

## TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA INDUSTRIA DE HARINA DE PESCADO

Raúl Pizarro C., Scila Reátegui S., Dolores Rivera C., Inés Delmás R. y Luis Mori S.

Instituto de Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Av. Venezuela s/n, Lima -01

**Abstract:** The study consists on the treatment of pumping water of the fish flour industry, using flotation systems for dissolved air, sedimentation or others as viable methods of primary treatment for removal of insoluble materials. An the conditioning of a coagulant or flocculant, organic or inorganic, to destabilize the formed micelles to allow the separation of the organic material with the purpose of reaching an effective removal of fine solids in suspension, emulsified fatty and oils and in this way to reduce the biological demand of oxygen of the effluent discharged to the sea

**Key Words:** Fish flour, wastewater treatment

**Resumen:** El estudio consiste en el tratamiento del agua de bombeo de la industria de harina de pescado utilizando sistemas de flotación por aire disuelto, sedimentación u otros como métodos viables de tratamiento primario para la remoción de insolubles, el acondicionamiento de un coagulante o floculante, orgánico o inorgánico para desestabilizar las micelas formadas y permitir la separación del material orgánico con la finalidad de alcanzar una remoción efectiva de sólidos finos en suspensión, grasas emulsificadas y aceites y de este modo reducir la demanda biológica de oxígeno del efluente descargado al mar.

**Palabra Clave:** Harina de pescado, tratamiento de efluentes líquidos

### I. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Descripción del sistema de recuperación del agua del bombeo

El agua de bombeo, agua de mar, con el cual se transporta el pescado desde las bolicheras hasta la planta. Esta carga pasa a través de una malla para retener al pescado, el pasante con restos de pescado, sólidos, grasa y sangre, denominado agua de bombeo crudo, pasa por una malla microvibradora en el cual se retienen los sólidos más pequeños; el efluente pasante es derivado hacia un tanque pulmón de base cónica, donde se inyecta aire (microburbujas) para flotar la grasa y el aceite y precipitar los sólidos, en éste tanque se forman tres fases, en la fase superior el aceite es enviado a un colector, la fase intermedia agua con contenido de grasa y aceite que no han sido flotados y sólidos que son enviados a una celda de flotación con aire disuelto donde se generan microburbujas para flotar la grasa y el aceite que luego son enviados al tanque colector, el efluente de esta etapa se denomina efluente final del sistema el cual es eliminado

al emisor submarino, es aquí donde se toma la muestra, el cual es objeto del presente estudio; la fase inferior, donde se encuentran los sólidos precipitados es enviada al tanque colector. Los sólidos junto con el aceite son enviados a un sistema de coagulación con vapor que luego son enviados a un "tricanter" en el cual se separan tres fases: aceite, sólidos y agua de cola denominado agua de cola del sistema de recuperación que es enviado al emisor submarino (se elimina en pequeñas cantidades).

#### 1.2 Características de las muestras

Una evaluación cualitativa y cuantitativa de la muestra permitirá establecer de una manera más eficiente el tratamiento a seguir para lograr la disminución del DBO de los efluentes usados como muestras. La composición de la muestra, es una mezcla muy heterogénea que además de contener materiales orgánicos solubles en agua también contiene material insoluble que debido a la presencia de sustancias que tiene carácter anfifílico favorecen la formación de una emulsión muy estable.

Asimismo, se observa que debido al rápido deterioro de la muestra; varía el contenido de

\* E-mail: d160054@unmsm.edu.pe

sólidos y por ende la composición y comportamiento de la mezcla frente al tratamiento.

Debido a la naturaleza heterogénea de los componentes de la mezcla muchos de ellos probablemente disminuyen la tensión superficial del agua contribuyendo a mantener en suspensión a los componentes insolubles; dando lugar a la formación de una emulsión tipo aceite en agua bastante estable, donde sólo la grasa y las partículas sólidas grandes y de baja densidad ascienden a la superficie; pero el agua exenta de partículas sólidas es difícil de separar.

## II. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En el tipo de emulsión que forman los efluentes se tiene que la fase continua está formada por una solución acuosa en una concentración aproximada del 90% mientras que la fase discontinua o fase dispersa corresponde a aproximadamente el 10%.

