

EFFECTO DE LA DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS POR UN EMISARIO SUBMARINO EN LOS LENGUADOS, *Paralichthys microps* (GUNTHER, 1881) Y *Paralichthys adspersus* (STEINDACHNER, 1867) EN LA BAHÍA DE CONCEPCION, CHILE: EVIDENCIAS EXPERIMENTALES *

MARITZA LEONARDI¹ & EDUARDO TARIFEÑO^{1,2}

ABSTRACT : Leonardi, M. & E. Tarifeño. 1996. The effect of sewage discharges by a submarine pipe on flatfish, *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) and *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) at Concepción Bay, Chile: experimental evidence. Revista de Biología Marina, Valparaíso 31(1): 23-44.

The effects of sewage discharges inside Concepcion bay (Chile) on a natural populations of flatfishes, *Paralichthys microps* and *Paralichthys adspersus*, were analyzed. A bioassay with fish exposed during 45 days to domestic sewage discharge (Group 2) compared with control fishes (Group 1), was made.

The results indicated that the most remarkable effects in Group 2, were: i) changes in the original pattern of skin spots, ii) macroscopic injuries on skin, gills, fins and liver, and iii) histological damages on gills, skin and liver tissue. The damages observed were similar to those standardized by the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) as fin rot, skin ulcer and damage at the secondary lamellae and liver tissue. The control group did not show any damages.

The relationship between the damages observed and the discharge of domestic sewages is discussed. The need to know the individual responses of the different components of the affected ecosystem, because of the physiological characteristics of each fish and the synergistic effect of the environmental conditions when discharges occur, is pointed out.

Key words: Flatfish, fish pathology, marine pollution, histopathology, sewage, wastewater.

RESUMEN: Leonardi, M. & E. Tarifeño. 1996. Efecto de la descarga de aguas servidas por un emisario submarino en los lenguados, *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) y *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) en la bahía de Concepción, Chile: evidencias experimentales. Revista de Biología Marina, Valparaíso 31(1): 23-44.

Se examinó los efectos sobre juveniles y adultos de los lenguados *Paralichthys microps* y *Paralichthys adspersus* de la descarga de aguas servidas de origen doméstico mediante un emisario submarino dentro de la bahía Concepción (Chile). Para ello, se realizó un bioensayo con la exposición de 5 peces durante 45 días a la descarga de aguas servidas simulando las condiciones ambientales en las áreas bentónicas cercanas a la descarga del emisario (Grupo 2) y comparando los efectos con 5 peces de control (Grupo 1) mantenidos por igual lapso en agua de mar limpia.

(1) Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. Casilla 2407, Concepción, Chile.

(2) Centro EULA-CHILE, Universidad de Concepción, Casilla 156-C, Concepción Chile.

*) Trabajo presentado en las XV Jornadas de Ciencias del Mar, Coquimbo, Chile, 1995.

Los resultados indican que los efectos más notorios observados en el Grupo 2, fueron: i) cambios en el patrón original de pigmentación en el lado izquierdo de los peces y una hipersecreción de mucus en la piel, ii) daños macroscópicos en piel, aletas, branquias e hígado, y iii) daños en los tejidos tegumentario, branquial y hepático. Estos efectos corresponden a enfermedades tales como la erosión de aletas, úlceras en la piel, daños en las lamelas branquiales y tejido hepático, de acuerdo a los criterios estandarizados por el International Council for the Exploration of the Sea (ICES), cuyas causas han sido fehacientemente asociadas con la contaminación ambiental. En el caso del Grupo B, no se observaron daños.

Se analiza la relación de este tipo de enfermedades con la descarga en el mar de aguas servidas domésticas que no han sido tratadas previamente para disminuir su carga contaminante. Además, se discute la conveniencia de conocer las respuestas individuales de cada uno de los componentes de los ecosistemas frente a los aportes contaminantes o polutantes, respuestas que están en gran medida determinadas por las características fisiológicas propias del individuo afectado y las condiciones ambientales cuando ocurre la introducción del contaminante.

Palabras claves: Lenguados, contaminación marina, contaminación marina, histopatología, patología de peces, efluentes.

INTRODUCCION

Las zonas costeras marinas son importantes áreas de desove y crecimiento para muchos peces por su mayor contenido de material alimenticio en comparación con las aguas oceánicas; para muchos de estos, las áreas de crianza comprende principalmente zonas estuarinas o cursos inferiores de ríos con influencia marina libres de contaminación y polución (Berghahn 1987, Vethaak 1993). Sin embargo, en las últimas décadas se ha incrementado el uso de estas zonas como lugar de vaciamiento de efluentes de origen doméstico o industrial (Bascom 1978). Esto ha tenido como consecuencia situaciones preocupantes de contaminación marina que están derivando hacia una contaminación del ambiente marino costero.

Polución (sensu GESAMP fide Clark 1991) es definida como la introducción directa o indirecta por el hombre de sustancias o energía al ambiente marino que causan efectos deletéreos o interfieren con el uso legítimo del mar, o amenacen la salud humana, siendo la contaminación en cambio,

el aumento de la concentración de sustancias o energía en el agua o en los sedimentos marinos por sobre los niveles naturales (Clark 1989, 1991). Generalmente, se acepta la contaminación como un estrés o tensión ambiental que potencialmente predispone a los peces y otros habitantes marinos a enfermedades infecciosas y no infecciosas que pueden terminar en la muerte de los ejemplares afectados (Wedemeyer & Goodyear 1984, Vethaak & Rheinalt 1992).

Las relaciones causas y efectos entre las enfermedades de los peces y la contaminación ambiental marina no es muy clara, en muchos casos, reconociéndose dentro de la comunidad científica que dichas relaciones son más complejas de lo que parecen (ICES 1986). En general, la contaminación puede gatillar el comienzo de una enfermedad infecciosa de dos formas: i) causando un estrés fisiológico en los peces, los que bajan su resistencia a las enfermedades, y/o ii) contribuyendo a incrementar la actividad y el número de organismos patógenos en el medio provocando una alta presión de infección.

