L   | CHCl <sub>3</sub>   | 0,2      |
| Xileno                      | mg/L   | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | 0,5      |
| Zinc                        | mg/L   | Zn  | 3        |
| Cloro Libre Residual        | mg/l   | CLR   | 0,5      |

**Comentario [c21]:** Análisis por el Comité Operativo para aplicación de deltas. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c22]:** Aprobado por el Comité Operativo del 28.04.09. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c23]:** En revisión por Grupo Temático Monitoreo y Control.

\* = Para los residuos líquidos provenientes de plantas de tratamientos de aguas servidas domésticas, no se considerará el contenido de algas, conforme a la metodología descrita en el punto 6.6.

4.2.1 Las fuentes emisoras podrán aprovechar la capacidad de dilución del cuerpo de agua receptor, incrementado las concentraciones límites establecidas en la Tabla N° 1, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_i = T_{1i} \times (1 + d)$$

Donde:

$C_i$  = Límite máximo permitido para el contaminante i.

$T_{1i}$  = Límite máximo permitido establecido en la Tabla N° 1 para el contaminante i.

$d$  = Tasa de dilución del efluente vertido.

Si  $C_i$  es superior a lo establecido en la Tabla N° 2, entonces el límite máximo permitido para el contaminante i será lo indicado en dicha Tabla.

**TABLA N° 2**

**LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA FLUVIALES, CONSIDERANDO LA CAPACIDAD DE DILUCION DEL CUERPO RECEPTOR**

| CONTAMINANTE     | UNIDAD | EXPRESION | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE |
|------------------|--------|-----------|--------------------------|
| Aceites y Grasas | mg/L   | A y G     | 50                       |
| Aluminio         | mg/L   | Al        | 10                       |
| Arsénico         | mg/L   | As        | 1                        |
| Boro             | mg/L   | B         | 3                        |
| Cadmio           | mg/L   | Cd        | 0,3                      |

|                                      |                     |                                  |           |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|
| Cianuro                              | mg/L                | CN <sup>-</sup>                  | 1         |
| Cloruros                             | mg/L                | Cl <sup>-</sup>                  | 2000      |
| Cobre Total                          | mg/L                | Cu                               | 3         |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100 ml          | Coli/100 ml                      | 1000      |
| Índice de Fenol                      | mg/L                | Fenoles                          | 1         |
| Cromo Hexavalente                    | mg/L                | Cr <sup>6+</sup>                 | 0,2       |
| DBO <sub>5</sub>                     | mgO <sub>2</sub> /L | DBO <sub>5</sub>                 | 300       |
| Fluoruro                             | mg/L                | F <sup>-</sup>                   | 5         |
| Fósforo Total                        | mg/L                | P                                | 15        |
| Hidrocarburos Fijos                  | mg/L                | HF                               | 50        |
| Hierro Disuelto                      | mg/L                | Fe                               | 10        |
| Manganeso                            | mg/L                | Mn                               | 3         |
| Mercurio                             | mg/L                | Hg                               | 0,01      |
| Molibdeno                            | mg/L                | Mo                               | 2,5       |
| Níquel                               | mg/L                | Ni                               | 3         |
| Nitrógeno Total Kjeldahl             | mg/L                | NKT                              | 80        |
| Pentaclorofenol                      | mg/L                | C <sub>6</sub> OHCl <sub>5</sub> | 0,01      |
| PH                                   | Unidad              | pH                               | 6,0 – 8,5 |
| Plomo                                | mg/L                | Pb                               | 0,5       |
| Poder Espumógeno                     | mm.                 | PE                               | 7         |
| Selenio                              | mg/L                | Se                               | 0,1       |
| Sólidos Suspendidos Totales          | mg/L                | SS                               | 300       |
| Sulfatos                             | mg/L                | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | 2000      |
| Sulfuros                             | mg/L                | S <sup>2-</sup>                  | 10        |
| Temperatura                          | °C                  | T <sup>o</sup>                   | 40        |
| Tetracloroetano                      | mg/L                | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>   | 0,4       |

**Comentario [c24]:** Comité Operativo 28.04.09. Se decide dejar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión y se revisarán en el próximo proceso.

