

COMPARACION DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA BAHIA DE CONCEPCION PRODUCIDO POR LOS RESIDUOS DE LAS PLANTAS DE HARINA, ACEITE Y CONGELADOS

ENVIRONMENT IMPACT COMPARISONS ON CONCEPCION BAY OF WASTE OF FISHMEAL, FISH OIL AND FISH FROZEN FACTORIES

Eugenia Pradenas y Anny Rudolph

RESUMEN

Se estudian las características principales de los residuos producidos por 9 industrias pesqueras dedicadas a la producción de harina, aceite y/o congelados, ubicadas en el área circundante a la Marisma Rocuant, en Talcahuano. Las variables analizadas en los residuos líquidos de las pesqueras fueron: flujo, T°C, pH, concentración de oxígeno disuelto, grasas, a DBO₅, COD y COP. Sobre la base de la estimación de ensayos de DBO₅, DQO, COP y oxígeno disuelto, se concluye que el mayor impacto es producido por las plantas de harina y aceite. El volumen del efluente en las plantas de harina y aceite es un orden de magnitud mayor, i.e., 1.234 m³/h, que las plantas de congelados. Sin embargo, los valores de DBO₅ (4.300 mgO₂/l) y grasas (8,3 g/l) son extremadamente altos en las últimas. Es imprescindible que sean implementadas políticas de manejo y control en relación a estándares de emisión para residuos industriales, de acuerdo a la capacidad asimilativa del cuerpo receptor, situación que está haciendo crisis a lo largo de la costa de Chile.

Palabras claves: Contaminación, desechos orgánicos, DBO₅, grasas totales.

ABSTRACT

The principal characteristics of industrial waste produced by a fishfactories located in Rocuant salt-marsh, Talcahuano was analyzed. This factories produced fishmeal, oil and frozen fish. Temperature, pH, dissolved oxygen concentration, total greases, BOD₅, COD, and POC were measured on the liquid waste. The levels found on these parameters allow us to conclude that the main impact on the surrounding environment was produced by the fishmeal and oilplant, being its effluent volume one order of magnitude greater than the frozenfish plant (i.e., 1.234 m³/h). However, the frozenfish plant effluent values for BOD₅ (4,300 mg O₂/l) and total grease (8.3 g/l) were extremely high when compared to fishmeal effluent content. According to this results it is suggested here, the development and application of management and control policies related to the standards for industrial waste. This should take into account the assimilation capacity of natural receptor bodies, which at present are in a critical situation along the chilean coast.

Key words: Contamination, organic waste, BOD₅, total greases.

INTRODUCCION

En el año 1988, el volumen de captura en Chile alcanzó a 5.027.667 t de pescado (SER-NAP, 1988), este gran volumen y la inversión en flota, por parte del sector industrial, no ha ido aparejada con un incremento en el valor agregado de los productos ni en mejorar la calidad de los residuos de la elaboración de la pesca. Los Residuos Industriales Líquidos

(RIL) invariablemente son eliminados a un cuerpo de agua cercano a la planta de elaboración, sin que exista una preocupación por el daño producido al medio acuático al sobrepasar su capacidad asimilativa.

En el área de Talcahuano se captura el 37% del total de la pesca nacional, destinándose el 94,3% a la elaboración de harina y aceite de pescado, con sólo un 22,7% de ren-

dimiento. A este rubro se destina cerca de un 90% de la pesca de jurel (*Trachurus murphyi*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), sardina (*Sardinops sagax*), y anchoveta (*Engraulis ringens*), SERNAP. 1988.

