


ISSN: 1853-4422
ISSN ON LINE: 1853-4430

Scientia Interfluvius

Peer review, bilingual and multi-disciplinary academic journal
Revista Bilingüe Arbitrada y Multidisciplinaria



PARANÁ - ENTRE RÍOS - REPÚBLICA ARGENTINA
DICIEMBRE DE 2010 / VOLUMEN 1 (1-2)
PUBLICACIÓN SEMESTRAL

REDUCTION OF CONTAMINANT LOADS IN EFFLUENTS FROM FISH FLOUR FACTORIES IN THE PORT OF MAR DEL PLATA

REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN EFLUENTES DE FÁBRICAS DE HARINA DE PESCADO EN EL PUERTO DE MAR DEL PLATA

Sandra González, José Farías, Jorge Froilán González & Silvia Elena Murialdo

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata, Consorcio Portuario Regional de Mar del Plata (CPRMDP), Obras Sanitarias (OSSE).

silviaemurialdo@hotmail.com, froilan@fi.mdp.edu.ar

ABSTRACT. Based on environmental studies conducted by Obras Sanitarias Sociedad de Estado (OSSE), the plants of fish flour and fish oil installed in Mar del Plata Port, showed a considerable percentage of solid waste and fat which contaminated the body receiver. This showed technical defects in processing equipments, insufficient capacity in relation to the volumes of waste generated, or non-operability industries. Therefore, the aim of this study was to conduct a joint work with Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), OSSE and the Consortium of Mar del Plata Regional Port (CPRMDP) to reduce the concentration of fat in the discharge, improving work habits, operation, quality and care of equipments, carried by the health and safety rules and taking into account not only the environmental impact but also socio-economic factors in every activity of the industries. This work was being accomplished through ongoing monitoring, sanctions applied by the competent authority, and ongoing advice to businesses and their employees to improve the discharge and the operation quality. It was established a parallel study comparing the fishmeal industries of Argentina and its environmental impact, with countries with socio-economically and geographically similar characteristics.

KEY WORDS. Fish flours. Contamination. Effluent treatments. Best management practices

RESUMEN. En base a estudios ambientales efectuados por Obras Sanitarias Sociedad de Estado (OSSE), las plantas de harina y aceite de pescado instaladas en Mar del Plata evidenciaban un porcentaje considerable de residuos sólidos y grasas, persistiendo la contaminación del cuerpo receptor. Esto demostraba deficiencias técnicas de los equipos de tratamiento, insuficiencia de sus capacidades en relación a los volúmenes residuales generados, o la no operatividad de los mismos. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo consistió en realizar un trabajo conjunto con la Universidad Nacional de Mar del Plata UNMDP, Obras Sanitarias (OSSE) y el Consorcio Portuario Regional de Mar del Plata (CPRMDP) a fin de reducir la concentración de grasas en el vertido, mejorando los hábitos de trabajo, de operación, la calidad y cuidado de los equipos, cumpliendo las normas de seguridad e higiene, y teniendo en cuenta el impacto no solo ambiental sino socio económico y ambiental en cada actividad de la empresa. Esto se está logrando a través de un monitoreo continuo, sanciones aplicadas por la autoridad competente, y asesoramiento permanente a las empresas y sus empleados para mejorar el vertido y calidad en la operación. Se estableció paralelamente un estudio comparativo entre las industrias harineras de Argentina y su repercusión ambiental, con aquellos países socio-económica- y geográficamente similares.

PALABRAS CLAVES. Harina de pescado. Contaminación. Efluente. Tratamiento. Mejores prácticas de manejo.

INTRODUCCIÓN

La harina de pescado es una harina hecha mediante el cocido y molido de pescado crudo fresco y de desechos de pescado. El aceite de pescado es un líquido claro marrón/amarillento obtenido al exprimir pescado cocido y generalmente es refinado (Mueller & Bimbo, 1998).

La harina y el aceite de pescado se producen de la captura de peces para los cuales existe poca o ninguna demanda para el consumo humano y también de desechos de pescado generados durante el procesamiento de pescado para la alimentación humana. Los peces enteros son principalmente pequeños, oleaginosos y huesudos y en gran parte no comestibles. Entre el 10% y 15% de la harina de pescado del mundo es producida de desechos. Esto se produce a partir de cualquier pescado blanco que sea bajo en aceite (la mayor parte del aceite está en el hígado que se utiliza para la producción de aceite, por ejemplo, el hígado de bacalao) o de los desechos de peces oleaginosos tales como el arenque, la caballa, etc (Mueller & Bimbo, 1998).

La harina de pescado es normalmente un polvo o harina marrón compuesto normalmente por entre 60% y 72% de proteína, entre 5% y 12% de grasa y entre 10% y 20% de ceniza. Los productores proveen detalles del tipo de materia prima utilizada y del contenido típico de nutrientes (Mueller & Bimbo, 1998).

Durante la elaboración, el aceite de pescado se produce sin extracción con solventes, es exprimido del pescado cocido. El aceite de pescado es líquido por encima de los 10°C pero puede comenzar a solidificarse por debajo de esta temperatura (Mueller & Bimbo, 1998)

Prácticamente toda la harina de pescado se utiliza como ingrediente de alto valor proteico en la alimentación de animales terrestres de crianza y para peces de criadero.

El aceite de pescado se utiliza principalmente en piensos para peces de criadero pero también se utiliza para elaborar cápsulas que contienen los ácidos grasos omega-3, como suplemento para la salud humana. Durante los últimos años se ha ido abriendo un nuevo campo para las harinas de pescado de una calidad especial, que con esta denominación o con la de harina "prime" han entrado al mercado de los alimentos balanceados.

Una variedad de la harina especial es la steam dried, este tipo de harina es un concentrado de

INTRODUCTION

Fish flour is made by cooking and milling fresh raw fish and fish trimmings. Fish oil is a clear, yellow/brown liquid normally refined, obtained by pressing cooked fish (Mueller & Bimbo, 1998).