La fase continua formada por agua y los componentes solubles de la materia orgánica interaccionan fuertemente con las partículas insolubles manteniéndolas en suspensión de manera indefinida haciendo difícil su separación por sedimentación o flotación al dejar el efluente en reposo.

La ruptura o desestabilización de las interacciones entre ambas fases permitirá recuperar la parte sólida y "limpiar" el agua de materia orgánica para disminuir el DBO. La literatura recomienda el uso de coagulantes y floculantes para remover sólidos particulados y aceites, donde el tratamiento de las emulsiones normalmente son realizados con coagulante o floculantes solubles en agua; debido a que las propiedades macroscópicas reflejan aquéllas de la fase continua, aun cuando la fase dispersada pueda a menudo superar el 70% del volumen.

Al añadir un coagulante o floculante a una emulsión se espera romper la emulsión y como consecuencia la formación de agua clara y la flotación de los sólidos. Cada tipo de efluente requiere un tipo de material químico en particular, el cual debe ser optimizado para su aplicación.

### 2.1 Tipos de polielectrolitos y su efectividad

En su mayoría son polímeros orgánicos de alto peso molecular solubles en agua y comercialmente se conoce aquellos polímeros con carga

(aniónicos y catiónicos) y los que no tienen carga (no iónicos). Los coagulantes son adsorbidos sobre la superficie de las partículas sólidas donde la coagulación óptima ocurre cuando la carga superficial de la partícula es reducida a aproximadamente cero. Una sobredosis de coagulante reestabilizará la emulsión de ahí que el dosage del coagulante sea crítica.

El estudio experimental de la aplicación de coagulantes en la etapa de coagulación se trabajó con diferentes tipos de muestras de efluentes que requieren ser caracterizados eficientemente; siendo necesario conocer, además del contenido de sólidos en suspensión, sólidos totales, contenido de grasa e identificación de cada uno de ellos; el punto isoeléctrico del sistema, las características de carga que tienen relación con la movilidad electroforética de las partículas y la influencia de la fuerza iónica del medio.

Es importante también poder observar al microscopio los flóculos formados para conocer su grado de compactación; todo lo cual facilitará la dosificación del polielectrolito y permitirá lograr el mínimo de turbidez.

## III MUESTREO Y MÉTODOS

### 3.1 Toma de muestra de agua de bombeo

La toma de muestra se lleva a cabo en la línea del efluente final del proceso de recuperación del agua de bombeo, como se muestra en la figura N° 1.

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Flotación con aire disuelto

Este método consiste en generar microburbujas disolviendo aire en agua, para esto se cuenta con un tanque de presurización en el cual se comprime aire (a 100 psi) con agua, luego en la celda de flotación se vierte la muestra (efluente) con su respectiva dosificación de floculante, luego una despresurización violenta del tanque hacia la celda hace que el aire disuelto por el cambio brusco de presión se convierta en microburbujas los cuales hacen flotar a los flóculos formados en la celda, teniendo luego una separación de dos fases: la fase sólida en la parte superior y la fase líquida en la parte inferior, el equipo que se utilizó se muestra en la foto 1:

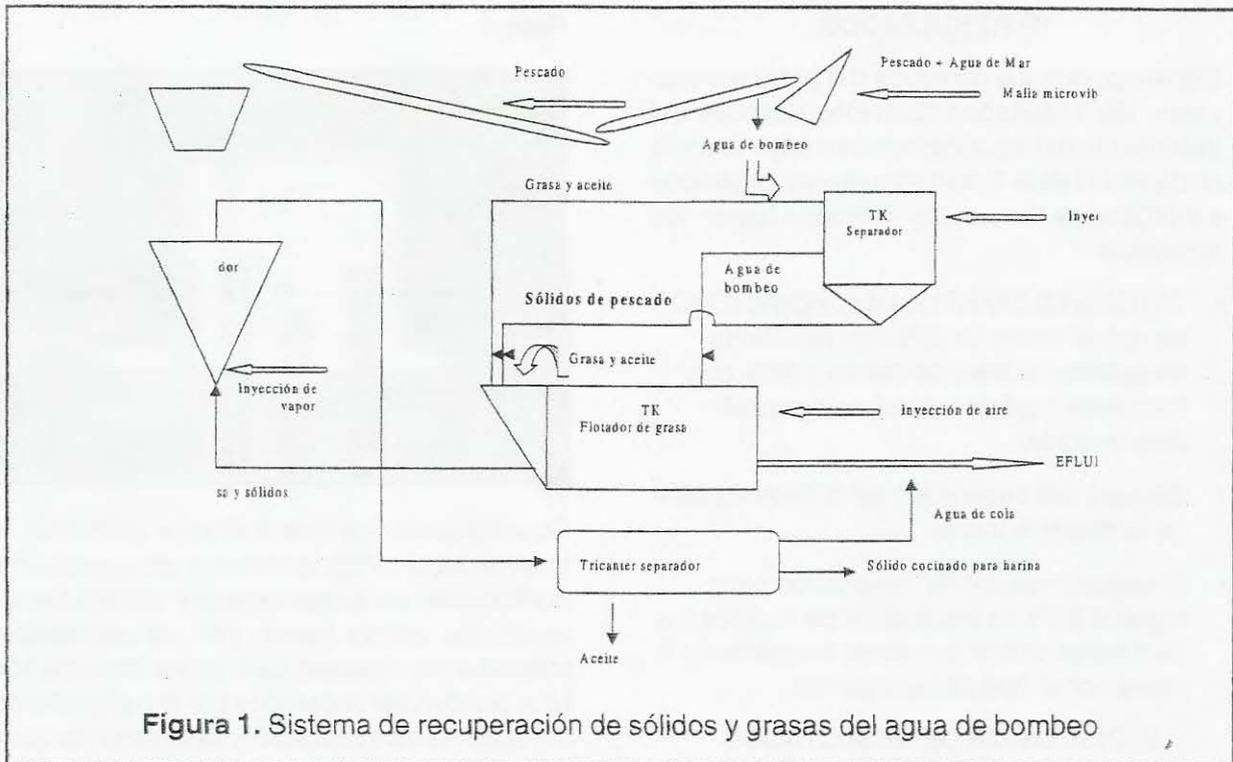
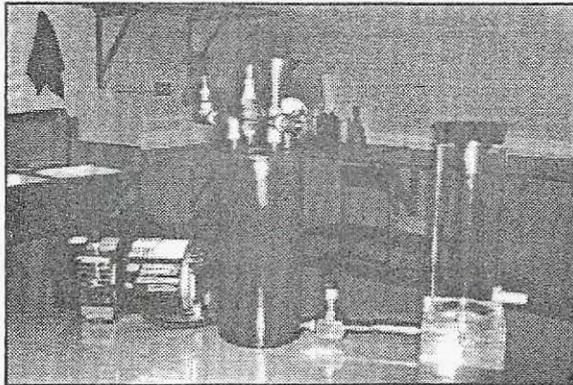


Figura 1. Sistema de recuperación de sólidos y grasas del agua de bombeo

Foto 1



### 3.2.2 Flotación libre

Este método consiste en hacer flotar los flóculos sin ningún tipo de acción mecánica, para esto

se dosifica el floculante adecuado a la muestra, se requiere de un periodo de tiempo para la separación en la cual se forman dos fases: una fase sólida que tiende a flotar y una fase líquida libre de sólidos en los fondos; entonces podríamos decir que el volumen de solución separado esta en función del tiempo.

### 3.2.3 Sedimentación libre

Este método consiste en hacer sedimentar los flóculos sin ningún tipo de acción mecánica, para esto se dosifica el floculante adecuado a la muestra, se requiere de un periodo de tiempo para la separación en la cual se forman dos fases: una fase sólida que tiende a precipitar y la fase líquida libre de sólidos en el tope; entonces podríamos decir que el volumen de solución separada esta en función del tiempo.

Tabla 1

Muestra	Sólidos Solubles (g/L)	Sólidos Insolubles (g/L)	Sólidos Totales (g/L)	Demanda Biológica De Oxígeno (ppm)
Cruda	22.1	30.3	52.4	6940
Inorgánico	60.8	37.9	98.6	3395
Orgánico	138.8	43.3	182.1	2685

#### IV. RESULTADOS

Siguiendo con los objetivos del presente proyecto, los resultados obtenidos después del tratamiento del agua de bombeo cuyo análisis se dá en la **tabla 1**, con floculantes orgánicos e inorgánicos para estos métodos fueron los siguientes:

- La demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) se redujo hasta un 50% con floculante inorgánico (sulfato de hierro) y 60% con floculante orgánico (BASF, composición desconocida).
- Se logró una separación del 60% de líquidos de la muestra inicial.
- El tiempo máximo de separación para lograr el 60% de separación de líquidos fue de 3 horas con el floculante inorgánico y 4 horas con el floculante orgánico.