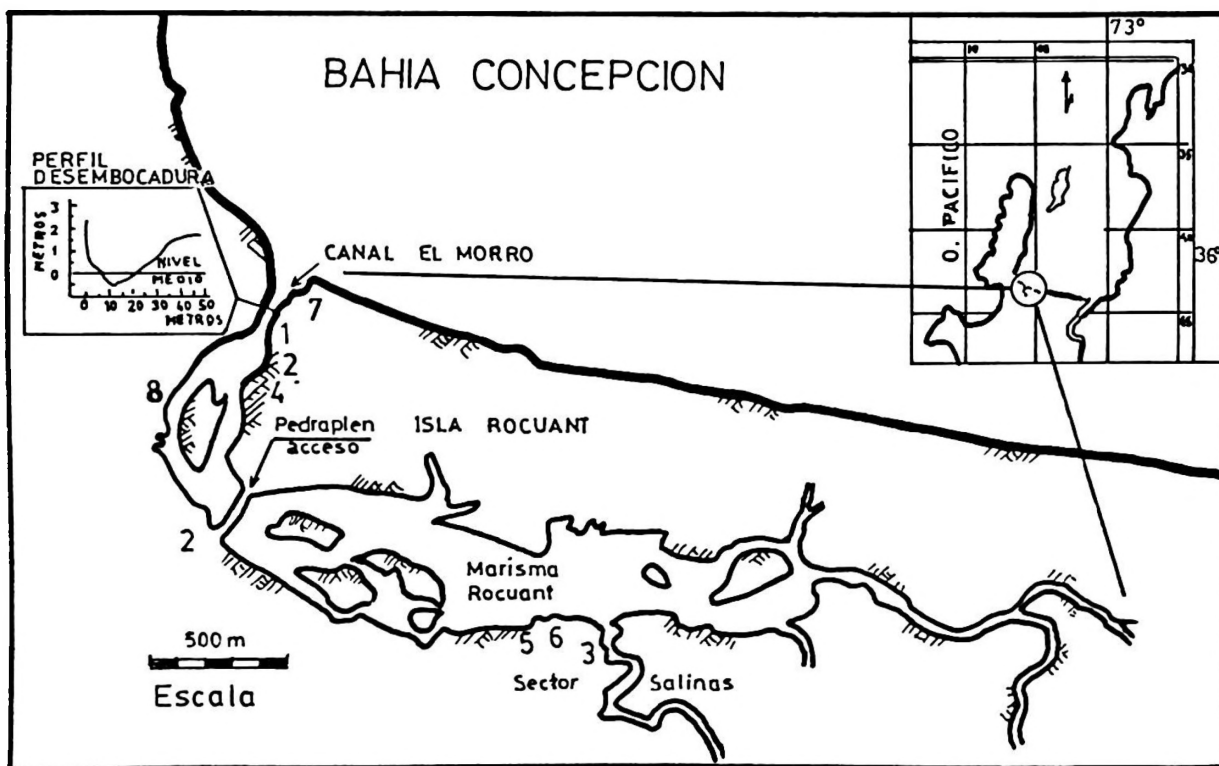
La actividad industrial en el área de Talcahuano se centra principalmente en dos lugares físicos diferentes: la zona de descarga y la planta de procesamiento. Existen dos puntos de descarga la bahía de San Vicente, con un 80%, y la bahía de Concepción, con un 20% del volumen de pesca. Nueve plantas de procesamiento de productos pesqueros en Talcahuano se encuentran en el sector de la Marisma Rocuant (Figura 1). La marisma se ubica al suroeste de la bahía de Concepción (36°40' Lat. Sur y 73°02' Long. Oeste), ocupando un área de 990 km², con una profundidad promedio de 2 m, comunicada con la bahía de Concepción a través del canal El Morro.

Una Evaluación de Estado Ambiental realizado a través de la Técnica de Evaluación de Impacto Ambiental reveló que 73,7% del deterioro en esta área es producido por la actividad industrial directa e indirectamente; un 16,3% por la red de afluentes municipales (actualmente retirada), y un 9,7% por las aguas servidas de una población (ca. 400 personas), antigua caleta El Morro, que no cuenta con servicio de alcantarillado (Ahumada y Rudolph, 1987).

En este estudio se comparan los sistemas de elaboración de pesca y se cuantifican el aporte de materia orgánica eliminada al medio ambiente a través de los RIL de las industrias pesqueras, ubicadas en el sector de la Marisma Rocuant.