Una de las principales interrogantes dentro del marco de la discusión de los efectos de la polución en el ambiente marino son las preguntas: ¿Cuáles contaminantes (metales pesados, tóxicos químicos, altos aportes bacterianos) realmente afectan la salud de las poblaciones de animales marinos? y ¿Cuáles enfermedades de estos organismos pueden ser usadas como evidencias del deterioro ambiental dentro de un programa de vigilancia, en atención a que son ajenas a las patologías naturales o enfermedades propias del ciclo de vida de los animales? (Moller & Anders 1986).

La alteración del ambiente marino de la bahía Concepción, producto de las descargas de aguas de origen doméstico e industrial, ha sido objeto de estudios los cuales han constatado la contaminación del ambiente (Ahumada 1991, Carrera *et al.* 1993). Esta contaminación ha producido preocupación en diferentes niveles comunales y regionales lo que ha llevado a buscar alternativas de solución en el mediano y largo plazo.

Sin embargo, a principios de 1994 fue puesto en operación un emisario submarino para vaciar aguas servidas en el mar en el sector costero de Penco dentro de la bahía de Concepción. Si bien es cierto que las autorizaciones para este tipo de descargas se basan en la aprobación de los respectivos informes de estudios de impacto ambiental, los antecedentes entregados en los informes por lo general son evaluaciones en gran medida teóricas basadas en simulaciones computacionales a partir de datos puntuales, espacial y temporalmente tomados en terreno, y por lo tanto no aseguran que no puedan ocurrir efectos negativos sobre las comunidades marinas y sus componentes.

Se conoce que las descargas de aguas servidas de origen doméstico aportan grandes cantidades de materia orgánica al medio receptor lo cual facilita el crecimiento de muchos géneros bacterianos que se hacen patógenos bajo la influencia de las variaciones del medio, como la contaminación y temperatura (Vethaak 1993). Además, este tipo de aporte exógeno altera los fondos de los ecosistemas marinos producto de la sedimentación del material particulado, produciendo notorios cambios en la estructura de las comunidades (Word 1978) y en algunos casos haciendo los ambientes más tóxicos y nocivos para sus habitantes, especialmente aquellos de hábitat bentónico (Sherwood 1978, 1982, Vethaak & Rheinalt 1992).

Algunos de los peces que pueden ser afectados por las descargas de aguas servidas en la bahía de Concepción son el lenguado de ojos chicos, *Paralichthys microps* (Gunther, 1881) y el lenguado de tres ocelos, *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) habitantes comunes de fondos arenosos en la bahía. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue examinar los efectos del efluente del emisario submarino en funcionamiento dentro de la bahía, en juveniles y adultos de *P. microps* y *P. adspersus*, mediante un bioensayo con la exposición de peces a la mezcla natural de aguas servidas y agua de mar, simulando las condiciones ambientales en las áreas bentónicas cercanas al área de descarga del emisario.

Entre los efectos más comunes en lenguados causados por la polución ambiental debido a descargas domésticas en zonas costeras se pueden mencionar a enfermedades como la erosión de aletas (Sherwood 1978, Moller & Anders 1986, Bucke *et al.* 1993), úlceras en la piel (Moller & Anders 1986), daños en las lamelas branquiales (MacLean

1993) y tejido hepático (Vethaak 1993, Auspurger *et al.* 1994). Todos los síntomas de este tipo de enfermedades han sido estandarizadas por el International Council for the Exploration of the Sea (ICES 1986).

MATERIALES Y METODOS

El bioensayo para evaluar los efectos de la descarga de aguas servidas de origen doméstico por un emisario submarino en juveniles y adultos de *P. microps* y *P. adspersus* se realizó en las dependencias del Laboratorio de Fisiología de Animales Marinos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, en junio - julio de 1994.

PECES

Los ejemplares de lenguados utilizados en el presente estudio fueron capturados mediante pesca de arrastre en profundidades no mayores a 8 m a bordo de la embarcación artesanal "M/V Tobago" de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (U.C.S.C.) en un sector costero libre de contaminación directa por la descarga del emisario, frente a la Isla de los Reyes en la bahía de Concepción, Chile (Fig. 1). Una vez capturados, los peces fueron trasladados al laboratorio en cajas térmicas de 0,05 m³ con renovación constante de agua de mar, en un tiempo menor a 4 h. Se les mantuvo por una semana en periodo de aclimatación a las condiciones de laboratorio, antes de ser expuestos a las condiciones experimentales. Los datos biométricos de los peces se indican en la Tabla 1.

Antes de montar el bioensayo se examinó cuidadosamente a los peces destinados al grupo experimental y al de control para asegurar que no presentaban ningún tipo de daño que hubiese sido provocado antes del inicio del experimento.

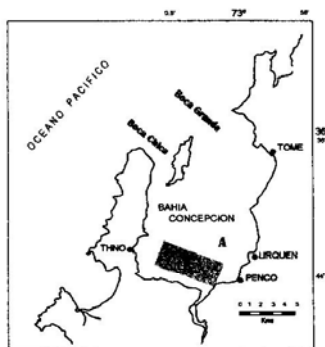


Figura 1. Bahía de Concepción, Chile. Zona de descarga del emisario submarino (A) y lugar de pesca de los lenguados (B).

DISEÑO EXPERIMENTAL

El bioensayo consideró dos grupos experimentales de 5 peces cada uno, de los cuales tres eran juveniles y dos eran adultos. Entre los juveniles había un ejemplar de *P. adspersus* y dos de *P. microps*, mientras que en los adultos, había un ejemplar de cada especie. Tanto el grupo de control (Grupo 1: peces en agua sin efluente) como el grupo contaminado (Grupo 2: peces en agua con efluente) fueron mantenidos 45 días por separado en cubetas de 0,05 m³, a temperaturas entre 10 a 12 °C y aireación constante, con recambios semanal de agua de mar por otra de igual característica que la renovada. Los ejemplares no fueron alimentados durante el experimento para evitar descomposición del alimento y fecas.

El agua utilizada en el bioensayo para el Grupo 1 fue tomada del sistema de

captación de agua de mar de la Estación Experimental Costera de Lengua de la U.C.S.C. Para el Grupo 2 se extrajo directamente de la surgencia de la pluma de descarga del emisario submarino (mezcla natural de la descarga del efluente con el agua de mar) mediante una bomba sumergible. Ambas fueron almacenadas en estanques de 200 litros de

capacidad, desinfectados con anterioridad y mantenidos entre 8 a 10°C. La salinidad ambiental registrada para el grupo 1 fue de 32‰ mientras que para el grupo 2 fue de 26,5‰. Los análisis bacteriológicos de ambas aguas se indican en la Tabla 2.