**Comentario [c25]:** Análisis por el Comité Operativo para aplicación de deltas. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

|                      |      |   |     |
|----------------------|------|---|-----|
| Tolueno              | mg/L | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>               | 7   |
| Triclorometano       | mg/L | CHCl <sub>3</sub>   | 0,5 |
| Xileno               | mg/L | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | 5   |
| Zinc                 | mg/L | Zn  | 20  |
| Cloro Libre Residual | mg/l | CLR   | 0,5 |

**Comentario [c26]:** Aprobado por el Comité Operativo del 28.04.09  
Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**4.3 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres y estuarios sin capacidad de dilución.**

4.3.1 Las descargas de residuos líquidos que se viertan en forma directa sobre cuerpos de agua lacustres naturales (lagos, lagunas), zonas de estuarios sin capacidad de dilución, como aquéllos que se viertan a cuerpos fluviales que sean afluentes de un cuerpo de agua lacustre, no deberán sobrepasar los límites máximos que se indican en la Tabla N° 3.

4.3.2 Las descargas a cuerpos lacustres de naturaleza artificial deberán cumplir con los requisitos establecidos en el punto 4.2.

**TABLA 3**

**LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA LACUSTRES NATURALES Y ESTUARIOS SIN CAPACIDAD DE DILUCIÓN**

| CONTAMINANTE | UNIDAD | EXPRESION | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE |
|--------------|--------|-----------|--------------------------|
|--------------|--------|-----------|--------------------------|

|                                      |                     |                  |           |
|--------------------------------------|---------------------|------------------|-----------|
| Aceites y Grasas                     | mg/L                | A y G            | 20        |
| Aluminio                             | mg/L                | Al               | 1         |
| Arsénico                             | mg/L                | As               | 0,1       |
| Cadmio                               | mg/L                | Cd               | 0,02      |
| Cianuro                              | mg/L                | CN <sup>-</sup>  | 0,5       |
| Cobre Total                          | mg/L                | Cu               | 0,1       |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100 ml          | Coli/100 ml      | 1000-70 * |
| Indice de Fenol                      | mg/L                | Fenoles          | 0,5       |
| Cromo Hexavalente                    | mg/L                | Cr <sup>6+</sup> | 0,2       |
| Cromo Total                          | mg/L                | Cr Total         | 2,5       |
| DBO <sub>5</sub>                     | mgO <sub>2</sub> /L | DBO <sub>5</sub> | 35        |
| Estaño                               | mg/L                | Sn               | 0,5       |
| Fluoruro                             | mg/L                | F <sup>-</sup>   | 1         |
| Fósforo Total                        | mg/L                | P                | 2         |
| Hidrocarburos Totales                | mg/L                | HCT              | 5         |
| Hierro Disuelto                      | mg/L                | Fe               | 2         |
| Manganeso                            | mg/L                | Mn               | 0,5       |
| Mercurio                             | mg/L                | Hg               | 0,005     |
| Molibdeno                            | mg/L                | Mo               | 0,07      |
| Níquel                               | mg/L                | Ni               | 0,5       |
| Nitrógeno Total **                   | mg/L                | N                | 10        |
| PH                                   | unidad              | pH               | 6,0 - 8,5 |
| Plomo                                | mg/L                | Pb               | 0,2       |
| SAAM                                 | mg/L                | SAAM             | 10        |
| Selenio                              | mg/L                | Se               | 0,01      |
| Sólidos Sedimentables                | ml/1/h              | S SED            | 5         |

**Comentario [c27]:** Comité Operativo 28.04.09. Se decide dejar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión y se revisarán en el próximo proceso.

|                             |      |                               |      |
|-----------------------------|------|-------------------------------|------|
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | SS                            | 80   |
| Sulfatos                    | mg/L | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 1000 |
| Sulfuros                    | mg/L | S <sup>2-</sup>               | 1    |
| Temperatura                 | °C   | T <sup>v</sup>                | 30   |
| Zinc                        | mg/L | Zn                            | 5    |
| Cloro Libre Residual        | mg/l | CLR                           | 0.5  |
| Trihalometanos              | mg/l | THM                           | 0.2  |