Fish oil and fishmeal is produced from species of whole fish for which there is little or no demand, or from fish processing by-products. The species of whole fish are principally small, oily and bony and for the most part inedible. Between 10% and 15% of the world's fishmeal is made of fish leftovers. This is produced from any white fish that is low in oil content (most of the oil comes from the fish liver and is used for the production of fish oil; cod liver is an example) or from waste of oily fishes such as herring, mackerel etc. (Mueller & Bimbo, 1998).

Fishmeal is normally a powder or brown flour composed normally of between 60% and 72% of protein, between 5% and 12% of fat and between 10% and 20% of ash. The producers oversee details of the type of primary material used and the typical nutrient content (Mueller & Bimbo, 1998).

During elaboration, fish oil is produced without extraction with solvents- it is pressed out of the cooked fish. Fish oil is liquid above 10 °C but can begin to solidify below this temperature (Mueller & Bimbo, 1998).

Practically all the fishmeal is used as ingredient of high protein value in the feeding of animals and fish that are commercially cultivated.

Fish oil is used principally for feeding fish grown in ponds, but is also used to elaborate capsules that contain the fatty acids omega-3, as a supplement for human health. In the preceding years, a new field has opened out for fishmeal of a special quality, and this denomination or that of "prime" meals has entered the market of balanced foods for animal feed.

Steam dried is a special variety of flour and is a concentrate of proteins made using fish as primary material, essentially in powdered form. This is used to feed reared birds, milk-giving livestock, fish and other animals used for human consumption.

The process of elaboration of steam dried flour involves a series of unitary operations such as: cooking, extraction, drying, evaporation, centrifugation, grinding, ionic exchange among others.

The adequate control of the production process such as the periodic analysis and control of the raw

proteínas hecho a partir del pescado como materia prima, esencialmente en forma de polvo y usado como ingrediente en la alimentación de aves de corral, ganado lechero, peces y otros animales de consumo humano.

El proceso de elaboración de la harina steam dried involucra el reconocimiento de una serie de operaciones unitarias que se llevan a cabo en ella, tales como: cocción, extrusión, secado, evaporación, centrifugación, molienda, combustión, intercambio iónico, entre otros.

El adecuado control en los equipos del proceso productivo así como los análisis y controles periódicos de la materia prima, productos intermedios y finales, tienen particular importancia porque de estos factores dependerá la obtención de una harina steam dried de calidad superior y de esta manera, lograr satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional que cada día son más exigentes (Cuadros Dulanto, 1994; Mueller & Bimbo, 1998; Cabrera Carranza, 1998).

El principal inconveniente de la actividad industrial en el puerto de Mar del Plata, es generado por la grasa que vuelcan las harineras, frigoríficos y las químicas (Fig.1). Provocan corrosión en las cañerías, mal olor y obstrucciones. Estos efluentes son colectados por las cloacas y luego de mezclarse con los efluentes domiciliarios de toda la ciudad de Mar del Plata, finalmente son vertidos al Mar en la Planta de PreTratamiento "Ing. Baltar", ubicada en la zona de Camet en el Km. 507 de la ruta N° 11. Hoy es notorio el avanzado estado de deterioro de las playas a nivel sanitario. Desde hace dos años la zona costera desde el efluente de Parque Camet hasta los 800 metros evidencia signos de contaminación aguda (Villarino & Elías, 2008).

Los investigadores advirtieron que el auge de la exportación, tras la crisis de 2001, produjo una mayor producción de harinas de pescado, que es la principal industria del puerto marplatense, y al mismo tiempo la contaminación más grave del sector costero de la ciudad atlántica. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo consistió en realizar un trabajo conjunto entre la Universidad, Obras Sanitarias (OSSE) y el Consorcio Portuario Regional de Mar del Plata (CPRMDP). Realizar un monitoreo y control permanente sobre la calidad de los vuelcos en los establecimientos industriales de las fábricas de harina de pescado y en la red cloacal, asesorar técnica y ambientalmente a dueños y empleados de las harineras sobre alternativas de procesos y reducción

material as well as intermediate and final products are of particular importance because obtaining a steam dried flour of superior quality depends on these factors. In this manner, satisfying the needs of national and international markets, that are becoming stricter each day (Cuadros Dulanto, 1994; Mueller & Bimbo, 1998; Cabrera Carranza, 1998).

One of the main nuisances in the industrial activity in Mar del Plata is generated by the fat that is discharged by the fishmeal factories, refrigeration centres and chemical plants (Fig. 1). This causes the corrosion of sewers, off-odours and sewer obstructions. These discharges are collected by the sewers and then mixed with domestic sewage through the entire city of Mar del Plata and finally ends up in the sea in the Pre-treatment Plant "Ing Baltar", located in the area of Camet at Km. 507 in the Highway 11. Today, the advanced state of degradation of sanitary conditions on the beaches is notorious. In the last two years the coastal road, beginning at Parque Camet with its effluents and proceeding 800 metres, shows signs of marked contamination (Villarino & Elias, 2008).

Researchers warned that the height of exportation, after the crisis of 2001, produced a major production of fishmeal. Fishmeal is the main industry of Mar del Plata and is the most serious contamination source for the coastal sector of this city by the shore of the Atlantic Ocean. Therefore, the objective of this study was to conduct a joint work between the National University of Mar del Plata (UNMDP), Obras Sanitarias Sociedad de Estado (OSSE) and the Consorcio Portuario Regional de Mar del Plata (CPRMDP). The aim consisted of permanent monitoring and controlling the quality of the effluents from factories that produce fishmeal and oversee the sewer network, assess techniques and environmental issues with the managerial and technical staff of the processing plants, and consider alternative processes for reducing discharge of fats. In this way, emerging technologies that can be used were identified to supplement or replace existing ones that involved high environmental and economical costs. There exist diverse options for residues or fish wastes such as composting, alkaline hydrolysis, hydrolisation of proteins and other technologies being investigated. For instance, the use of very reactive oxidising species, such as free radicals, is capable of degrading the majority of organic molecules (Mack *et al.*, 2004; Anon, 2003; Barlow, 2002; University of Alaska, 2004). In these

de grasas en el vertido. De esta forma se identificaron tecnologías emergentes que puedan ser usadas para suplementar las existentes o reemplazar aquellas que involucren un alto costo ambiental y económico. Existen diversas opciones para los residuos o efluentes de pescado como compostaje, hidrólisis alcalina, hidrolizado de proteínas, y aún hay muchas tecnologías en vías de investigación. Como el uso de especies oxidantes muy reactivas, como los radicales libres, capaces de degradar la mayoría de las moléculas orgánicas (Mack *et al.*, 2004; Anon, 2003; Barlow, 2002). En estos casos hay que analizar el costo, el valor agregado, y el mercado, asociado con la situación económica social y geográfica del lugar.