MATERIALES Y METODOS

Los muestreos de efluentes, tres en prome-



PESQUERAS:

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. Camanchaca | 5. San Miguel |
| 2. Golfo harina | 6. Vásquez |
| 2'. Golfo congelado | 7. Tamarugal |
| 3. Indumar | 8. Iquique |
| 4. Landes | |

Figura 1. Diagrama de la Marisma Rocuant que indica los puntos de evacuación de RIL de las pesqueras ubicadas en el sector.

dio, en las industrias pesqueras fueron realizados durante los meses de agosto a noviembre de 1988, directamente de los lugares de evacuación y/o piscinas decantadoras. En cada oportunidad se solicitó, en cada industria, información sobre el tonelaje procesado en el momento del muestreo y tipo de materia prima utilizada en la planta. Los análisis se realizaron de muestras compuestas por submuestras, tomadas cada 30 minutos durante un período aproximado de 2 horas (Greenberg *et al.*, 1985). La concentración de oxígeno disuelto en el RIL fue promediado de la concentración de cada submuestra, fijada *in situ* (Strickland y Parson, 1972).

La muestra compuesta fue almacenada en botellas de plástico y vidrio, de acuerdo a las exigencias de cada análisis. El pH fue medido en un peachímetro Orion-research modelo 701-A. La determinación del flujo de los efluentes fue medida con un flujómetro digital Hydro-bios, modelo 438 110. La cuantificación de carbono orgánico particulado (COP) se realizó por filtración de un volumen conocido de la muestra bien mezclada y mediante oxidación con dicromato de potasio (Strickland y Parson, 1972).

La determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se realizó por oxidación en medio ácido y reflujo de la muestra, con dicromato de potasio. En la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la muestra fue diluida para que el consumo de oxígeno durante la incubación (5 días, 20°C) no sea mayor al 80% de la concentración de oxígeno contenido en la muestra incubada, y la concentración de grasas se determinó por extracción con dietiléter (Greenberg, *et al.*, 1985).

Además se midió en el agua superficial de la Marisma Rocuant (primeros 55 cm), temperatura, pH y oxígeno disuelto, para comparar con algunas de las variables analizadas en los RIL.

CONSIDERACIONES METODOLOGICAS

Para el análisis de DBO₅ debieron ser preparados, para cada muestreo, inóculos adaptados a las condiciones de laboratorio, capaces de consumir la materia orgánica presente en las muestras de los residuos líquidos de la industria pesquera. Se aceptó como un inóculo adecuado aquel que en condiciones de laboratorio, usando como sustrato orgánico glucosa-glutamina, producía un consumo

de oxígeno entre 140 y 160 mgO₂/l (Greenberg *et al.*, 1985).

El cuerpo receptor de desechos industriales de las pesqueras es la marisma y posteriormente la bahía de Concepción, por tanto, para el análisis de DBO₅ se utilizó como agua de dilución, además de agua destilada más nutrientes, agua de mar filtrada. Se observó que en agua de mar el consumo de materia orgánica es mayor, es decir, en agua de mar la cantidad de materia residual es menor.

Se realizó estudios sobre la cinética que describe el consumo de oxígeno diario, para muestras de RIL y distintas concentraciones de sustrato sintético. La gráfica obtenida (Figura 2) puede ser descrita a través de una ecuación de primer orden (Young, 1984), en que no se detecta presencia de inhibidores y un pequeño período de adaptación de los microorganismos en las muestras, a diferencia de lo observado con los sustratos sintéticos, i.e., 100, 200 y 500 mg glucosa por litro.

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (curva de DBO) permitiría inferir que los residuos líquidos de la industria pesquera podrían ser factibles de utilizar en cultivos, a través de un mecanismo que fuera a la vez económico para la captura biológica (tratamiento secundario) de partículas orgánicas y/o nutrientes presentes en los RIL. (Kawasaki *et al.*, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSION

La comparación de los RIL en los distintos procesos (i.e., harina, aceite y congelados), requiere sean analizados primero las distintas formas de elaboración.

Elaboración de harina y aceite de pescado

Los problemas de contaminación en este proceso se inician desde el momento de descarga de la pesca en el puerto. La pesca es extraída desde las bodegas por succión, facilitada por grandes volúmenes de agua de mar, la que es eliminada en el lugar de desembarque con una alta carga de material orgánico disuelto y particulado (sangre, escamas y restos de pescado).