**Comentario [c28]:** Análisis por el Comité Operativo para aplicación de deltas. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c29]:** Aprobado por el Comité Operativo del 28.04.09. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c30]:** Aprobado por el Comité Operativo del 28.04.09. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

- \* = En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.
- \*\* = La determinación del contaminante corresponderá a la suma de las concentraciones de nitrógeno total kjeldahl, nitrito y nitrato.

**4.4 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos.**

**4.4.1 Las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos, deberán hacerse en el lugar y forma que se determine, conforme a la normativa vigente sobre la materia.**

Los residuos líquidos que se viertan deberán cumplir los límites establecidos en la presente norma, de acuerdo a si la descarga se autoriza dentro de la zona de protección litoral o fuera de ella.

**4.4.2 Descargas de residuos líquidos dentro de la zona de protección litoral.**

Las descargas de residuos líquidos, que se efectúen al interior de la zona de protección litoral, deberán cumplir con los valores contenidos en la Tabla N° 4.

**TABLA N° 4**

**LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA MARINOS, DENTRO DE LA ZONA DE PROTECCION LITORAL**

| CONTAMINANTE                         | UNIDAD               | EXPRESION        | LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|--------------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|
| Aceites y Grasas                     | mg/L                 | A y G            | 20                       |
| Aluminio                             | mg/L                 | Al               | 1                        |
| Arsénico                             | mg/L                 | As               | 0,2                      |
| Cadmio                               | mg/L                 | Cd               | 0,02                     |
| Cianuro                              | mg/L                 | CN <sup>-</sup>  | 0,5                      |
| Cobre                                | mg/L                 | Cu               | 1                        |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100 ml           | Coli/100 ml      | 1000-70*                 |
| Indice de Fenol                      | mg/L                 | Fenoles          | 0,5                      |
| Cromo Hexavalente                    | mg/L                 | Cr <sup>6+</sup> | 0,2                      |
| Cromo Total                          | mg/L                 | Cr Total         | 2,5                      |
| DBO <sub>5</sub>                     | mg O <sub>2</sub> /L | DBO <sub>5</sub> | 60                       |
| Estaño                               | mg/L                 | Sn               | 0,5                      |
| Fluoruro                             | mg/L                 | F <sup>-</sup>   | 1,5                      |
| Fósforo Total                        | mg/L                 | P                | 15                       |
| Hidrocarburos Totales                | mg/L                 | HCT              | 10                       |

**Comentario [c31]:** Comité Operativo 28.04.09. Se decide dejar la DBO<sub>5</sub> en las tablas de emisión y se revisarán en el próximo proceso.

|                             |        |                 |           |
|-----------------------------|--------|-----------------|-----------|
| Hidrocarburos Volátiles     | mg/L   | HCV             | 1         |
| Hierro Disuelto             | mg/L   | Fe              | 10        |
| Manganeso                   | mg/L   | Mn              | 2         |
| Mercurio                    | mg/L   | Hg              | 0,005     |
| Molibdeno                   | mg/L   | Mo              | 0,1       |
| Níquel                      | mg/L   | Ni              | 2         |
| Nitrógeno Total Kjeldahl    | mg/L   | NKT             | 80        |
| PH                          | Unidad | pH              | 6,0 - 9,0 |
| Plomo                       | mg/L   | Pb              | 0,2       |
| SAAM                        | mg/L   | SAAM            | 10        |
| Selenio                     | mg/L   | Se              | 0,01      |
| Sólidos Sedimentables       | m1/1/h | S SED           | 5         |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L   | SS              | 100       |
| Sulfuros                    | mg/L   | S <sup>2-</sup> | 1         |
| Zinc                        | mg/L   | Zn              | 5         |
| Temperatura                 | °C     | T°              | 30        |
| Cloro Libre Residual        | mg/l   | CLR             | 0,5       |
| Trihalometanos              | mg/l   | THM             | XX        |

**Comentario [c32]:** Análisis por el Comité Operativo para aplicación de deltas. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c33]:** Aprobado por el Comité Operativo 28.04.09. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c34]:** Antecedent es en análisis. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO. Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

\* = En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

**4.4.3 Descargas fuera de la zona de protección litoral.**

Las descargas de las fuentes emisoras, cuyos puntos de vertimiento se encuentren fuera de la zona de protección litoral, no deberán sobrepasar los valores de concentración señalados en la Tabla N° 5.