METODOLOGÍA

- Programas De Manejo Ambiental: Consistió en 1) Análisis de Alternativas, 2) de Mitigación, 3) Programas de Monitoreo, 4) Participación Ciudadana, y 5) El Plan de Contingencias.

- El muestreo: se realizó en la zona portuaria industrial de Mar del Plata durante 15 meses. En bidones de 5 l perfectamente desinfectados, limpios y rotulados, se colocaron las muestras líquidas de las estaciones denominadas 1 B, 2 B y 5 B correspondientes a boca de vertido de fábricas de harina de pescado radicadas en la zona industrial del puerto de Mar del Plata.

Inmediatamente e *in situ* se hicieron las determinaciones de temperatura con un termómetro de mercurio, pH con cintas indicadoras de pH entre 0-14 Merck; concentración de sulfuros (en ppm o mg/l) con un kit de CHEMetrics (USA).

El resto de los análisis, sólidos sedimentables a los 10 min. (SS 10) y dos horas (SS 2 h); sólidos solubles en éter etílico (S.S.E.E.)(grasas); Demanda química de oxígeno (DQO); y sólidos totales se realizaron en los laboratorios según normas establecidas (Standard Methods, 1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales aportes de grasa provenientes de efluentes de la colectora cloacal, fueron en SSEE kg/día, los siguientes (Fig. 1): 779, 57 de las fábricas de harina de pescado; 207,90 a frigoríficos de carne; 48,59 correspondientes al teñido textil; 29,11 a hospitales; 26,31 a hoteles, restaurantes y piletas, y 23 a fábricas de conservas en general. Al ser las

cases the cost must be analysed, the added value and the market considered, associated to the economic, social and geographic location.

METHODOLOGY

- Environmental Management Programmes: Consists of 1) Analysis of Alternatives, 2) of Mitigation, 3) Monitoring Programmes, 4) Citizen Participation, and 5) Contingency Plans.

- The sample: it was collected in the industrial port zone of Mar del Plata over 15 months, using containers of 5 litres that were carefully disinfected, cleaned and labelled. The liquid sampling points were located at posts denominated 1 B, 2 B and 5 B corresponding with the fishmeal factories located in the industrial zone of Mar del Plata.

Immediately and *in situ*, the temperature was determined with a mercury thermometer, pH with bands indicative of pH between 0-14 Merck and concentration of sulphurs (in ppm or mg/l) with a kit of CHEMetrics (USA).

The rest of the analysis, settleable solids: at 10 min. (SS 10) and 2 hours (SS 2 h); soluble solids in ethylic ether (S.S.E.E.)(fats); Chemical Oxygen Demand (DQO); and total solids were carried out at the laboratories according to standard procedures (Standard Methods, 1976).

RESULTS AND DISCUSSION

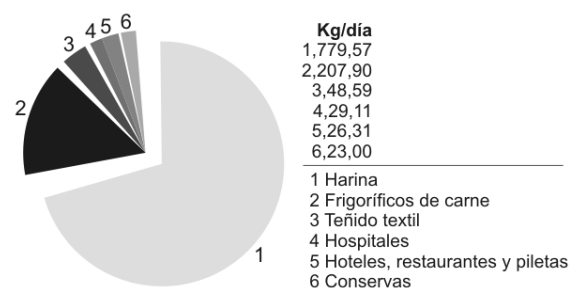


Fig. 1. Main contributions to the fat content in the sewers of Mar del Plata city. Data in kilograms per day (kg/día). 1. Fishmeal plants. 2. Chilled beef factories, 3. Textile factories, 4. Hospitals, 5. Hotels, restaurants and swimming pools, 6. Fish canneries. Fig. 1 Principales vertidos de grasas a las cloacas en la ciudad de Mar del Plata.

The main contributors to the discharge of fat in the sewage collected (measured as SSEE kg/day), are detailed in Fig. 1; 779.57 from the fishmeal factories; 207.90 from meat refrigeration centres; 48.59 corresponding to textile dyeing; 29.11 to

tres fábricas de harina de pescado las responsables del mayor aporte de grasas que suelen colapsar la colectora cloacal antes de llegar a la planta de pre-tratamiento de Camet, se procedió a analizar los efluentes de las tres harineras, a las cuales denominamos 1 B, 2 B y 5 B.

Se hizo un estudio desde 1990 según registros de OSSE, y se observa en la Fig. 2 que existieron muchas fluctuaciones en las descargas hasta el año 2005, algunas con menores concentraciones de grasa corresponden a épocas de baja actividad, influenciadas algunas por vedas en la pesca. El principal problema de efluentes con alto contenido de grasa que obtura las cañerías es el que proviene de las harineras de pescado de la zona industrial del puerto, seguido por plantas elaboradoras o procesadoras de pescado y restaurantes portuarios. Este problema se ha ido incrementando en los últimos años según la remoción de pescado (Tabla I).

Se observó también que la fábrica 5 B no tenía registros documentados hasta el año 2002, debido a que esta empresa era la que mejor tecnología presentaba.

hospitals; 26.31 to hotels, restaurants and pools and 23 to bottling factories in general. As the three fishmeal factories were responsible for the major part of the fats that could cause the collapse of the sewer system preceding the pre-treatment plant of Camet, the discharges of the three factories were analysed having named them 1 B, 2 B and 5 B.