#### V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El aspecto de los tres métodos utilizados en el presente estudio se muestra en las siguientes fotografías 2,3 y 4:

Foto 2

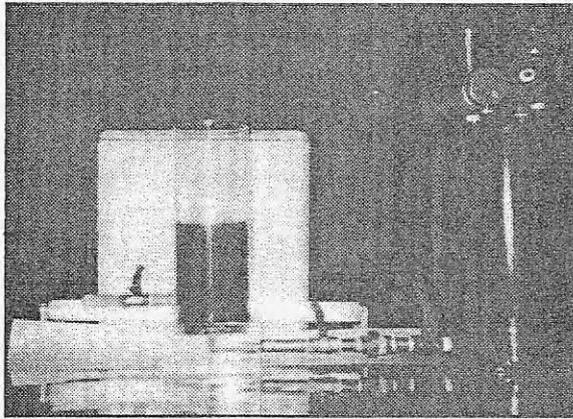


Foto 3

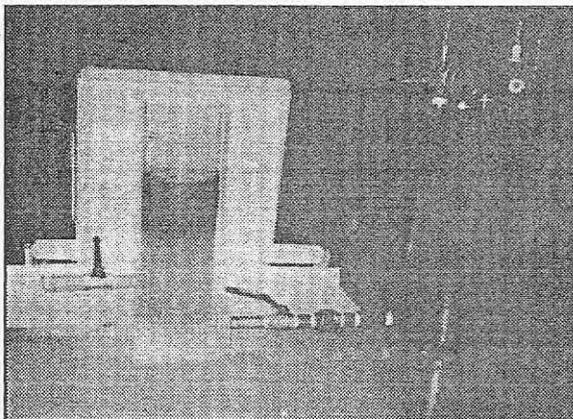
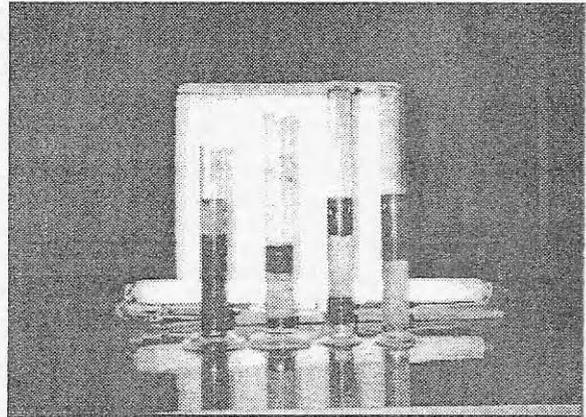


Foto 4



Considerando los tres métodos utilizados a nivel de laboratorio, el sistema de separación por flotación es la más óptima y de fácil separación de ambas fases, por los resultados obtenidos por flotación los líquidos libres de sólidos pueden ser separados por la parte inferior del sistema de separación, asimismo los sólidos pueden ser retirados del tope del sistema.

Si pretendemos implementar el sistema al proceso productivo de una planta industrial de producción de harina de pescado, el método propuesto tendría que cumplir con algunos requisitos importantes, tales como 1) fácil implementación al proceso productivo, 2) Bajo costo y 3) No contaminar el medio ecológico del mar.

En el presente estudio se enfatizó la utilización del método de flotación, utilizando floculantes inorgánicos, orgánicos y mixtos, los resultados se muestran en las fotografías 5, 6, y 7:

Foto 5

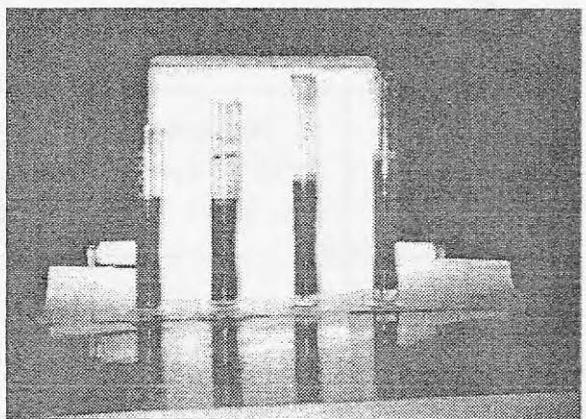


Foto 6

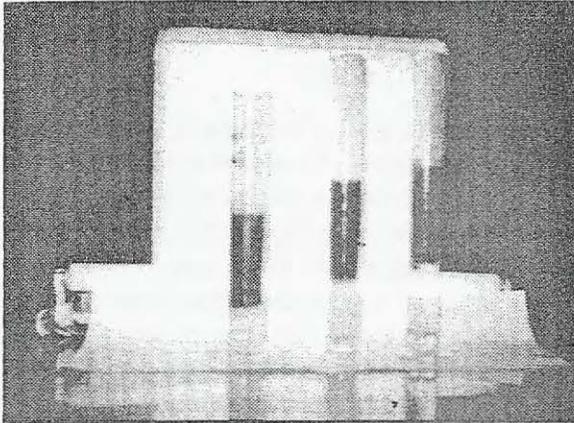
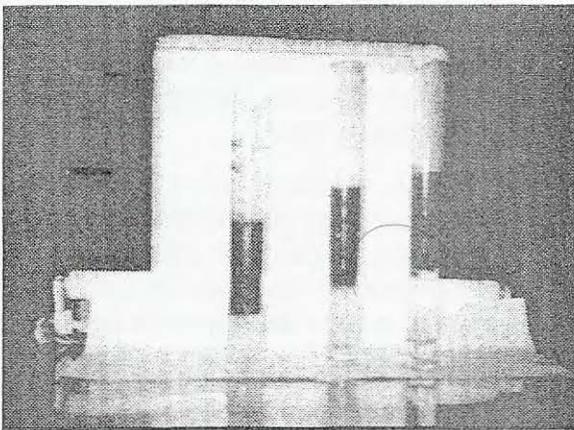


Foto 7

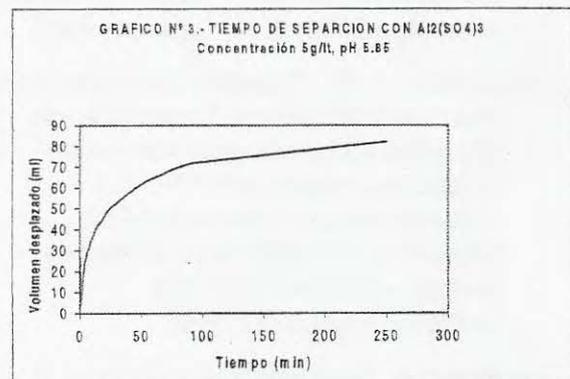
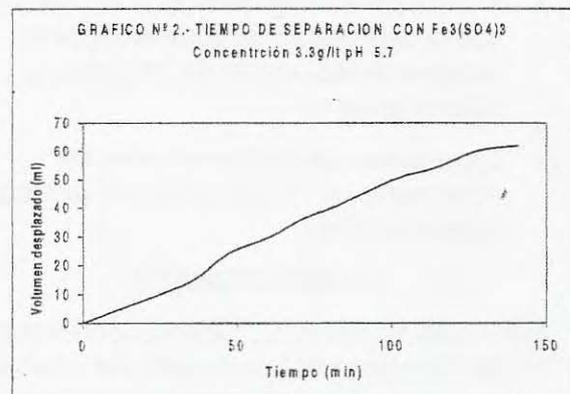
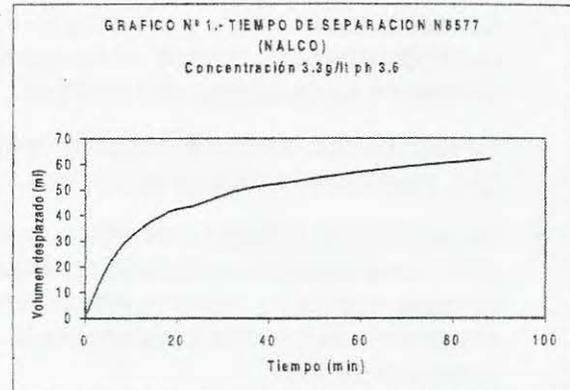


Se observan claramente la mezcla homogénea de sólidos y líquidos después de 30 minutos, una hora y dos horas de tratamiento. La velocidad de separación de las fases líquidas y sólidas se muestran en los **gráficos 1, 2 y 3** con floculante orgánico (NALCO N8577) e inorgánicos (Sulfato de Hierro y Sulfato de Aluminio).