TABLA N° 5

**LIMITES MAXIMOS DE CONCENTRACION PARA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS  
A CUERPOS DE AGUA MARINOS, FUERA DE LA ZONA DE PROTECCION LITORAL**

| CONTAMINANTE                    | UNIDAD | EXPRESION        | LIMITE<br>MAXIMO<br>PERMISIBLE |
|---------------------------------|--------|------------------|--------------------------------|
| Aceites y Grasas*               | mg/L   | A y G            | 150                            |
| Sólidos Sedimentables*          | ml/1/h | S.SED            | 20                             |
| Sólidos Suspendedos<br>Totales* | mg/L   | S.S.             | 300                            |
| Aluminio                        | mg/L   | Al               | 10                             |
| Arsénico                        | mg/L   | As               | 0,5                            |
| Cadmio                          | mg/L   | Cd               | 0,5                            |
| Cianuro                         | mg/L   | CN <sup>-</sup>  | 1                              |
| Cobre                           | mg/L   | Cu               | 3                              |
| Índice de Fenol                 | mg/L   | Fenoles          | 1                              |
| Cromo Hexavalente               | mg/L   | Cr <sup>6+</sup> | 0,5                            |
| Cromo Total                     | mg/L   | Cr Total         | 10                             |
| Estaño                          | mg/L   | Sn               | 1                              |
| Fluoruro                        | mg/L   | F <sup>-</sup>   | 6                              |
| Hidrocarburos Totales           | mg/L   | HCT              | 20                             |

**Comentario [c35]:** Valor en revisión por parte del Comité Operativo. Se esperan antecedentes (distintos a los ya enviado) por parte del Comité Ampliado.  
Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c36]:** Valor en revisión por parte del Comité Operativo. Se esperan antecedentes (distintos a los ya enviado) por parte del Comité Ampliado.  
Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

**Comentario [c37]:** Valor en revisión por parte del Comité Operativo. Se esperan antecedentes (distintos a los ya enviado) por parte del Comité Ampliado.  
Se reciben antecedentes sólo hasta el 15 de mayo 2009.

|                         |        |                 |           |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------|
| Hidrocarburos Volátiles | mg/L   | HC              | 2         |
| Manganeso               | mg/L   | Mn              | 4         |
| Mercurio                | mg/L   | Hg              | 0,02      |
| Molibdeno               | mg/L   | Mo              | 0,5       |
| Níquel                  | mg/L   | Ni              | 4         |
| PH                      | Unidad | pH              | 5,5 - 9,0 |
| Plomo                   | mg/L   | Pb              | 1         |
| SAAM                    | mg/L   | SAAM            | 15        |
| Selenio                 | mg/L   | Se              | 0,03      |
| Sulfuro                 | mg/L   | S <sup>2-</sup> | 5         |
| Zinc                    | mg/L   | Zn              | 5         |
| Cloro Libre Residual    | mg/l   | CLR             | 2         |
| Trihalometanos          | mg/l   | THM             | XX        |

*\* Lo dispuesto en la Tabla N°5, respecto de los contaminantes Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales, será aplicable a las fuentes emisoras autorizadas para descargar sus residuos líquidos de acuerdo a la ley a la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente decreto, una vez transcurridos cinco años desde su vigencia. Dichas fuentes deberán cumplir, en el intertanto, con los siguientes límites de emisión: Para Aceites y Grasas: 350 mg/l; para Sólidos Sedimentables: 50 mg/l y para Sólidos Suspendidos: 700 mg/l.*

**Comentario [c38]:** Aprobado por el Comité Operativo 28.04.09

**Comentario [c39]:** Antecedent es en análisis. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO Se reciben antecedentes hasta el 15 de mayo 2009.