La descarga y el traslado de la pesca hasta la industria (por medio de camiones) produce un importante deterioro de materia prima, con formación de agua de sangre, que es perdida durante el trayecto. La materia prima es almacenada en los pozos de recepción de la industria, cuya capacidad fluctúa entre

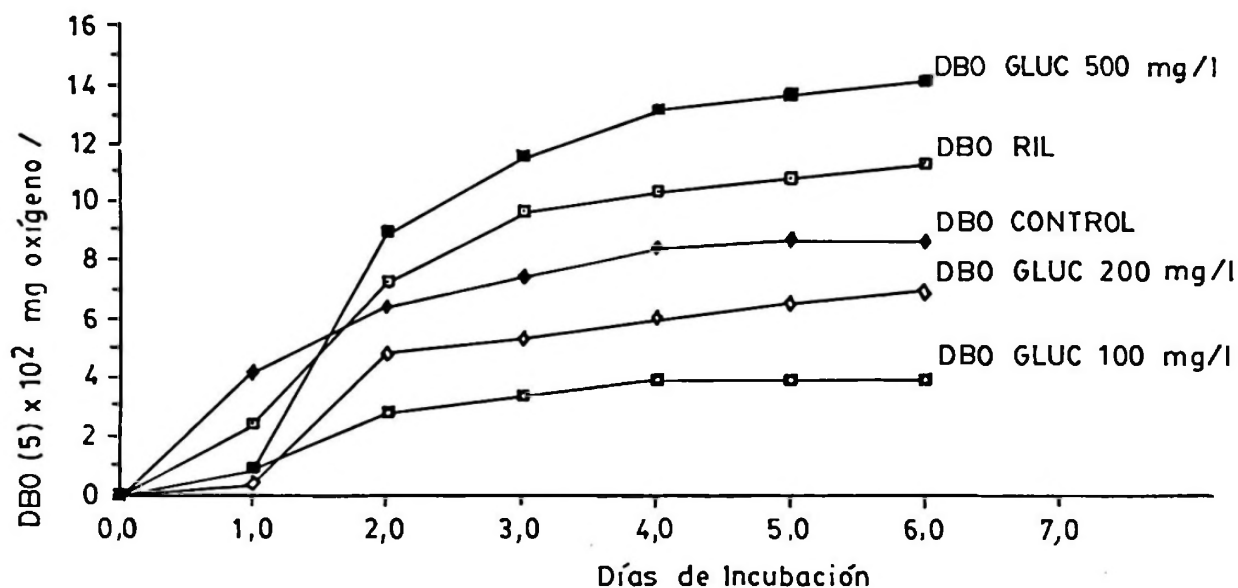


Figura 2. Curvas experimentales de consumo de oxígeno (DBO mg O₂/l) para diferentes concentraciones de sustrato.

800 y 2.500 t, hasta el momento de su utilización. Durante el almacenaje se genera y acumula agua de sangre que es recibida bajo los tornillos transportadores, donde, dependiendo de la industria, es eliminada como RIL o incorporado al proceso para la obtención de aceite.

Durante el proceso de elaboración se pierde materia orgánica en las siguientes etapas:

- i) Transporte del pescado hasta los cocedores (se genera agua de sangre, que es recogida por conductos bajo la cinta transportadora).
- ii) Transporte del pescado ya cocido hacia la prensa.
- iii) Por adhesión de materia prima en las paredes de cocedores y prensa.
- iv) Durante el secado de la harina.

En la elaboración de aceite la principal pérdida de materia orgánica se produce en el paso de los líquidos por la segunda centrifuga, donde se obtiene agua de cola que es eliminada por los efluentes o en algunos casos almacenada para su procesamiento. Un segundo punto de pérdida, de menor importancia, se produce durante el lavado del aceite en la tercera centrifuga.

En la limpieza de la planta, que se realiza aproximadamente una vez por semana, se arrastra por lavado todo el material retenido en las máquinas, transportadores y pozos

(i.e., agua de sangre, proteínas y sales), el cual es eliminado sin ningún tratamiento.