Tabla 1. Datos biométricos de los ejemplares de los lenguados *Paralichthys microps* y *Paralichthys adpersus* empleados en el bioensayo con agua de mar proveniente de la surgencia de la descarga del emisario submarino.

		Grupos experimentales			
		Nº1 Control)		Nº2 (Expuestos)	
Juveniles	Especie	Peso (g)	Longitud (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)
1	<i>P. microps</i>	72	19	114	23
2	<i>P. microps</i>	92	21	76	20
3	<i>P. adpersus</i>	124	24	175	26
Adultos					
1	<i>P. microps</i>	360	33	307	30
2	<i>P. adpersus</i>	324	30	470	34

Tabla 2. Análisis bacteriológico del agua de mar utilizada en el bioensayo con lenguados (*Paralichthys microps* y *Paralichthys adpersus*). Grupo 1 (Control) en agua de mar limpia. Grupo 2 (Expuestos) en agua de mar proveniente de la surgencia de la descarga del emisario submarino.

Análisis bacteriológico	Grupo 1 (Control)	Grupo 2 (Expuesto)
Coliformes	ausentes	presente
Coliformes fecales NMP/100 ml a 44,5° C + 0,2 C	ausentes	+16.000
Coliformes totales NMP/100 ml a 35° C + 0,5 C	ausentes	+ 16.000
Recuento Total UFC/ ml	ausentes	8,6 x10 ⁴
<i>Aeromonas</i> spp.	ausentes	ausentes
<i>Pseudomonas</i> spp.	ausentes	ausentes
<i>Streptococcus</i> spp.	ausentes	presentes

OBSERVACIONES DE DAÑO MACROSCÓPICOS

La rutina de observaciones semanales sobre el estado de salud de los peces, al momento del recambio de agua, fueron de acuerdo a los criterios establecidos por el ICES (1986) y correspondieron a determinar la presencia de daños en los lenguados tales como: i) ulceraciones en la piel, ii) hiperplasia epidemal (= papilomas), iii) erosión en las aletas, iv) nódulos en el hígado, v) decoloración hepática, vi) alteraciones a nivel de filamentos y lamelas branquiales, y vii) decoloración de branquias.

Para la inspección macroscópica de rutina, los peces eran sacados de la cubeta experimental y puestos en bandejas con agua de mar contaminada o limpia, según fuera el caso. Se examinó con cuidado ambos lados del cuerpo, se separaron los radios de las aletas y se levantó el opérculo para mirar la cavidad branquial. Al final del experimento, se procedió a examinar internamente un ejemplar adulto de cada grupo, poniendo especial atención en la presencia de nódulos y decoloraciones hepáticas.

OBSERVACIONES DE DAÑOS HISTOLÓGICOS

Una vez finalizado el bioensayo se procedió a tomar muestras de tejidos de la piel, branquias e hígado, para observar posibles daños histopatológicos en los peces de ambos grupos. Las muestras de tejido para análisis histológico fueron preservadas en formalina al 10% y luego preparadas para microscopía óptica mediante la técnica de inclusión y tinción en parafina y Hematoxilina-Eosina método convencional y hematoxilina de Delafiels de acuerdo a Humason (1962). Los cortes fueron de 5 y 10 micrones.

Un duplicado de todas las preparaciones histológicas y fotografías de los peces fueron enviados al Dr. Dick Vethaak (Holanda) Jefe del Grupo de Enfermedades de Peces y Contaminación Marina de International Council of Exploration of the Sea (ICES - Europa) para corroborar los diagnósticos realizados en el presente estudio.

RESULTADOS

Los efectos más notorios observados en juveniles y adultos de los lenguados *Paralichthys microps* y *Paralichthys adspersus*, expuestos a la descarga de aguas servidas, fueron: i) cambios en el patrón original de pigmentación en el lado izquierdo y una hipersecreción de mucus en la piel, ii) daños macroscópicos en piel, aletas, branquias e hígado y iii) daños en los tejidos tegumentario, branquial y hepático.

En el grupo de peces mantenidos como control, es decir mantenidos en agua de mar sin aguas servidas no se observó ningún tipo de daño macroscópico ni microscópico.

En relación al tiempo de aparición de las anomalías y daños en los ejemplares de ambas especies de lenguados expuestos al ambiente contaminado, se observó al décimo día que su patrón de pigmentación normal cambió hacia un aspecto moteado con gran abundancia de manchas blancas con uniformidad espacial aún cuando los ejemplares afectados habían permanecido en acuarios cuyos fondos fueron cubiertos con arenas grises. El cambio en el patrón de coloración ocurrió conjuntamente con un notorio aumento en la secreción de mucus en la piel. La pigmentación normal recuperó su patrón inicial al cabo de 12-15 días, mientras que la hipersecreción se mantuvo hasta el término del experimento.

Los daños observados macroscópicamente en la piel, aletas, branquias e hígado en ambas especies comenzaron a partir del vigésimo día de exposición al ambiente contaminado. Las lesiones fueron aumentando progresivamente transformándose en graves enfermedades al final del experimento. En este caso los daños correspondieron a úlceras superficiales en la piel que fueron aumen-

tando de diámetro y profundidad, daños en la piel en la forma de un desgaste circular sobre el opérculo, enrojecimientos o hipervascularizaciones capilares superficiales en la base de las aletas, aletas erosionadas en sus bordes, branquias decoloradas, filamentos branquiales desintegrados e hígados decolorados. En ambas especies los efectos fueron más notorios en los lenguados adultos (Tabla 3).

Tabla 3. Registro de daños macroscópicos en ejemplares juveniles y adultos de los lenguados *Paralichthys microps* y *Paralichthys adspersus* sometidos experimentalmente a un ambiente con descarga de aguas servidas.