**5. PROGRAMA Y PLAZOS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMA PARA LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES**

**Comentario [c40]:** Capítulo en revisión por Jurídica.

5.1 A partir de la entrada en vigencia del presente decreto, los límites máximos permitidos establecidos en él, serán obligatorios para toda fuente emisora

- 5.2 Desde la entrada en vigencia del presente decreto, las fuentes emisoras existentes, deberán caracterizar e informar todos sus residuos líquidos, mediante los procedimientos de medición y control establecidos en la presente norma y entregar toda otra información relativa al vertimiento de residuos líquidos que la autoridad competente determine conforme a la normativa vigente sobre la materia. Aquellas fuentes emisoras que pretendan valerse del contenido del cuerpo de agua receptor acorde con lo previsto en el punto 4.1.73, deberán informar dichos contenidos a la autoridad competente.

**Comentario [A41]:**  
RESPUESTA A CORMA.  
Se aplicará el principio de gradualidad para el cumplimiento de la norma, el cual será redactado por jurídica.

Las fuentes emisoras deberán ajustarse a los límites máximos establecidos en este decreto desde su entrada en vigencia. Salvo aquellas que a la fecha de entrada en vigencia del mismo, tengan aprobado por la autoridad competente y conforme a la legislación vigente, un cronograma de inversiones para la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales, en cuyo caso, el plazo de cumplimiento de esta norma, será el que se encuentre previsto para el término de dicha construcción.

**Comentario [c42]:** PARRAFO DEBE SER EVALUADO JURIDICAMENTE

## 6. PROCEDIMIENTOS DE MEDICION Y CONTROL

### 6.1 Control de la norma.

Las inspecciones que realice el organismo público fiscalizador y los monitoreos que debe realizar la fuente emisora, deberán someterse a lo establecido en la presente norma.

**Comentario [c43]:** El Capítulo completo se encuentra en revisión por Grupo Temático Monitoreo y Control. Se trabajará durante el mes de mayo 2009. Se reciben observaciones y antecedentes hasta el 15 de mayo 2009.

### 6.2 Consideraciones generales para el monitoreo.

Las fuentes emisoras deben cumplir con los límites máximos permitidos en la presente norma respecto de todos los contaminantes normados.

Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendido a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga.

Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en la Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo; NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras, y NCh 411/10 Of 97, Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales.

El monitoreo se debe efectuar en cada una de las descargas de la fuente emisora fija. El lugar de toma de muestra debe considerar una cámara o dispositivo, de fácil acceso, especialmente habilitada para tal efecto, que no sea afectada por el cuerpo de agua receptor.

### **6.3 Condiciones específicas para el monitoreo.**

#### **6.3.1 Frecuencia de monitoreo.**

El número de días en que la fuente emisora fija realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora fija, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga.

El número mínimo de días del muestreo en el año calendario, se determinará, conforme se indica a continuación:

| Volumen de descarga<br>$M^3 \times 10^3/\text{año}$ | Número mínimo de días<br>de monitoreo anual, N |
|---|--|
| < 5.000   | 12   |
| 5.000 a 20.000                                      | 24   |
| > 20.000  | 48   |

Para aquellas fuentes emisoras fijas que neutralizan sus residuos líquidos, se requerirá medición continua con pH metro y registrador.

El número mínimo de días de toma de muestras anual debe distribuirse mensualmente, determinándose el número de días de toma de muestra por mes en forma proporcional a la distribución del volumen de descarga de residuos líquidos en el año.

### 6.3.2 Número de muestras.

Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga.

- i) Cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de al menos:
- Tres (3) muestras puntuales, en los casos en que la descarga tenga una duración inferior a cuatro (4) horas.

- Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior o igual a cuatro (4) horas.

En cada muestra puntual se debe registrar el caudal del efluente.