A study was carried out since 1990 according to the records of OSSE and the results are shown in figure 2, were many fluctuations in the discharges can be observed until the year 2005. Some of them with lesser concentrations of fat corresponding to times of low productivity, and some of these influenced by periods of bans of fish captures. The main problem of effluents with a high fat content is the clogging of the pipes attributed to the fishmeal factories in the port industrial zone, followed by other fish processing plants and restaurants at the port area. This problem has become bigger in recent years in keeping with the increased fish landings (Table I).

Table I. Fish landings since 2003 to 2008. Data in tons.

Tabla I. Removido de Pescado, Comparativa Año 2003-2008. Datos expresados en Tn (toneladas)

Mes	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Pescado	Pescado	Pescado	Pescado	Pescado	Pescado
Enero	16.413	21.420	18.132	23.348	16.206	
Febrero	19.285	29.408	23.063	25.421	23.205	
Marzo	22.625	28.047	20.990	24.394	30.878	
Abril	27.018	21.573	30.620	27.297	32.203	
Mayo	23.737	22.492	47.596	37.470	34.876	
Junio	17.238	23.897	31.786	30.168	27.683	
	126.316	146.837	172.187	168.098	165.051	185.782
Índice de Crecimiento (%)		16,25	17,26	-2,37	-1,81	12,56
Promedio Removido - Pescado: 160.712 Toneladas						

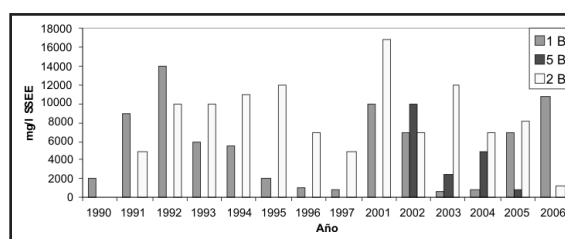


Fig. 2. Variations of the fat content discharged into the sewer by flour mills. X axis, time in years. Y axis, milligram per litre of grease, SSEE.

Fig. 2 Variaciones del contenido en grasas en el vertido a cloaca. Eje X: años. Eje Y: miligramos de grasa por litro. SSEE.

It was also seen that factory 5 B did not have documented records until the year 2002, although this company had the best technology for fishmeal production.

In Fig. 2 is seen that in the years of greater activity, since 2005 to now, the company 2 B reduced the amount of fat expelled to 7% and 5 B to 0% while factory 1 B continues with 77% with respect to its major value.

The factory 5 B (Fig. 3) achieved a fall in SS (2 h) in the first 5 months and also lowered the SSEE and

En la Fig. 2 se observa que en los años de mayor actividad, desde el 2005 al presente, la empresa 2 B redujo a un 7 % el contenido en grasa en su efluente, y la 5 B casi al 0 %, mientras que la fábrica 1 B continúa con un 77% de grasa con respecto a su mayor valor.

La fábrica 5 B (Fig. 3) durante los primeros 5 meses de seguimiento logró una caída en SS 2 h, y a partir de esa fecha en adelante logró reducir considerablemente también los SSEE y los SS 10.

La fábrica 2 B (Fig. 5) tiene dos picos en SS 2 h en los meses 2 y 6 pero que finalmente se reducen apreciablemente. Las grasas (SSEE) y los SS 10 tienen una permanente caída desde el mes 2. Esta empresa sufre una clausura que luego se levanta gracias al mejoramiento continuo de su tecnología y por lo tanto de su vertido. En cambio la fábrica 1 B (Fig. 4) muestra una reducción de sólidos sedimentables a la fecha, pero presentó fluctuaciones en cuanto a su contenido graso (SSEE) como también se observa en la Fig. 2.

La evaluación técnico-económica considerando todos los factores como: tipo de materia prima, conservado y procesado inmediato, tamaño de planta y disponibilidad de recursos, problemas ambientales, niveles de inversión y calidad de productos a obtener, debe dar como resultado una adecuada selección del tipo de proceso a implementar.

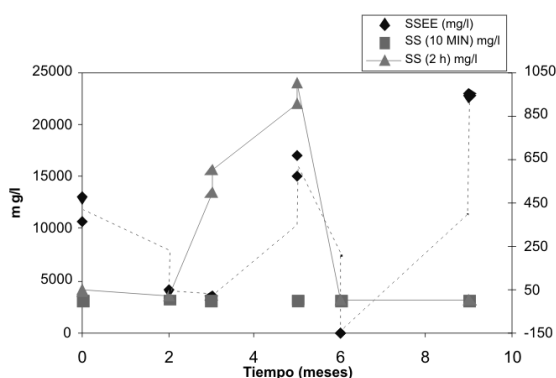


Fig. 4. Flour Mill 1 B. X axis, time in months. Y axis, milligram per litre of organic compounds.

Fig. 4 Harinera 1 B. Eje X: Meses. Eje Y, miligramo de compuestos orgánicos por litro.

Con respecto a la materia prima, esta es deseable que ingrese fresca y que se mantenga refrigerada y conservada, así producirá un efecto ambiental menor ya que los contenidos de residuos en las aguas residuales, y fenómenos de olor son menores y facilitaría su tratamiento. En el caso particu-

the SS (10 min) considerably since this time on.

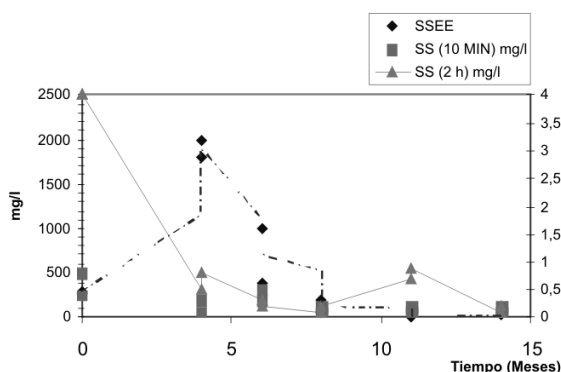


Fig 3 Flour Mill 5 B. X axis, time in months. Y axis, milligram per litre of organic compounds.