Un rendimiento del 30% se acepta como un proceso eficiente en la obtención de harina y aceite de pescado. Es así como de 100 t de pesca, el 24% se transforma en harina, el 6% pasa a formar aceite y el 70% restante es eliminado al ambiente principalmente por los efluentes. Una fábrica que elabora normalmente 400 t/día de pescado, produce ca. 50 m³ de agua de cola. De esta agua de cola, es factible extraer 5.000 kg de soluble de pescado al 50% o 2.500 kg de pescado anhidro (harina de soluble). Si se suponen 15 días de trabajo al mes, las cifras ascienden a 75.000 kg de pescado al 50% o 35.000 kg de harina de soluble (Silva, 1959). En la Tabla 1 se muestra un resumen de la composición de los RIL de las industrias, de donde se desprende que con el tipo de procesado de agua de cola utilizada por las industrias, se logra un aumento de sólo un 4% en harina y un 0,25 en aceite.

Del agua de sangre que se produce en la planta, se recupera en sólidos sólo el 20% del total, sería interesante además estimar el porcentaje de la pesca que se pierde como agua de sangre durante la captura, la descarga y el traslado hasta la planta. Si se acepta el 6% indicado en la Tabla 1, durante el procesamiento se obtienen 105.252 toneladas que se pierden sólo por concepto de agua de sangre en la elaboración.

Tabla 1
Composición de los RIL de industrias pesqueras elaboradoras de harina y aceite de pescado

	Agua de sangre*	Agua de cola**	Agua de lavado
Lugar de recepción	<ul style="list-style-type: none"> — Faenas de carga y descarga de materia prima. — En el transporte hacia la industria. — En la residencia de la materia prima en los pozos receptores. 	<ul style="list-style-type: none"> — Producto de la separación del aceite por centrifugación de los líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua proveniente de los desodorizadores. — Lavado de pozos y maquinarias (prensa, cocedor y deslugers).
Composición	<ul style="list-style-type: none"> — 7,5% de sólidos suspendidos. — 0,3% de aceite. — 92,2% de agua de mar. 	Sin tratar: <ul style="list-style-type: none"> — Proteínas y vitaminas solubles. — 7% de sólidos. — 0,5% de aceite. — 92,5% de agua. Tratada: <ul style="list-style-type: none"> — 3,4% de sólidos. — 0,49% de aceite. — 87% de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua, partículas de harina. — Residuos proteicos. — Sales minerales. — Sólidos pequeños. — Residuos de agua de sangre. — Solución de soda cáustica al 3%.
Pérdida	<ul style="list-style-type: none"> — De un 5-6% del tonelaje de pesca procesada. 	<ul style="list-style-type: none"> — Aproximadamente 45% de la materia prima. — Contiene 20% de las proteínas del pescado. 	Sin información.
Material recuperado	<ul style="list-style-type: none"> — Se recupera en sólidos aproximadamente 2% del total de producción. — Aumenta de 1,7 a 2% el contenido de sal. 	<ul style="list-style-type: none"> — Aumenta en un 4% el rendimiento de harina y en 0,2% de aceite. 	No se recupera.

*Se analizó una muestra de agua de sangre de 70 toneladas de jurelillos que permanecieron 24 h en el pozo de recepción (Arnaboldi, 1976).

**Análisis de agua de cola obtenida de una muestra de una tonelada de materia prima (Arnaboldi, 1976).

Para la elaboración de pescado congelado

La materia prima es transportada en bandejas por medio de camiones refrigerados y mantenida en frío. El tratamiento de la materia prima se realiza en forma manual, utilizando durante la elaboración agua con hielo. El proceso al cual es sometido el pescado en este tipo de elaboración permite un rendimiento entre 35-40%, lo que es mayor entre un 5 a un 10% que el rendimiento obtenido en la producción de harina y aceite, sin considerar que los desechos sólidos de mayor tamaño de esta línea de producción pasan a la planta de harina (Figura 3).

En torno a la Marisma Rocuant se ubican 7 plantas elaboradoras de harina y aceite de

pescado con una capacidad de elaboración total de 350 t/h y 2 elaboradoras de congelados, cuya capacidad de producción es de aproximadamente de 10 t/h.