La muestra puntual debe estar constituida por la mezcla homogénea de dos submuestras de igual volumen, extraídas en lo posible de la superficie y del interior del fluido, debiéndose cumplir con las condiciones de extracción de muestras indicadas en el punto 6.3.3 de esta norma.

ii) Medición de caudal y tipo de muestra

La medición del caudal informado deberá efectuarse con las siguientes metodologías, de acuerdo al volumen de descarga:

- menor a 30 m<sup>3</sup>/día, la metodología de medición deberá estimarse por el consumo del agua potable y de las fuentes propias.
- entre 30 a 300 m<sup>3</sup>/día, se deberá usar un equipo portátil con registro.
- mayor a 300 m<sup>3</sup>/día, se debe utilizar una cámara de medición y caudalímetro con registro diario.

Las muestras para los tres casos deberán ser compuesta proporcionales al caudal de la descarga. La autoridad competente, podrá autorizar otra metodología de medición del caudal, cuando la metodología señalada no pueda realizarse.

### **6.3.3 Condiciones para la extracción de muestras y volúmenes de muestra.**

Las condiciones sobre el lugar de análisis, tipo de envase, preservación de las muestras, tiempo máximo entre la toma de muestra y el análisis, y los volúmenes mínimos de muestras que deben extraerse, se someterán a lo establecido en la NCh 411/Of.96, a las NCh 2313 y a lo descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19<sup>th</sup> Ed, 1995.

**Tabla N° 6 Condiciones de extracción de muestras**

| Contaminante    | Lugar de análisis | Envase <sup>1)</sup> | Preservación <sup>2)</sup>   | Tiempo máximo <sup>3)</sup> | Volumen mínimo de muestras |
|-----------------|-------------------|----------------------|--|-----------------------------|----------------------------|
| Tetracloroetano | Laboratorio       | V c/TFE              | 4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual. | 7 días                      | 40 ml por 2 muestras       |

|                |             |         |  |        |                      |
|----------------|-------------|---------|--|--------|----------------------|
| Tolueno        | Laboratorio | V c/TFE | 4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual. | 7 días | 40 ml por 2 muestras |
| Triclorometano | Laboratorio | V c/TFE | 4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual. | 7 días | 40 ml por 2 muestras |
| Xileno         | Laboratorio | V c/TFE | 4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual. | 7 días | 40 ml por 2 muestras |

- 1) V c/TFE = Vidrio de 40 ml dotado de un tapón de tapa rosca con orificio en el centro (Pierce 13075 o equivalente) y un tabique de silicona (Pierce 12722 o equivalente) revestido de TFE (teflón).
- 2) De preferencia agregar el preservante en terreno sobre la muestra.
- 3) Tiempo máximo comprendido entre la toma de la muestra y el análisis.

#### 6.4 Resultados de los análisis.



6.4.1. Si una o más muestras durante el mes exceden los límites máximos establecidos en las tablas N° 1, 2, 3, 4 y 5, se debe efectuar un muestreo adicional o remuestreo.

El remuestreo debe efectuarse dentro de los 15 días siguientes de la detección de la anomalía. Si una muestra, en la que debe analizarse DBO5, presenta además valores excedidos de alguno de los contaminantes: aceites y grasas, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cianuro, cobre, cromo (total o hexavalente), hidrocarburos, manganeso, mercurio, níquel, plomo, sulfato, sulfuro o zinc, se debe efectuar en los remuestreos adicionales la determinación de DBO5, incluyendo el ensayo de toxicidad, especificado en el anexo B de la norma NCh 2313/5 Of 96.

6.4.2. No se considerarán sobrepasados los límites máximos establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5 del presente decreto:

- a) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo una de ellas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en las referidas tablas.
- b) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo un 10% o menos, del número de muestras analizadas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en esas tablas. Para el cálculo del 10% el resultado se aproximará al entero superior.

Para efectos de lo anterior en el caso que el remuestreo se efectúe al mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se tomaron las muestras excedidas.