Tipo de daño	Juveniles	Adultos	
Base de aletas enrojecidas	+	+	*
Aletas erosionadas	+	+	*
Aleta y pedúnculo caudal con heridas	+	+	**
Úlceras en la piel	+	+	**
Desintegración de filamentos branquiales	+	+	
Decoloración branquial aguda	+	+	
Decoloración hepática aguda	+	+	
Aletas con radios expuestos	+	+	*
Herida opercular circular	+	+	**
+ Presencia			
* Síndrome de erosión de aletas			
** Úlceras en la piel			

DESCRIPCION DE LAS LESIONES MACROSCOPICAS

Piel: los daños observados fueron principalmente heridas en el borde del opérculo izquierdo con pérdida de la piel y exposición del hueso (Fig. 2); heridas circulares en el opérculo derecho con fuerte erosión de la piel y exposición del hueso (Fig. 3); úlceras circulares y abiertas en diferentes partes del lado izquierdo del pez con penetración hasta la musculatura (Fig. 4) e irritaciones superficiales en la base de las aletas dorsal y ventral (Fig. 5).

Aletas: los daños fueron erosiones en los bordes de la aleta caudal con desintegración de la piel entre los radios y pérdida parcial de ellos.

Branquias: las alteraciones correspondieron principalmente a una aguda decoloración del tejido, desde un tono rojo a un rosado-pálido y una desintegración de los filamentos branquiales.

Hígado: los daños observados fueron una notoria decoloración desde un color rosado a un color blanquecino y pérdida de la consistencia del órgano desde una textura compacta a una flácida.

DESCRIPCION HISTOLOGICA DE LAS LESIONES MACROSCOPICAS

Piel: El examen histopatológico de las lesiones en la piel mostró la presencia de hiperplasia epidermal, con un aumento de la epidermis bajo la cual se apreció un deterioro de la membrana basal, conjuntamente con un aumento en el grosor de la dermis y alteración celular de la hipodermis; además, de una marcada respuesta inflamatoria, acompañada de una espongiosis dérmica (Fig. 6). En el caso de las úlceras en la piel, se observó la ausencia de la epidermis y una hipertrofia de la dermis o dermatitis crónica (Fig. 7a), con un infiltrado de células anómalas en la hipodermis y dermis superior (Fig. 7b). A modo de comparación, en la figura 8 se muestra un corte histológico de piel normal.

Branquias: los cortes histológicos mostraron generalmente daños en los filamentos

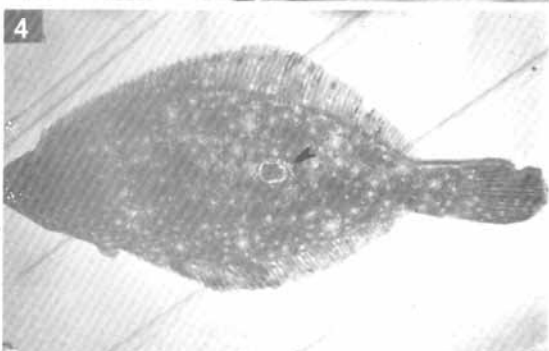
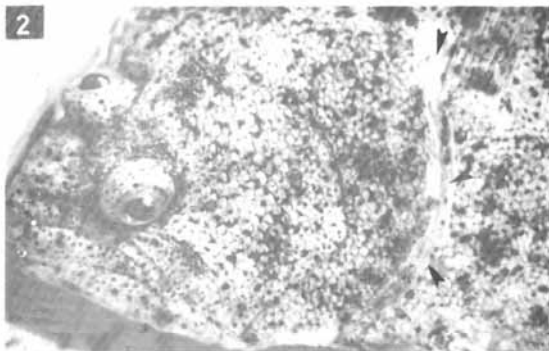
branquiales y en las lamelas secundarias que corresponden a una hipertrofia e hiperplasia de ellas. La Fig. 9 muestra un ejemplo de hiperplasia e hipertrofia en los filamentos y lamelas, acompañadas de una anomalía conocida como telangiectasia laminar o aneurisma que corresponden a una vasodilatación de los capilares que recorren internamente las lamelas. Por otra parte, en la figura 10 se aprecian edemas generalizados entre la base de las lamelas ocasionando una separación del epitelio. La Fig. 11 muestra cortes histológicos de filamentos branquiales y lamelas secundarias normales.

Hígado: en el tejido hepático se observó alteraciones celulares en distintas áreas focales dentro de las cuales los hepatocitos contienen diferente cantidad de componentes citoplasmáticos comparado con el parénquima circundante (Fig. 12a).

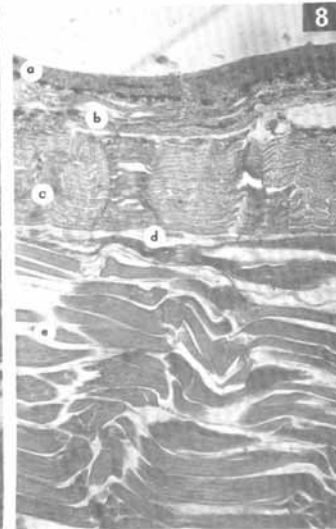
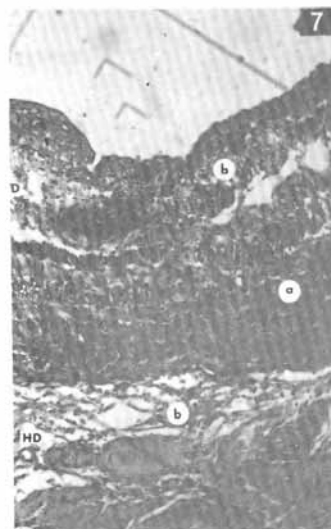
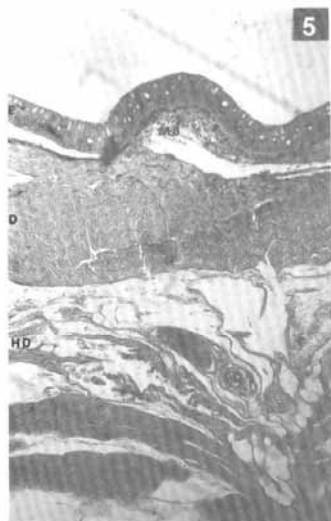
Figura 2. Daños macroscópicos observados en la piel de ejemplares del lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Herida en el borde del opérculo izquierdo con pérdida de la piel.

Figura 3. Daños macroscópicos observados en la piel de ejemplares del lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Herida circular en el opérculo derecho con erosión de la piel.

Figura 4. Daños macroscópicos observados en la piel de ejemplares del lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Úlcera circular y abierta en el lado izquierdo del pez que penetra hasta la musculatura y erosiones en las aletas dorsal, anal y caudal.