Fig. 3 Harinera 5 B. Eje X: Meses. Eje Y, miligramo de compuestos orgánicos por litro.

The factory 2 B (Fig. 5) had two peaks in SS (2 h) in the months 2 and 6 but finally dropped appreciably. The fats (SSEE) and the SS (10 min) had a permanent fall since month 2. This company had its discharge permit removed temporarily, but that sanction was lift later thanks to a continued improvement in its technology and therefore its reduction in the discharges. On the other hand the factory 1 B (Fig. 4) showed a reduction of solid sediments to date but presents fluctuations in its fat content (SSEE) as is also seen in Fig. 2.

The technical-economic evaluation, considering several factors such as: type of raw material, preservation and immediate processing, plant size and availability of resources, environmental problems, investment levels and product quality

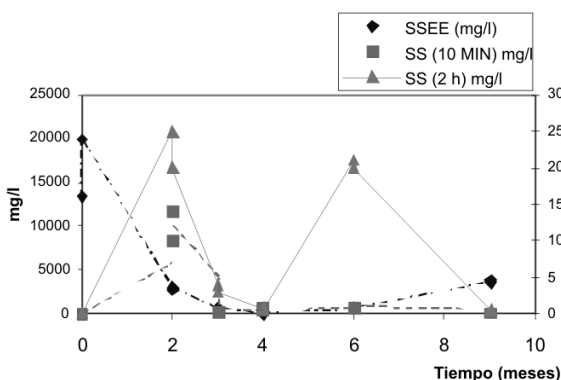


Fig. 5. Flour Mill 2 B. X axis, time in months. Y axis, milligram per litre of organic compounds.

Fig. 5 Harinera 2 B. Eje X: Meses. Eje Y, miligramo de compuestos orgánicos por litro.

lar de las tres harineras tratadas (Fig. 6), la materia prima ingresa a un galpón techado y es removida con una pala y tractor, pero no se refrigera ni se le agrega conservantes.

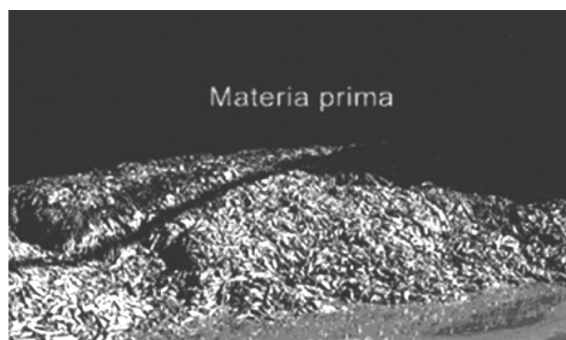


Fig. 6. Primary material reception plant for fishmeal factory.
Fig. 6. Planta de recepción de la materia prima para fabricar la harina de pescado.

Inmediatamente el pescado ingresaba en los secadores en las tres harineras, pero solo la 5 B poseía un cocinador indirecto (Fig. 7).

Aquellos equipos de función indirecta son los que utilizan los vahos de los otros procesos generando menos volumen de aire contaminado y por ende menos consumo energético. El secado también es deseable que sean secadores indirectos o conductivos que utilizan también vapor de otros procesos como medio de secado. Cuando se comenzó este seguimiento, las tres harineras tenían secadores directos o convectivos (llama directa) y solo una de ellas algunos conductivos. A la fecha las tres harineras tienen secadores indirectos, esto conlleva a una reducción en el volumen de vahos que emanan por la chimenea. Las desventajas de usar aire caliente son: costos de inversión altos debido a sistemas de calefacción de aire, recirculación y desodorización. Máximo consumo energético frente a otras alternativas. Riesgos microbiológicos máximos para diferentes alternativas de secado. Homogeneidad más baja del producto y requiere eventualmente recirculación parcial del producto.

Para evitar pérdidas de vahos internas se aconsejó a las empresas revestir en acero inoxidable los equipos (Fig. 7), esto alarga la vida útil de los equipos a la vez que mejora la calidad del ambiente.

El agua de cola resultante del prensado debe procesarse en evaporadores del tipo película descendente (CONAM, 2004). Se aconsejó instalar evaporadores de película descendente tipo WHE, que utilizan los vapores generados en los secadores a

obtained must result in an adequate selection of the type of processing to be implemented.

With respect to raw material, it is to be desired that it arrives fresh and be maintained refrigerated in order to minimize its environmental impact; thus the contents of residue in the wastewater and odours are lesser and facilitate the treatment. In the particular case of the three flour mills seen (Fig. 6), the primary material arrives at a roofed warehouse and is removed with a spade and tractor, but it is neither refrigerated nor preserved.

The fish entered immediately in the dryers of the three flour mills, but only 5 B had an indirect cooking oven (Fig. 7).



Fig. 7. Indirect cooking oven for raw material arriving at factories.

Fig. 7. Cocinador indirecto de la materia que ingresó a la planta.

This equipment with indirect heating uses steam and other processes generating a lower volume of contaminated air and lower energy consumption. The drying process improves with indirect drying or processes that use steam from other processes as a way of drying. When this process began, the three flour mills had direct or convective dryers (also called direct) and only one of them had some conductive ones. To date, the three flour mills have indirect dryers which allow for a reduction in the volume of fumes emanated through the chimney. The disadvantages of using hot gases for direct drying are: high investment costs due to air heating, recirculation and deodorisation. Maximum energy consumption compared with other alternatives. Maximum microbiological risks than other alternatives of drying. Lower homogeneity of product, which eventually requires a partial recirculation of product.

To avoid loss of internal fumes the companies were advised to cover the equipment with stainless steel (Fig. 7), which lengthens the equipment's useful life while being more environment-friendly.