## 6.5 Métodos de Análisis.

La determinación de los contaminantes incluidos en esta norma se debe efectuar de acuerdo a los métodos establecidos en las normas chilenas oficializadas que se indican a continuación, teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda.

- NCh 2313/1, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 1: Determinación pH.
- NCh 2313/2, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 2: Determinación de la Temperatura.
- NCh 2313/3, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 3: Determinación de Sólidos Suspendedos Totales secados a 103° C – 105° C.
- NCh 2313/4, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 4: Determinación de Sólidos Sedimentables.
- NCh 2313/5, Of 96, Decreto Supremo N°146 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 5: Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).
- NCh 2313/6, Of 97, Decreto Supremo N°317 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis – Parte 6: Determinación de Aceites y Grasas.

- NCh 2313/7, Of 97, Decreto Supremo N°949 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas : Aguas Residuales-Métodos de Análisis – Parte 7: Determinación de Hidrocarburos totales.
- NCh 2313/9, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 9: Determinación de Arsénico.
- NCh 2313/10, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 10: Determinación de Metales Pesados: Cadmio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc.
- NCh 2313/11, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 11: Determinación de Cromo Hexavalente.
- NCh 2313/12, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 12: Determinación de Mercurio.
- NCh 2313/14, Of 97, Decreto Supremo N°949 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de Análisis Parte 14: Determinación de Cianuro Total.
- NCh 2313/15, Of 97, Decreto Supremo N°949 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 15: Determinación de Fósforo Total.
- NCh 2313/17, Of 97, Decreto Supremo N°1144 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 17: Determinación de Sulfuro total.

- NCh 2313/18, Of 97, Decreto Supremo N°1144 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 18: Determinación de Sulfato disuelto (para la determinación de sulfato total se debe realizar previa digestión de la muestra).
- NCh 2313/19, Of 98, Decreto Supremo N° 1461 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 19: Determinación del índice de fenol.
- NCh 2313/20, Of 98, Decreto Supremo N° 2557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 20: Determinación de Trihalometanos (se utiliza para los Triclorometano y Tetracloroetano).
- NCh 2313/21, Of 97, Decreto Supremo N°1144 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 21: Determinación del Poder espumógeno.
- NCh 2313/22, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de Análisis- Parte 22: Determinación de Coliformes Fecales en medio EC.
- NCh 2313/23, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de Análisis- Parte 23: Determinación de Coliformes Fecales en medio A-1.
- NCh 2313/25, Of 97, Decreto Supremo N° 37 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales- Métodos de Análisis- Parte 25: Determinación de Metales por espectroscopía de emisión de plasma .
- NCh 2313/27, Of 98, Decreto Supremo N° 2557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 27: Determinación de Surfactantes aniónico, Método para Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM).

- NCh 2313/28, Of 98, , Decreto Supremo N° 2557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 28: Determinación de Nitrógeno Kjeldahl.
- NCh 2313/29, Of 99, Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 29: Determinación de Pentaclorofenol y algunos herbicidas organoclorados.
- NCh 2313/30, Of 99 , Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 30: Determinación de Selenio.
- NCh 2313/31, Of 99, Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis- Parte 31: Determinación de benceno y algunos derivados (Tolueno y Xileno).
- NCh 2313/32, Of 99, Decreto Supremo N° 414 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 32: Determinación de Cloruro.
- NCh 2313/33, Of 99, Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 33: Determinación de Fluoruro.
- Método Cromatografía Iónica con Supresión Química de Conductividad del Efluente, para determinar Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), según 4110 B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19<sup>th</sup> Ed.; APHA-AWWA-WEF; 1995.
- Método de Electrodo de Nitrato, para determinación de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), según 4500- $\text{NO}_3^-$  D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19<sup>th</sup> Ed.; APHA-AWWA-WEF; 1995.

## **6.6 Metodología de análisis para la determinación de calidad de aguas tratadas con presencia de microalgas.**

### **1.- Campo de Aplicación.**

La presente metodología es especialmente útil para la determinación de calidad de aguas tratadas en sistemas de lagunas de estabilización. Este tipo de aguas, en general, presentan una cantidad importante de microalgas, las cuales aportan sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) que afectan su calidad al ser medidos como concentraciones totales.