- Figura 5. Histopatología de lesiones macroscópicas observadas en el tejido tegumentario en el lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Hiperplasia epidermal, deterioro de la membrana basal, aumento de la dermis y deterioro celular de la hipodermis .
- Figura 6. Histopatología de lesiones macroscópicas observadas en el tejido tegumentario en el lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Respuesta inflamatoria crónica, acompañada de una espongiosis dérmica.
- Figura 7. Histopatología de lesiones macroscópicas observadas en el tejido tegumentario en el lenguado *Paralichthys microps* Histopatología de una úlcera con ausencia de la epidermis y una dermatitis crónica (a) con un infiltrado de células anómalas en la hipodermis y dermis superior (b).
- Figura 8. Histología del tejido tegumentario normal en el lenguado *Paralichthys microps*. Estrato epidérmico con capa de melanóforos (a), membrana basal (b), dermis compacta (c), hipodermis (d) y músculos subcutáneos (e).



- Figura 9. Histopatología de lesiones microscópicas en el tejido branquial en el lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Se observan daños en los filamentos branquiales y en las lamelas secundarias que corresponden a una hipertrofia (a) e hiperplasia de ellas, con telangiectasia laminar o aneurisma (b).
- Figura 10. Histopatología de lesiones microscópicas en el tejido branquial en el lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Se observan daños en la forma de edemas en la base y extremo distal de las laminillas secundarias (a) con separación del tejido desde el cartilago de sostén del filamento branquial.

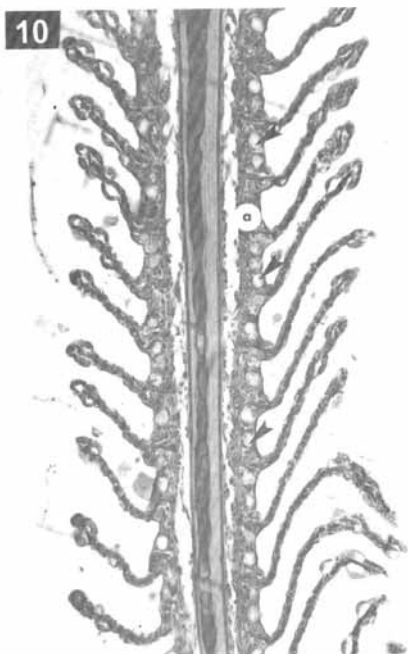
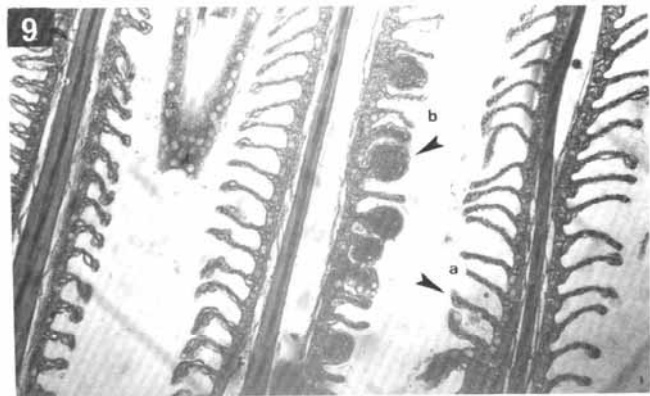
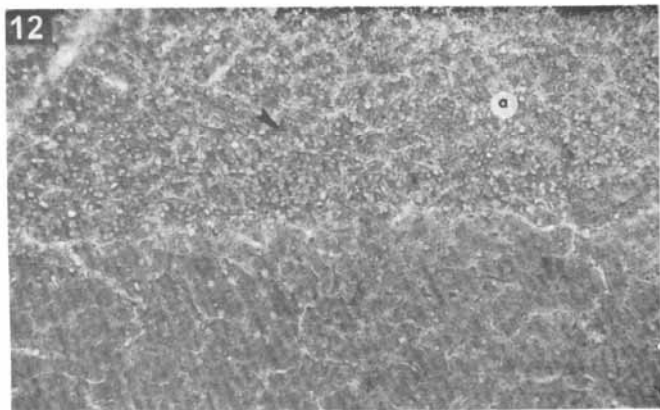
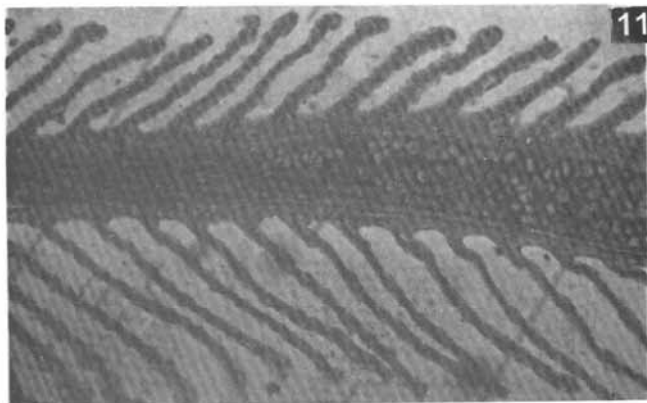


Figura 11. Filamento branquial y lamelas secundarias normales del lenguado *Paralichthys microps*.

Figura 12. Histopatología de lesiones microscópicas en el tejido hepático en el lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Alteración en la estructura del tejido con una hipervacuolarización de los hepatocitos (a).



En tejido hepático se pudo observar un centro melanomacrófico (Fig. 13 a) e islotes pancreáticos (Fig. 13 b).

Todos estos diagnósticos fueron ratificados por el Dr. Dick Vethaak (ICES) en base a sus observaciones sobre el duplicado del material enviado para este efecto.

DISCUSION

El desarrollo urbano ha puesto presión sobre los ecosistemas naturales en la forma de buscar alternativas de descargas para las aguas servidas domésticas que no han sido tratadas previamente para disminuir su carga contaminante. En el caso de Chile, la cercanía del mar a la mayoría de los grandes centros urbanos ha llevado a establecer políticas sanitarias que involucran el directo vertimiento de las aguas servidas al mar. Esta decisión asume que los procesos naturales que ocurren en los ecosistemas marinos serán capaces de atenuar o neutralizar los posibles efectos negativos del vertimiento de contaminantes y/o polutantes. Sin embargo, si no se conoce las capacidades de carga de los ecosistemas no se puede establecer los estándares de emisión que aseguren evitar la degradación de los ecosistemas.