The stick water resulting from pressing must be

vapor como fuente energética. La temperatura ideal a trabajar es del rango 40-75°C, con tiempos de residencia de 20 minutos aproximadamente. Altas temperaturas y tiempos de residencia extremos pardean el concentrado, obteniendo un producto más oscuro, de menor calidad y menor valor comercial. A lo largo de esta actividad dos de las harineras (1 B y 2 B) no poseían tratamiento de agua de cola y al momento adquirieron e instalaron dos evaporadores de película descendente, y la fábrica 5 B adquirió otros evaporadores WHE y SHE (este último utiliza vapor de caldera como fuente energética) para casos de emergencia.

Para la separación de aceite del licor obtenido en la prensa, se utilizan centrifugas. Las empresas 1 B y 2 B utilizaban centrifugas de tipo vertical cuyos costos de mantenimiento son altos, el proceso es más lento y menos eficiente que los llamados tricanters. Los tricanters realizan las etapas de separación de los componentes de licores, agua, sólidos y aceite en una sola etapa. Tienen ventajas operacionales y económicas, si bien la inversión inicial es mucho mayor que en las centrifugas verticales. Antes de cada etapa de separación, el licor debe acondicionarse en cuanto a la temperatura, por lo que se requiere de instalaciones que incluyen estanques, bombas, e intercambiadores de calor y otros accesorios menores, los cuales mediante la utilización de tricanters pueden ser minimizados. En esta etapa de asesoramiento los empresarios adquirieron más centrifugas verticales y las fábricas 1 B y 2 B compraron tricanters. La 5 B tenía centrifugas horizontales.

Para reducir vahos al ambiente las empresas 1 B y 2 B agregaron torres de lavados de vahos (Fig. 8).

La fábrica 5 B ya poseía torres de lavado y condensado, y ha adquirido una torre indirecta, donde el agua no está en contacto con los vahos generando menor volumen de agua a verter por la cloaca, y reducir el consumo de agua.

Este seguimiento y asesoramiento se hizo teniendo en cuenta no solamente amortiguar el impacto en el medio ambiente, sino en los recursos económicos de la empresa, el servicio técnico disponible localmente, y que el mejoramiento en el vertido conlleve a un mayor rédito en la calidad y cantidad de producto generado por la fábrica. Es por eso que este mejoramiento en el proceso lleva a evitar que las harinas de pescado se quemen (Aguerri Loriente, 2001). También se puede quemar la harina por sobresecado, y esto se manifiesta en

processed in evaporators like those of a descending film (CONAM, 2004). The installation of evaporators WHE, of the descending film type, was chosen as they use vapour generated in the dryers as an energy source. The ideal temperature to work is in the range of 40-70 °C with residence times of approximately 20 minutes. High temperatures and longer residence times darken the concentrate, obtaining a darker product, of lower quality and lesser commercial value. During the length of this activity, two of the flour mills (1 B and 2 B) did not have the treatment of the stick water and, at the moment, they have purchased and installed two evaporators of descending film. The 5 B factory acquired other evaporators WHE and SHE (the latter used vapour from the heater as a source of energy) for emergency cases.

For the separation of oil from the liquor obtained from the press, centrifugals are used. The companies 1 B and 2 B use centrifugals of the vertical type which have high maintenance costs and render the processing longer and less efficient than those called tricanters. The tricanters carry out the stages of separation of the components of liquors, solids and oil in a single operation. They have operational and economic advantages even though the initial investment is much higher than that needed for vertical centrifuges. Before each stage of separation, the liquor must be conditioned with regard to temperature, what in turn requires additional equipment such as tanks, pumps, heat exchangers and other minor accessories which, through the use of tricanters, can be minimalised. In this stage of assessing, the investors acquired more vertical centrifugals and the factories 1 B and 2 B bought tricanters. 5 B had horizontal centrifugals.

To reduce environmental pollution, the companies 1 B and 2 B added towers for the washing of fumes (Fig. 8).

The factory 5 B has towers for washing and condensing and has acquired an indirect tower where the water is not in contact with the vessels. Thus, generating a lower volume of water sent to the sewer and reducing the consumption of water.

The assessment was made bearing in mind not only the lower impact on the environment but also the economic resources of the company, the technical service available locally and the improvement in the quality of effluents. They go together with a higher quality and quantity in the product generated by the company. This

colores rojizos hasta carbón. Esto se evita al reducir la humedad bajo un 6%, y se logra también mejorando el prensado y secado (Mack *et al.*, 2004). Para ello se aconsejó también realizar las operaciones en varios y reiterados pasos. Si la harina se quema se destruye su potencial nutricional y se debe tirar. Harinas más claras tirando al gris, son las mejores, ya que los problemas de pardeamiento por altas temperaturas son menores. Luego de la mejora tecnológica lograda por las empresas la harina presentaba un color gris como lo muestra la Fig. 5.

Paralelamente se hizo un seguimiento de pH, sulfuros, temperatura, y DQO (datos no mostrados) que concuerdan con los datos de SSEE, SS 10 y SS 2 h.

Los países nórdicos tienen una alta producción pesquera, y han solucionado los problemas que los efluentes del procesamiento de pescado generan y han sido utilizados como modelos de otros países con características similares (Mack *et al.*, 2004). Paralelamente en este trabajo se ha intentado establecer comparaciones con la industria de la fabricación de harina de pescado entre Argentina y países que socio-económica- y geográficamente tienen similitudes. Chile y Perú por ejemplo, con mayor historia en este tipo de industria, tienen una harina con una buena calidad proteica, según la composición de aminoácidos (Ahumada & Rudolph, 1989).

A diferencia de Argentina, Chile utiliza agua de mar para bombear el pescado de los barcos. Chile utiliza el pescado entero para producir harinas y aceites de pescado, razón por la cual tanto la pesca como la descarga de los buques a tierra se llevan a cabo de maneras diferentes; en Argentina el pescado es descargado en cajones, mientras que en Chile y Perú el pescado es descargado por bombeo. Para poder bombear este pescado se utiliza como vehículo/carrier agua de mar, la cual luego de ser utilizada como vehículo regresa a su origen con escamas, pequeños restos y sangre de pescado. Esto último hace que en Chile se agregue una etapa (descarga de pescado) más en el proceso, que genera efluentes contaminantes.