Se verificó que la cantidad de orgánicos presentes en los efluentes de plantas dedicadas a la producción de harina dependía de la capacidad de la planta en relación a las capturas recibidas, funcionamiento de los procesadores de aguas de cola y el uso de piscinas decantadoras. Observándose que: i) al comparar tres industrias cuyos procesadores de agua de cola estaban en funcionamiento, sólo en 2 se observaba disminución del 20% en la carga de orgánicos; ii) la carga de materia orgánica logró ser disminuida en un 40% en industrias que utilizaban además piscinas decantadoras de desechos, posibilitando su ai-

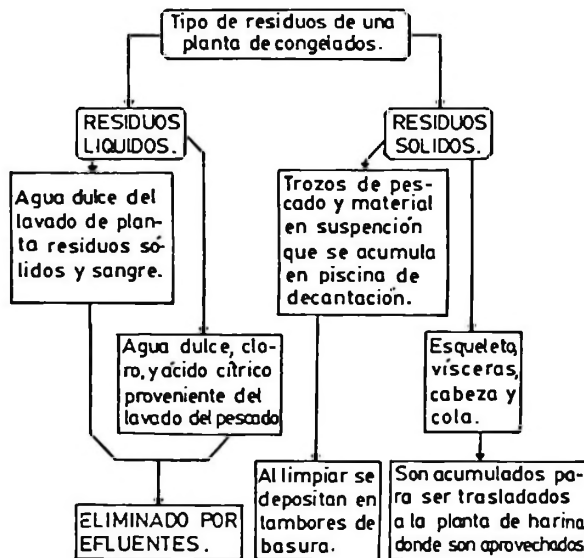


Figura 3. Residuos eliminados en una planta de elaboración de pescado congelado.

reación, en relación a industrias con igual capacidad de producción que eliminan sus desechos directamente (ver Tabla 1).

Los flujos de los efluentes presentan diferencias entre las industrias, dependiendo de la capacidad de la planta y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. El flujo promedio de los RIL de las industrias productoras de harina y aceite, para la época muestreada, fue estimado en 176 m³/h, con un flujo total de 1.234 m³/h. En cambio, en

las plantas procesadoras de productos congelados, su flujo promedio fue de 61,5 m³/h, con un total de 123 m³/h, un orden de magnitud menor.

Las aguas de RIL evacuadas por industrias productoras de harina y aceite de pescado, presentaron una temperatura promedio de 31°C, quince grados más altas que la observada en la Marisma Rocuant. Esto, debido a que un alto porcentaje de esta agua, por el bajo costo de este recurso, es utilizada en procesos de refrigeración. La temperatura mayor encontrada fue de 64°C, cincuenta y tres grados más alta que en la Marisma. Si se considera que el flujo de las aguas de los efluentes, recibida por la Marisma, es de 1.357 m³/h, el impacto producido sólo por este factor sobre el hábitat de la Marisma, es considerable.

Las plantas de congelados utilizan agua dulce durante el proceso, observándose que el pH de sus RIL fluctúa entre 8,2 y 8,6; en cambio las plantas de harina y aceite que utilizan mayoritariamente agua de mar, el rango de pH observado es muy amplio, va de 6,8 a 9,5, encontrándose en la Marisma un pH aproximado de 7,3. Este pH refleja los procesos anóxicos que están ocurriendo en el cuerpo receptor, debido a la acumulación de orgánicos, condición que no logra ser modificada por la influencia mareal recibida desde la bahía.

La DBO de los efluentes fue de 30.853 mgO₂/l, la DQO de 43.877 mgO₂/l, valor que

Tabla 2
Resumen de información de las variables analizadas en el muestreo

Indust.	Prod.	Flujo	T°C	pH	[O ₂]	DQO	DBO	COP	Grasas
H1	22	170	32	8,52	1,9	3.448	2.224	63	0,4
H2	50	180	25	9,25	5,5	4.225	3.197	33	0,3
H3	30	50	64	8,17	0,0	7.834	6.188	450	7,1
H4	12	180	19	7,51	0,0	4.691	2.799	1.185	1,3
H5	26	100	46	8,12	2,6	4.526	3.552	335	0,6
H6	30	468	19	8,28	4,9	11.209	8.491	1.104	1,0
H7	12	86	18	6,80	3,0	7.944	4.402	387	1,5
Indust.	Prod.	Flujo	T°C	pH	[O ₂]	DQO	DBO	COP	Grasas
C1	2,6	23	13	8,2	5,8	2.576	1.716	19	9,6
C2	3,5	100	17	8,6	2,7	6.977	4.998	213	7,0

H: Plantas de harina y aceite
C: Plantas de congelados.