Además, hay que agregar la conveniencia de conocer las respuestas individuales de cada uno de los componentes de los ecosistemas frente a los aportes contaminantes o polutantes, respuestas que están en gran medida determinadas por las condiciones ambientales cuando ocurren la introducción del contaminante y las características fisiológicas propias del individuo afectado.

En el presente estudio se pretendió conocer las consecuencias que significa el vaciamiento directo de aguas servidas dentro

de la bahía de Concepción, de por sí contaminada por descargas industriales de diferente origen y aportes fluviales con un alto contenido de aguas servidas. Para este efecto se diseñó el bioensayo cuyos resultados se informan en este trabajo, tomando como especie-testigo a los lenguados, *Paralichthys microps* y *Paralichthys adspersus*, habitantes comunes dentro de la bahía.

Los daños registrados en *P. microps* y *P. adspersus* corresponden claramente a enfermedades de peces planos que han sido relacionadas directamente con problemas de polución ambiental (Vethaak 1987). Es así como el enrojecimiento en la base de las aletas observados en el presente estudio, están dentro de la categoría de lesiones externas conocidas como el síndrome de "erosión de aletas" (Sherwood 1978, Möller & Anders 1986, Bucke *et al.* 1993); mientras que los daños a nivel de la piel, tales como las úlceras abiertas de tipo circular sobre la línea lateral de cuerpo del pez y pequeñas úlceras en el pedúnculo caudal corresponden a la categoría de lesiones externas conocida como "ulceraciones en la piel" (Möller & Anders 1986).

Las erosiones en las aletas se caracterizan por una necrosis aguda que puede finalizar con la total destrucción de los radios (Sherwood *et al.* 1977, Sherwood 1982, Sindermann *et al.* 1980, Vethaak 1993), situación claramente observada en el presente estudio. Se ha sugerido que este síndrome puede estar vinculado a un factor de estrés químico, afectando la capa protectora de mucus de los peces (Sindermann *et al.* 1980). En el caso de los lenguados de nuestro bioensayo, fue notoria la hipersecreción de mucus, tal vez como una primera manera de defensa frente a los elementos contaminante.

El estrés pudo ser el resultado de fluctuaciones de la salinidad ambiental lo cual provoca a su vez, alteraciones en el sistema osmoregulador de los peces (eg. estrés osmótico) y cambios en los recursos alimenticios (eg. baja biomasa de invertebrados, e impacto negativo sobre el macrobentos sublitoral) aumentando así el riesgo de infección de enfermedades dada la mala condición de salud (Möller 1990, Dekker 1989, Vethaak

1992). Sin embargo la salinidad ambiental a la cual fueron expuestos los lenguados sólo osciló entre 26 - 27 ‰, ésto descarta a la variación de salinidad como un factor estresante en el presente estudio. Por otra parte trabajos en curso indican que los lenguados *P. microps* y *P. adspersus* presentan un rango de tolerancia de salinidad ambiental de 20 a 32 ‰.

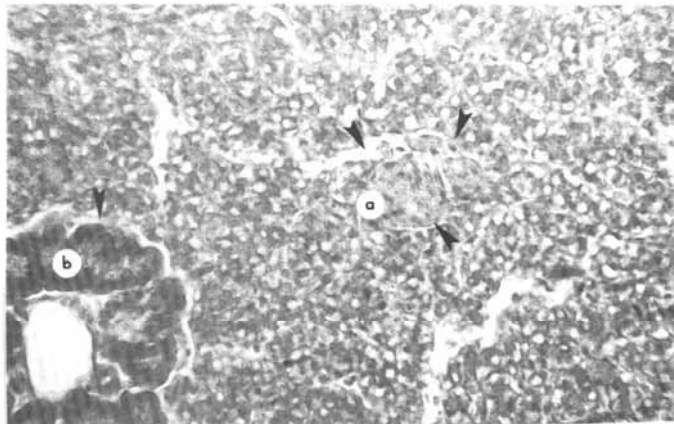


Figura 13. Histopatología de lesiones microscópicas en el tejido hepático en el lenguado *Paralichthys microps* después de 45 días de exposición a un ambiente contaminado con descarga de aguas servidas. Se observa un centro melanomacróforo (a) en zona adyacente a un islote pancreático (b).

Un segundo factor estresante pudo ser el resultado de una baja concentración de oxígeno combinado con un alto contenido de sulfúidos en ambiente acuático. (Sindermann *et al.* 1980). Sin embargo, aun cuando se conoce de eventos de anoxia dentro de la bahía de Concepción (Ahumada y Arcos 1976; Ahumada *et al.* 1983) no se han registrado muertes masivas de estos lenguados. Galdames *et al.* (ms) han entregado antecedentes de las adaptaciones morfológica, fisiológica y bioquímica con las que cuentan *P. microps* y *P. adpersus* para sobrevivir los períodos de hipoxia ambiental, indicando que ambas especies no sufren estrés por falta de oxígeno aun cuando la pO_2 ambiental sea tan baja como 16 y 32 mm Hg, respectivamente. Estos valores corresponde a c.a. 0,5 ml y 1,0 ml de $O_2 l^{-1}$, de acuerdo a las condiciones oceanográficas promedio en la bahía de Concepción.

Un tercer factor pudo ser una invasión bacteriana a partir de una lesión externa (Sindermann 1983). Las bacterias más comunes en estos casos son, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* (Mahoney *et al.* 1973, Murchelano & Ziskwiski 1979, Giles *et al.* 1978). En este caso, la premisa básica es que frecuentemente las bacterias crecen más rápidamente en aguas con una mayor carga orgánica polutante, aumentando por lo tanto el riesgo de infección en los peces. La presencia de macrófagos y destrucción del tejido epitelial y dermatitis crónica en los lenguados expuestos a la descarga de aguas servidas, corrobora esta premisa.