En Perú, la industria de harina de pescado es la segunda más grande después de la minería. Aproximadamente 130 plantas harineras cubren la línea costera peruana, procesando hasta 10 millones de toneladas de pescado en un buen año, que se exportan casi en su totalidad. Los productores de harina están asimismo entre los principales generadores de residuos orgánicos en las zonas costeras



Fig. 8. Tower for direct washing of fumes.

Fig. 8. Torre de lavado de vahos directa.

improvement in the processing helps keep the fishmeals from burning (Aguerri Lorient, 2001). The flour can also be burned due to over-drying and this shows in the resulting colours which can go from reddish to carbon. This could be avoided by the reduction of humidity below 6% and also with an improvement in the pressing and drying (Mack *et al.*, 2004). For this, it is advisable to carry out operations in incremental steps. If the flour is burned it must be thrown as its nutritional potential is destroyed. Clearer flours which can also be grey are best and can be obtained when the problems of darkening due to high temperatures are minor. After putting into service the newer equipment acquired by the companies, the flour was grey as shown in the Fig. 5.

At the same time, a study of pH, sulfides, temperatures and COD (data not shown) indicated that they were in accordance with the information on SSEE, SS (10 min) and SS (2 h).

The Nordic countries have a high fish production and have solved the problems generated by the processing of fish and are used as models for other countries with similar characteristics (Mack *et al.*, 2004). This work has also tried to establish comparisons with the fishmeal producing industry between Argentina and countries with socio-economic and geographic similarities. Chile and Peru, for example, with a longer history in this type of industry, have flours with a good protein quality (according to the composition of amino-acids)

peruanas (CONAM, 2000). La Bahía de Chancay se ha visto muy afectada por la contaminación producida por las industrias pesqueras (Cabrera Carranza, 2001).

Chile, Perú y Uruguay suelen utilizar pescado entero para la fabricación de harina de pescado, a diferencia de Argentina. Debido a una planta de harina de pescado en Uruguay, en su momento, se vio afectada la sustentabilidad del recurso pesquero en el Atlántico Sudoccidental con respecto a la anchoíta, al tener una disponibilidad de procesado de más de 600 mil toneladas anuales de pescado entero.

Si bien la Resolución 5/2004 de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (Uruguayo-Argentino) establece una captura máxima de 40 mil toneladas anuales para cada parte e intercambio mensual de los datos de "captura y desembarque", el principal problema detectado es que no existen hasta el momento mecanismos de ejecución efectiva que permitan un control fehaciente respecto de los volúmenes declarados ni de la ubicación de los lances. Reiteradas veces se ha visto en peligro la disponibilidad de merluza en Argentina.

La operación de muchos buques cerqueros no se caracteriza por una gran selectividad. Al no discriminar especies ni tamaños, pasan a la planta de harina.

Por otra parte Chile, pasó de capturar alrededor de 1.600.000 toneladas a mediados de los '90, a unas 700 mil toneladas en la actualidad (producto del agotamiento de los stocks de anchoveta y jurel), y la expansión de la acuicultura industrial del salmón en ese país, que absorbe porciones crecientes de esa producción (Ahumada y Rudolph, 1989).

El agotamiento de jurel y la anchoveta, muy utilizados en la pesca artesanal como consumo directo ha afectado principalmente a las capas más humildes de las poblaciones de Chile y Perú.

La Industria de Harina de Pescado en Mar del Plata (Argentina), está basada en los residuos de pescados de otras industrias (conserveras y fileteras). En la actualidad esta industria ha decaído considerablemente en Argentina como consecuencia de una pesca irracional en el mar de Perú. Esta industria fue floreciente entre el año 1957 al año 1970 pero decayó. Sin embargo en Mar del Plata se mantiene una actividad industrial muy significativa. Aquí la harina se exporta para fabricar alimento balanceado.

(Ahumada & Rudolph, 1989).

Unlike Argentina, Chile uses sea water to pump the fish from the boats. Chile uses entire fish to produce fish oil and flour, this being one of the reasons why fishing and the bringing of fish to shore in boats is carried out differently. In Argentina the fish is discharged in containers while in Chile and Peru the fish is discharged by pumping. For this, a vehicle/carrier such as sea water is used which, after being used is returned to the sea with scales, small left-overs and fish blood. This action adds one more contaminating stage (fish discharge) in Chile's processing.

The fishmeal industry In Peru is the second biggest after mining. Approximately 130 flour factories cover the Peruvian coastline, processing up to 10 million tons of fish in a good year, almost all of which is exported. The producers of fishmeal are amongst the principal generators of organic residue in the coastal zone of Peru (CONAM, 2000). The Bay of Chancay has been much affected by the contamination produced by the fishing industry (Cabrera Carranza, 2000).

Chile, Peru and Uruguay try to use whole fish for the making of fishmeal, unlike Argentina. In a past incident, a fishmeal plant in Uruguay affected the sustainability of fishing resources in the Southwestern Atlantic with respect to the Anchovy, having processed over 600 thousand tons of whole fish in a year.

Even though Resolution 5/2004 of the Joint Technical Committee of the Maritime Front (of Uruguay and Argentina) establishes a maximum capture of 40 thousand tons for each country with monthly information regarding "capture and disembarking", the principal problem is the supervision of the compliance with the agreements. The danger of a scarcity of hake in Argentina has been warned a number of times.

The purse seiners are not known for having a great selectivity of species captured. The species and sizes that can not be recognized go on to the flour plant.

On the other hand Chile, went from catching around 1,600,000 tons in the '90s to 700 thousand tons of fishes today (due to the depletion of anchovy and mackerel). The expansion of the salmon breeding industry in this country absorbs growing portions of this fishmeal production (Ahumada and Rudolph, 1989).