DQO = mgO₂/l
DBO = mgO₂/l
COP = mgC/m³

Grasas = g/l
Producción = t/h
Flujo promedio = m³/h

es 1,4% mayor que el DBO para una carga de carbono orgánico particulado de 3.557 mgC/día. La significativa magnitud de la DBO₅ y DQO y COP, puede ser explicada por el bajo rendimiento con que opera una fábrica de harina y aceite (ver Tabla 1), esta concentración de orgánicos no logra ser enmascarada por el gran volumen de agua utilizada en la planta. Las fábricas de congelados presentan también altos valores de DBO, DQO y COP, pero sus volúmenes de RIL son un orden de magnitud menor (ver Tabla 2).

Como agravante de esta situación, las plantas de harina deben ser lavadas por lo menos una vez a la semana, para eliminar el material adherido a las máquinas, observándose un fuerte incremento en la DBO y DQO, aproximadamente 4,8% y 5,1%, respectivamente; además, el agua del lavado durante este proceso presenta un pH más básico (pH=10), debido a la utilización de soda cáustica, de alta toxicidad para el medio receptor.

Las grasas son compuestos de baja densidad, hidrofóbicas y de gran adherencia. La cantidad encontrada en los RIL es alarmante: 1,7 g/l como promedio en los efluentes de plantas elaboradoras de harina y aceite y de 8,3 g/l en los provenientes de plantas congeladoras.

Las grasas, al adherirse a las paredes rocosas y plantas o al flotar sobre el agua, impiden el intercambio con el medio. Uno de sus impactos más dramáticos es que impiden la oxigenación del agua, este contaminante no debería ser eliminado por ningún concepto al medio ambiente.

La concentración de oxígeno disuelto en los RIL de industrias de congelados, con flujos de 123 m³/h, fluctuó entre 2,7 y 5,8 ml O₂/l, concentración mayor a la existente en los RIL de plantas de harina y aceite, con un flujo total de 1.234 m³/h, donde es frecuente encontrar concentraciones de oxígeno cercanas a cero, con un promedio de 2,6 mlO₂/l (ver Tabla 2). Las concentraciones de oxígeno disuelto en superficie (los primeros 5 cm), en la Marisma Rocuant, no fueron mayores al 20% del valor de saturación (0,0-2,0 ml O₂/l), a mayores profundidades las condiciones son anóxicas. Estas concentraciones de oxígeno son insuficientes para la degradación de la materia orgánica ya existente en la Marisma, por lo que se produce una degradación anóxica de la materia orgánica, dando como resultado la eliminación de gases

tóxicos, como sulfuro de hidrógeno y metano.

El impacto que produce la actividad industrial pesquera en el sector de la Marisma Rocuant no sólo es producto de la materia orgánica evacuada a través de los RIL, sino además por la expansión de las industrias en terrenos que pertenecían al canal El Morro, lo que ha provocado la disminución en profundidad y amplitud de este canal, disminuyendo el flujo de las aguas obstruido por la construcción del camino de acceso a las industrias (ver Figura 1), junto a la proliferación de grandes cantidades de bacterias en verano (Ahumada *et al.*, 1989).

También es preocupante la situación producida en la Marisma Rocuant en el área de Salinas, sector residencial, con grandes extensiones dedicadas a la crianza de ganado lechero. Allí funcionan tres industrias pesqueras dedicadas a la fabricación de harina y aceite (ver Figura 1). En esta zona el nivel máximo de inundación de la Marisma ha disminuido por la eliminación de desechos de carbón (utilizado como combustible en las industrias), que junto a la materia orgánica proveniente de los RIL, provocan el relleno del sector y aguas estancadas, producto de la obstrucción de los canales de rebalse de la Marisma. Esto hace que el sector se torne insalubre, siendo foco de infecciones y enfermedades para los residentes y no apto para la crianza de ganado.

CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se puede concluir que:

En relación al volumen de los RIL, el impacto mayor en el medio es producido por las industrias elaboradoras de harina y aceite (productos de bajo valor agregado), ya que utilizan grandes volúmenes de agua tanto en la descarga como en la elaboración de la materia prima, devolviéndola al medio ambiente con altas concentraciones de grasas, mínimas concentraciones de oxígeno, altas temperaturas y altísimas cargas de orgánicos.