La demanda biológica de oxígeno ( $DBO_5$ ) disminuye en un 60% promedio y una separación del 60% de líquidos de la muestra inicial (agua de bombeo), los sólidos recuperados podrían ser integrados al proceso productivo de harina de pescado pero se tendrían que realizar estudios más profundos que aseguren que los sólidos están exentos de contaminantes, los líquidos libre de sólidos recuperados también presentarían presencia de los floculantes y por consiguiente sería una fuente contaminante si esta se elimina al mar.

Los floculantes orgánicos que existen en el mercado local son de formulaciones de laboratorios norteamericanos (Nalco Chemicals Company y Alfa Laval S.A.) y alemanes (BASF) pero en ningún caso indica la composición del

mismo, el presente estudio pretende en todo momento dar a conocer los resultados de sustancias cuya composición sea conocida.



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con los floculantes inorgánicos permiten una separación rápida de fases, el sulfato de aluminio es el más rápido.
- La separación total de los sólidos se logra en 4 horas, logrando una separación del 60% de líquidos.
- Con el tratamiento aplicado al agua de bombeo se logró disminuir la demanda biológica de oxígeno hasta en un 60%.

- Con la aplicación de floculantes inorgánicos a pH entre 5 - 6, se logra una separación eficiente.
- Se recomienda trabajar a pH entre 5 - 6, con floculantes inorgánicos, a pH mayores la muestra se descompone y precipita.
- Se recomienda realizar el mezclado a 60 rpm, para evitar la ruptura de los flocs.
- Se recomienda trabajar a temperatura de 20°C, a menores temperaturas la separación de fases es lenta y a mayores temperaturas se deteriora la muestra e imposibilita la formación de flocs.
- Para la toma de muestra se recomienda, que el tratamiento del agua de bombeo asegure la separación de las grasas y sólidos gruesos.
- Se recomienda realizar estudios de tratamiento de los efluentes con técnicas biotecnológicas.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pizarro R., Salas G., "Diseño de un Sistema de Flotación por Aire disuelto, de Efluentes Líquidos, a Nivel de Laboratorio", *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, setiembre 2000, 3, N° 1, Lima - Perú.
- [2] Zaritzky N. E., "Diseño y Optimización de una Planta Modelo de Tratamiento de Efluentes de La Industria Alimenticia", Unidad de Investigación PROALT - Procesamiento y Preservación de Alimentos, Domicilio de la Unidad de Investigación Calle 47 y 116, La Plata- Argentina (1999).
- [3] Pinotti A., Bevilacqua A. y Zaritzky N., "Optimization of the Flocculation Stage in a Model System of a Food Emulsion Waste using Chitosan as Polyelectrolyte con Referato", *Journal of Food Engineering*, 32, p. 69-81, (1997).
- [4] Bertola N. C., Palladino L., Bevilacqua A. y Zaritzky N., "Determinación experimental de Parámetros de diseño de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales industriales", IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente CIMA 97 Internacional, Caracas Venezuela, 8 al 11 de diciembre de 1997.
- [5] Pinotti A., Bevilacqua A. y Zaritzky N., "Tratamiento de un efluente emulsionado mediante la aplicación de polielectrolitos naturales y sales de aluminio", IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente CIMA 97. Caracas Venezuela, 8 al 11 de diciembre de 1997.
- [6] Pinotti A., Bevilacqua A. y Zaritzky N., "Aplicación de poliacrilamidas y sales de aluminio para coagular y flocular sistemas emulsionados", Segundo Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos Internacional, Bahía Blanca. Argentina, 24 al 27 de marzo de 1998.
- [7] Martí M. C., Aspé E., "Tratamiento No Convencional de las Aguas de Descarga y de Efluentes Líquidos de la Industria Procesadora de Recursos Marinos", Asociación de Industriales pesqueros VIII Región, Chile (1989-1992).
- [8] Martí M. C., Aspé E., "Tratamiento primario de efluentes de la industria pesquera en la VIII Región", ONUDI, US/CHI/90-284 (1992-1993).