El contenido de microalgas en el agua no necesariamente significa un mayor grado de contaminación, en especial cuando esta agua es descargada a cursos naturales como ríos y esteros.

### **2.- Metodología.**

#### **2.1. Desarrollo de cultivo de microalgas predominantes.**

Previo al desarrollo del cultivo de microalgas, debe determinarse el tipo de alga que predomina en la muestra, para lo cual debe realizarse el análisis de identificación de acuerdo a las metodologías establecidas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Esta identificación es importante para establecer los cuidados específicos que pudiera requerir cada tipo de alga.

El cultivo de algas se realiza para obtener la misma masa algal presente en forma natural en la muestra, que esté libre de elementos extraños, desarrollada en agua limpia y en una cantidad suficiente que permita extraer muestras para realizar

análisis de SS y DBO5, entre otros, representativos de los aportes de la masa algal, los que deberán realizarse según los Métodos de Análisis NCh 2313/3, Of. 95 y NCh 2313/5, Of 96 respectivamente.

El procedimiento para el cultivo es el siguiente:

Centrifugar una cantidad adecuada de muestra para concentrar la masa algal presente y obtener una cantidad suficiente para efectuar el cultivo.

Lavar la masa algal obtenida centrifugándola 2 o 3 veces en medio de cultivo.

Aplicar CO<sub>2</sub> a saturación por 30 minutos para la eliminación de rotíferos y depredadores que pudieran estar presentes en la muestra.

Cultivar en botella de vidrio transparente la masa algal tratada de acuerdo a lo indicado anteriormente, durante un período de 48 horas. El cultivo debe estar sometido a las siguientes condiciones durante todo el tiempo de desarrollo:

- Intensidad luminosa de 600 watt/m<sup>2</sup>
- Flujo de aire filtrado no inferior a 25 L/hr

## 2.2 Correlación entre Clorofila a y contaminante de control.

Corresponde a la determinación de una correlación entre el contaminante que interesa medir para determinar la calidad del agua de la muestra (contaminante de control) y la Clorofila a. Se usa la Clorofila a por ser específica de las algas y por su facilidad de medición (método 10200 H Chlorophyll 1 y 2 del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19<sup>th</sup> Ed ).

La correlación que se obtenga, se aplica a la(s) muestra(s) que se desea controlar, analizándole(s) el contenido de Clorofila a, determinado el valor del contaminante de control asociado a cada una de estas mediciones y asumiendo que corresponde al aporte del contenido algal. Este aporte se descuenta de la concentración total del contaminante de control, la que debe ser determinada previamente en la(s) muestra(s).

El procedimiento para la confección de la curva de correlación es el siguiente:

- Concentrar por centrifugación un volumen adecuado de cultivo.
- Lavar el concentrado de algas con agua bidestilada por centrifugación, a lo menos en 3 ocasiones sucesivas.
- Preparar 5 o más diluciones de 200 ml como mínimo para la confección de la curva de correlación.
- Tomar alícuotas adecuadas de cada dilución y hacer, a cada una de ellas; las determinaciones de Clorofila a y del contaminante de control, ambas en mg/L.
- Graficar y obtener una correlación del tipo lineal entre Clorofila a y el contaminante de control.

### 3.- Preparación Medio de Cultivo

La preparación del medio de cultivo se hará según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19<sup>th</sup> Ed, sección 8010E.4c1.

## 7. FISCALIZACION



La fiscalización de la presente norma corresponderá a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y a los Servicios de Salud, según corresponda.

**8. PLAZO DE VIGENCIA**

El presente decreto entrará en vigencia 180 días después de su publicación en el Diario Oficial.

**Tómese razón, anótese, comuníquese y publíquese**

**RICARDO LAGOS ESCOBAR**  
Presidente de la República

**ALVARO GARCIA HURTADO**  
Ministro  
Secretario General de la Presidencia

**Publicado en el Diario Oficial el 7 de marzo de 2001**