Las decoloraciones en branquias e hígado, además de las alteraciones en los mismos tejidos han sido observadas en peces demersales en regiones en las cuales se ha descargado aguas tóxicas (Sherwood *et al.* 1977). Este tipo de patologías estarían asociadas con la exposición a sedimentos contaminados con desechos químicos (e.g., formol) (Roberts 1981, Temmink *et al.* 1983). Según esto, los daños internos observados en el tejido branquial y hepático de los lenguados del Grupo 2, tales como edemas, hiperplasia e hipertrofia en los filamentos branquiales y lamelas y telangiectasia laminar (o aneurisma) podrían estar asociados con la presencia de contaminantes químicos, además de las aguas servidas de origen doméstico, en el efluente que descarga el emisario submarino en referencia.

Los cambios observados en el tejido hepático (e.g., alteración celular, hipervacuolarización y centros melanomacrófagos) se relacionan probablemente con descargas de aguas tóxicas (Malins *et al.* 1988). Sin embargo, Vethaak (1993) cita que estos tipos de alteraciones hepáticas no estarían relacionadas con la polución marina exclusivamente, sino que podría existir también una relación con el estado nutricional de los peces o por estrés resultado de períodos de desove (Bucke *et al.* 1984). En el caso de *P. microps* y *P. adpersus* se ha constatado una gran capacidad de supervivencia en estado de inanición (e.g. hasta 9 meses) con reducción del peso de hasta un 40% del inicial (Bofi & Tarifeño 1994¹, Tarifeño & Bofi 1994², Tarifeño 1995³).

(1) Libro resúmenes, XIV Jornadas de Ciencias del Mar, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, 1994. Pág. 77.

(2) Libro de resúmenes, XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Pág. 89.

(3) Libro de resúmenes, XV Jornadas de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte. Coquimbo, 1995. Pág. 84.

Las patologías mencionadas en este trabajo para *P. microps* y *P. adpersus* han sido observadas en otros peces demersales expuestos a descarga de aguas servidas en las costas del Pacífico Norte, *Platichthys stellatus* (Wellings *et al.* 1976), *Pseudopleuronectes americanus* (Murchelano & Ziskowski 1976), *Pleuronectes platessa* (Perkins *et al.* 1972) y *Microstomus pacificus* (Sherwood 1978) y en las costas del Atlántico Norte en *Limanda limanda* (Bucke *et al.* 1984, 1993) y *Platichthys flesus* (Vethaak 1993).

Sherwood (1978) y Mearns & Sherwood (1977) indican que de todas las patologías relacionadas con la polución ambiental en ecosistemas marinos, el síndrome de la "erosión de las aletas" en especies como los lenguados, es uno de los mejores indicadores para vigilar el nivel de polución ambiental producido por las descargas de aguas servidas.

AGRADECIMIENTOS.

Se agradece al Dr. D. Vethaak (ICES, Holanda) la corroboración de los diagnósticos de las lesiones producidas en la piel, branquias e hígado, en los lenguados expuestos a la descarga de aguas servidas en el sector de Penco (bahía Concepción). También se agradece la colaboración prestada por la tripulación del Moto/Velero TOBAGO (U.C.S.C.), al entusiasmo de los alumnos de las carreras de Biología Marina y Tecnología en Recursos del Mar, y en especial a Juan Castro, en la planificación de las pescas de muestreos.

LITERATURA CITADA.

- Ahumada, R. & D. Arcos, 1976. Descripción de un fenómeno de varada y mortandad de peces en la bahía de Concepción, Chile. *Revista Comisión Permanente Pacífico Sur* 5: 101-111.
- Ahumada, R.; Rudolph, A. & V. Martínez. 1983. Circulation and fertility of warter in Concepción bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 16: 95-105.
- Ahumada, R. 1991. Balance asimétrico de carbón orgánico particulado (COP) en la bahía de Concepción, Chile. *Revista Biología Marina, Valparaíso* 26(2): 233-251.
- Augsburger, T.; Herman, R. L.; Tanacredi, J. T. & J. S. Hatfield. 1994. Liver lesions in winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) from Jamaica bay, New York: Indications of enviromental degradation. *Estuaries* 17(1B): 172-180.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, que coinciden en gran parte con lo mencionado por diversos autores en otros casos de polución marina por descargas de aguas servidas de origen doméstico, sería altamente conveniente examinar la prevalencia de las enfermedades mencionadas en las poblaciones naturales de los lenguados, *P. microps* y *P. adpersus* existentes dentro de la bahía de Concepción, considerando la puesta reciente en funcionamiento de los emisarios submarinos en las zonas costeras de Penco y Tomé dentro de la bahía de Concepción.

Los antecedentes que podría entregar el estudio en terreno podría ser una base para futuras evaluaciones sobre el efecto de este tipo de descargas en otros sectores del litoral nacional, como son el caso de Viña del Mar-Valparaíso y Coquimbo-La Serena.

- Balouet, G. & F. Baudin-Laurencin. 1980. Penetrating ulcers of mullet and possible relationships with petroleum. Reunion Conseil International Exploration-Mer., (C.I.E.M.) 44 : 1-6.
- Bascom, W. 1978. Life in the Bottom. In: Willard Bascom (ed.). Coastal Water Research Project, State California. Annual Report for the year 1978, p.57-80.
- Berghahn, R. 1987. The Wadden Sea as a nursery for fish and crustacean species. In: S. Tougaard & S. Asbirk (eds.) Proceeding of the 5th International Wadden Sea Symposium. The National Forest and Nature Agency and the Museum of Fisheries and Shipping, Esbjerg p. 69-85.
- Bucke, D.; Waterman, B. & S. Feist. 1984. Histological variations of hepato-splenic organs from the North Sea dab, (*Limanda limanda*. L.) Journal of Fish Disease. 7: 255-68.
- Bucke, D.; Vethaak, A. D.; Landahl, J. T. & S. Møllergaard. (in press). Training guide for marine fish disease surveys. In report of the International Council for the Exploration of the Sea, Workshop.
- Bucke, D.; Vethaak, A.D. & T. Lang. (in press). Training guide for the identification of common diseases and parasites of fish in the North Atlantic. In report of the International Council for the Exploration of the Sea, Workshop
- Carrera, M. E.; Rodríguez, V.; Ahumada, R. & P. Valenta. 1993. Metales trazas en la columna de agua y sedimentos blandos en la bahía de Concepción, Chile. Determinación mediante voltametría de redisolución. Revista Biología Marina, Valparaíso 28(1) :151-163.
- Clark, R. B. 1989. Marine Pollution. 2nd Ed. Clarendon Press, Oxford. 220 p.
- Clark, R. B. 1991. Assessing marine pollution and its remedies. South African Journal of Marine Science 10: 341-351.
- Dekker, R. 1989. The macrobenthos of the subtidal western Wadden Sea. I. Biomass and species richness. Netherlands Journal of Sea Research 23:57-68.
- Galdames, M.I.; Tarifeño, E. & M. Leonardi. Modulation of the oxygen carrying capacity in the flatfishes, *Paralichthys microps* and *Paralichthys adspersus* during anoxia. Enviado a Comparative Biochemistry Physiology. Part A.
- Giles, R.C.; Brown, L. R. & C. D. Minchew . 1978. Bacteriological aspects of erosion in mullet exposed to crude oil. Journal of Fish Biology 13: 113-117.
- Humanson, P. 1962 . Animal tissue techniques. Freeman and Company , 468 p.
- ICES, 1986. Report of the ICES Workshop on the use of pathology in studies of the effects of contaminations. Project C. M./ ICES E p. 401-464.
- MacLean, S. 1993. Pathological condition of Narragansett Bay young-of the year winter flounder. American Fisheries Society Symposium 14: 47-54.
- Mahoney, J. B.; Midlice, F. H. & D. G. Deuel. 1973. A fin rot diseases of marine and euryhaline fishes in the New York Bight. Transactions of the American Fisheries Society 102(3): 596-605.
- Malins, D. C.; McCain, B. B.; Landahl, B. B.; Myers, M. S.; Krahn, M. M.; Brown, D. W.; Chan, S. L. & W.T. Roubal. 1988. Neoplastic and other diseases in fish in relation to toxic chemicals: an overview. Aquatic Toxicology 11: 43-67.