The draining of anchovy and mackerel, much

CONCLUSIONES

Si bien algunas empresas aún deben mejorar la calidad del vuelco cloacal, se ha logrado una buena reducción en el contenido en materia orgánica en el efluente a través de una mejora en los hábitos de operación, como así también en su tecnología. Aún quedan muchas tareas por concluir, actualmente se está focalizando el problema en reducir más el volumen de vahos generados a la atmósfera a través del quemado de vahos residuales en caldera. Al ser Mar del Plata una ciudad turística es muy importante que el puerto, sitio de interés para el visitante, tenga un buen aspecto visual carente de malos olores. Queda demostrado una vez más que el trabajo en conjunto es de crucial envergadura a la hora de tomar decisiones y obtener buenos resultados. Este trabajo permitió la consolidación y capacitación de un grupo de trabajo, se logró un intercambio interdisciplinario y una integración entre los distintos laboratorios, la sociedad y la industria. El grupo de Ingeniería Bioquímica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata junto a Obras Sanitarias, se constituyeron en los laboratorios especializados para realizar análisis específicos de efluentes, y asesorar a la industria con el fin de ayudarlos a incrementar sus ingresos económicos a través de una mejora en la calidad y en la tecnología de sus operaciones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación realizada por las entidades que patrocinaron el trabajo: CPRMDP. Consorcio Portuario Regional de Mar del Plata. OSSE. Obras Sanitarias Sociedad de Estado y Universidad Nacional de Mar del Plata.

REFERENCIAS

- Ahumada, R. & Rudolph, A. 1989. Residuos líquidos de la industria pesquera: alteraciones ambientales y estrategias de eliminación. *Ambiente y Desarrollo*. 1:147-161.
- Anon. 2003. Disposal and re-utilisation of fish and processing waste (including aquaculture wastes). Nautilus Consultants (Ireland) Ltd DK/01/03.
- Barlow, S. 2002. Resources and Markets: The World Market Overview of Fish Meal and Fish Oil. En 2nd Seafood By-products Conference. Alaska.
- Cabrera Carranza C. 1998. *Diagnóstico de la actividad de procesamiento de harina de pescado en bahía Paracas*,

used in artisan fishing for direct consumption, has principally affected the poorest populations of Chile and Peru.

The fishmeal industry in Mar del Plata (Argentina) is based on the residue of fish from other industries (canning and filleting). Today, this industry has fallen considerably in Argentina as a consequence of uncontrolled fishing. This industry had its peak of activity between the years 1957 and 1970 and then declined. However, in Mar del Plata a very significant industrial activity is maintained and the flour is exported to produce balanced animal food.

CONCLUSIONS

Even though some companies must improve the quality of their discharges to the sewer, a considerable reduction in the organic matter in the effluents has been achieved through better ways of operation and technological growth. Much work has still to be carried out; the focus now is on the problem of reducing environmental problems related to the burning of residue in the heaters. As Mar del Plata is a tourist city it is very important that its port looks visually attractive and devoid of odours. It has been proved that good decision making is crucial in obtaining good results. This work permitted the consolidation and capacitating of a working group, an interdisciplinary exchange was achieved with integration between the different laboratories, society and industries. The Biochemical Engineering Group (G.I.B.) of the National University of Mar del Plata (UNMDP) together with Obras Sanitarias Sociedad de Estado (O.S.S.E.), worked with specialised laboratories to carry out specific analyses of fish mill wastewaters, and assessed the port industries to help increase their earnings through higher quality improvement in the technology of its operations.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the financing provided by the entities heading the study: CPRMDP. Consorcio Portuario Regional de Mar del Plata. OSSE. Obras sanitarias Sociedad de Estado and UNMDP. Universidad Nacional de Mar del Plata.

- Pisco, Perú: Propuestas para mejorar su compatibilidad ambiental.* Tesis para optar el Grado de Diplomado en Gestión Ambiental. Universidad de Concepción. Chile, 60 pp.
- Cabrera Carranza C. 2001. Contaminación e impacto ambiental en la bahía de Chancay. *Revista del Instituto de Investigación. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 4 (8):36-46.
- CONAM. 2000. Prácticas Recomendadas Para Mejorar La Eficiencia de Los Procesos En La Industria De Harina De Pescado. Guía. Ministerio de Pesquería. Perú, 93 pp.
- Cuadros Dulanto M. 1994. *Estudio Base para la determinación de límites permisibles en la Industria de Harina y Aceite de pescado.* Convenio Ministerio Pesquería- Pesca Perú- Universidad Federico Villareal. Lima. Perú. 30 pp.
- Aguerri Loriente, T. 2001. *La harina de pescado en Senegal.* Nota sectorial. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Dakar. Dakar, 13 pp.
- Mack, D., Huntington T., Curr, C. & Joensen, J. 2004. *Evaluation of Fish Waste Management Techniques.* Report to the Scottish Environment Protection Agency SEPA. Poseidon Aquatic Resource Management Ltd, 2 Fox Pond Lane, Lymington, 52 pp.
- Mueller, J. & Bimbo, A. P. 1998. Guía Técnica. *Prácticas Recomendadas para Mejorar la Eficiencia de los Procesos de la Industria de Harina y Aceite de Pescado.* Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y USAID. Lima.
- Normas del Código de Aguas- ley 12257, ley 5965 y su Decreto Reglamentario nro. 2009/60, 3970/90, 3734/00. Resolución nro. 280/01 del Ministerio, y la Resolución de AGOSBA nro. 389/98 (Resolución ADA 336/03) en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires relativa a las Normas para el vertido de efluentes líquidos.
- Standar Methods for the examination of Water and Wastewater. 1976. APHA, AWWA, WPCF. American Public Health Association. Washington, D.C.
- Villarino E. & Elías R. 2008. *Ecología de poblaciones y comunidades bentónicas costeras bajo la influencia de disturbios ambientales, con especial énfasis en el enriquecimiento orgánico (Proyecto EXA 339/06-08).* Universidad Nacional de Mar del Plata (inédito).

Recibido: 14 de Junio 2010.

Aceptado: 03 de Septiembre 2010