Se hace imperioso el tratamiento de los efluentes de todas las industrias procesadoras de pescado, por el daño causado día a día al ambiente, que en el caso de la Marisma Rocuant pareciera irreparable, además del daño a la población circundante. Es imprescindible la implementación de una política de manejo costero y de control, con estándares de emisión para la evacuación de RIL, además de un estudio del impacto ambiental

producido por cada actividad propia del proceso: descarga en puerto, traslado a la industria y proceso de elaboración, en que se analice si el daño producido al patrimonio común puede ser justificado.

LITERATURA CITADA

- AHUMADA, R. y A. RUDOLPH. 1987. Un problema crítico de contaminación por orgánicos, Marisma Rocuant en Talcahuano. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 11*: 45-59.
- AHUMADA, R. y A. RUDOLPH. 1989. Residuos líquidos de la industria pesquera: Alternativas ambientales y estrategias de eliminación. *Ambiente y Desarrollo, 5(1)*: 147-161.
- AHUMADA, R., A. TRONCOSO, A. RUDOLPH, J. MORILLAS y T. CONTRERAS. 1989. Coloración roja producida por bacterias: Marisma Rocuant, Talcahuano. *Bol. Soc. Biol. Concepción 60*: 7-16.
- ARNABOLDI, C. 1976. Análisis de estructuras y funcionamiento de una planta elaboradora de harina y aceite de pescado. Informe de práctica para optar al Título de Técnico Marino. Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Talcahuano, 121 pp.
- CEPAL. 1985. Informe del taller sobre la evaluación del impacto ambiental de sustancias potencialmente nocivas provenientes de fuentes costeras en el medio marino: Estudio de un caso en Chile. Universidad de Concepción. LC/L. 325: 85 pp.
- GRASSHOFF, K. 1982. *Methods of sea water analysis*. 2nd Edition. Verlag Chemie, 419 pp.
- GREENBERG, A.E., R.R. TRUSSELL and L.S. CLESCERI. 1985. *Standards methods for the examination of water and wastewater*. Sixteenth Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.
- KAWASAKI, I., E. TARIFEÑO-SILVA, D. YU, M. GORDON and D. CHAPMAN. 1982. Aquacultural approaches to recycling of dissolved nutrient in secondary treated domestic wastewater. I Nutrient uptake and realize by artificial food chains. *Water Research 16(16)*: 7-49.
- PARRA, O., E. UGARTE, L. CHUECAS and H. BALABANOFF. 1977. Estudios preliminares sobre contaminación del canal El Morro, bahía de Concepción, Chile. *Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile. 51(2)*: 225-230.
- ROJAS, O. y A. MUJICA. 1981. Delimitación de las áreas de desove, prerreclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Subsecretaría de Pesca-Instituto de Fomento Pesquero, Informe Técnico. 82 pp.
- RUDOLPH, A. y R. AHUMADA. 1987. Intercambio de nutrientes entre una Marisma con una fuerte carga de contaminantes orgánicos y las aguas adyacentes. *Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile. 58*: 151-169.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA (SERNAP). 1988. Anuario Estadístico de Pesca.
- SILVA, J. 1959. Aprovechamiento de las aguas de cola. In: *Explotación pesquera y aprovechamiento de los productos de la pesca en Chile*. Vol. III. Primer Congreso de Ingeniería Química. 116-123. Instituto de Ingenieros Químicos de Chile. Concepción, Chile. Vol. III. 306 pp.
- STRICKLAND, J. and T. PARSON. 1972. *A practical handbook of sea water analysis*. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 167*: 1-311.
- SZEKELY, F. 1986. Evaluación de Impacto Ambiental, nociones básicas. Doc. PNUMA/CPPS/CEPAL/WG. 56(8):1-43.
- UNEP. 1981. Pautas de evaluación de Impacto Ambiental Industrial y criterios ambientales para la ubicación de industrias. *Industry and Environmental Guidelines. 1:807-10715*.
- YOUNG, J. 1984. Waste strength and water pollution parameters. En: *Water analysis*. Vol. III. Organic species. Minear y Keith (Ed.), 1-39. Academic Press. Inc. New York. 456 pp.