- Mearns, A. J. & M. J. Sherwood. 1977. Distribution of neoplasms and other diseases in marine fishes relative to the discharge of wastewater. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 298: 210-24.
- Möller, H. 1985. A critical review on the role of pollution as a cause of fish diseases. In: A. E. Ellis (ed.), *Fish and Shellfish Pathology* p. 169-182: Academic Press, London.
- Möller, H. 1990. Association between diseases of flounder, *Plathychthys flesus* and environment conditions in the Elbe estuary. FRG. *Rapports et Procès Verbaux des Réunion Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 46: 187-199.
- Möller, H. & K. Ander. 1986. Diseases and parasites of marine fishes. Möller, Kiel p. 1-365.
- Murchelano, R. A. & J. Ziskowski. 1976. Fin rot diseases studies in the New York Bight. In: *American Society of Limnology and Oceanography Special Symposium 2*: 329-336. Allen Press, Inc. Lawrence, Kansas
- Murchelano, R. A. & J. Ziskowski. 1979. Fin rot diseases - a sentinel of environmental stress?. *International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Project CM / ICES E*: 25-25-27.
- Pequeño, G. 1989. Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. *Revista Biología Marina, Valparaíso* 24 (2): 1-132.
- Perkins, E. J.; Gilchrist, J. R. & O. J. Abbott. 1972. Incidence of epidermal lesions in fish of the North-East Irish Sea area, 1971. *Nature* 238: 101-103.
- Roberts, R. J. 1981. *Patología de Peces*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369p.
- Roedsaether, M.C.; Olafsen, J.; Raa, J.; Myrhe, K. & J. B. Steen. 1977. Copper as an initiating factor of vibriosis (*Vibrio anguillarum*) in eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Fish Biology*. 10: 17-21.
- Roskman, R. A. 1965. A case of copper pollution along the Dutch coast. Report of the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Project C.M./ ICES E: 1-40.
- Sherwood, M. J. & A. J. Mearns. 1977. Environmental significance of fin erosion in southern California demersal fishes. *Annals of the New York Academy of Sciences* 298: 177-189.
- Sherwood, M. J. 1978. The fin erosion syndrome. In: Willard Bascom (ed.), *Coastal Water Research Project*. State of California. Annual Report for the year 1978, p. 203-224.
- Sherwood, M. J. 1982. Fin erosion, liver conditions and trace contaminants exposure in fish from the coastal regions. In: G. F. Mayer (ed.) *Ecological stress and the New York Bight* : Science and Management p. 359-380.
- Sindermann, C. J.; Bang, F. B.; Cristensen, N. O.; Dethlefsen, V.; Harshbarger, J. C.; Mitchel, J. R. & M.F. Mulcahy. 1980. The role and value of pathobiology in pollution effects monitoring programs. *Rapports et Procès Verbaux des Réunion Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 179: 135-151.
- Sindermann, C. J. 1983. An examination of some relationships between pollution and disease. *Rapports et Procès Verbaux des Réunion Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 182: 37-43.
- Temmink, J. H.; Bouwmeester, P. J.; Jong, P. & J. H. van den Bery. 1983. An ultrastructural study of chromate induced hyperplasia in gill of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquatic Toxicology* 4: 165-180.

- Vethaak, A. D. 1987. Fish diseases signals for a diseased environment?. Seminar 1986, Reasons for concern. 2: 41-61, Rotterdam.
- Vethaak, A. D. 1992. Diseases of flounder (*Platichthys flesus*) in the Dutch Wadden Sea, and their relation to stress factor. Netherlands Journal of Sea Research., 29: 1-3.
- Vethaak, A. D. 1993. Fish Diseases and Marine Pollution. Public Health and Environmental Protection, Bilthoven. 158 p.
- Vethaak, A.D. & T. Rheinalt. 1992. Fish disease as a monitor of marine pollution: The case of the North Sea. Review Fisheries Biology 2: 1-32.
- Wedemeyer, G. A. & C. P. Goodyear. 1984. Diseases caused by environmental stressor. In: Otto Kinne (ed.) Diseases of fishes (Disease of Marine Animals, Vol. IV). Biologische Anstalt Helgoland, p. 424-434, Hamburg
- Wellings, S. R.; Alpers, C. E.; McCain, B. B. & B. S. Miller. 1976. Fin erosion disease of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and English sole (*Parophrys vetulus*) in the estuary of the Duwamish River, Seattle, Washington. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 33: 2577-2586.
- Word, J. Q. 1978. The Infaunal Trophic Index. In: Willard Bascom (ed.). Coastal Water Research Project. State of California. Annual Report for the year 1978, p. 19-40.