

CARACTERIZACIÓN Y CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA PROCESADORA DE CAMARONES DE REGLA

G. SUÁREZ

F. CASANOVA

INTRODUCCIÓN

Las actividades pesqueras crecen rápidamente en Cuba. Del total de capturas, una parte es procesada y exportada o utilizada para satisfacer el consumo íntero.

Cada planta procesadora de pescado o mariscos trae consigo cierta cantidad de residuales, que de una forma u otra son descargadas sin ningún tipo de tratamiento, a las aguas costeras, provocando la contaminación orgánica de las aguas cercanas al lugar donde está ubicada (Basu et. al., 1975a). Se estudia la planta procesadora de camarones que existe en la Terminal Pesquera de Regla, al norte de La Habana, con el fin de evaluar como contribuye a la contaminación marina y con el doble propósito de averiguar qué tratamiento sería mejor para este tipo de industria. Esta agua residual podría volverse a utilizar, y de este modo además de no contaminar el mar, ahorraríamos gran cantidad del recurso agua, con el reciclado de éste.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las aguas residuales de esta industria pesquera situada en Regla, al norte de La Habana, fueron colectadas como muestras compuestas durante 6 horas y cada una de ellas fue conservada en congelación hasta su análisis que siempre se efectuó en los primeros 7 días después de su toma.

Las muestras sometidas a tratamiento procedían de colectas instantáneas y se sometieron al mismo inmediatamente después de colectada cada muestra.

en cada muestra fue analizado el pH, temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBQ5) demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos. Todo el trabajo analítico fue efectuado por los métodos estándar del A.P.H.A. (1971).

La laguna de oxidación, así como el tratamiento por aereación prolongada ambos a escala de laboratorio, fueron diseñados según las recomendaciones presentadas (Eckenfelder, 1973).

Se diseñó un filtro biológico (plástico) especialmente para ser usado en este trabajo, según se muestra en la figura 1.

En el dibujo, el número 1 corresponde a un tubo de 15 cm de diámetro interior, con una altura de 100 cm, estando la boca inferior cubierta por una malla plástica milimétrica. Éste se encuentra lleno en su interior de virutas plásticas, por donde escurre el líquido a tratar.

En la figura, mediante un corte lateral, se observa como se encuentran dispuestas las virutas dentro del tubo; el número 2 es una manguera de goma de 6 mm de diámetro interior por el cual circula el residual a tratar. Esta manguera guía el líquido que comienza su recorrido en la bomba circulatoria, hasta conducirlo a la parte superior del equipo donde se inicia la filtración; el número 3 es un motor de 110-120 voltios, con 60 ciclos, capaz de alcanzar 600 revoluciones por minuto, el cual posee un reostato con una escala graduada de 0 a 10. Este motor consta de varios bujes, siendo en el interior donde se instala la bomba de recirculación encargada de reciclar el residual con la ayuda del motor. El número 5 es una bandeja plástica de 40 litros de capacidad donde se deposita el líquido residual que se va a verificar. El número 6 es un soporte universal para sostener la bomba y el motor.

El flujo de recirculación del residual crudo para el tratamiento fue de 600 ml/minuto, mientras que el volumen real de filtración unitaria del equipo fue de 0.02 m³.

Para cualquier detalle sobre estos tipos de tratamiento se recomienda sean consultados los trabajos de Prado (1972), Hernández (1974) y el de Basu y colaboradores (1975).

Las cargas hidráulicas y contaminantes se calcularon según el procedimiento de Hardenberg y Rodie (1972).

RESULTADOS Y OBSERVACIONES

Los valores de todos los análisis efectuados con los residuales crudos de la planta procesadora de camarones se presentan en la Tabla 1.

La temperatura fue baja, ya que este residual procede del proceso de descongelación de los ejemplares, presentando valores de 15,8 a 24,2° C con una media de 21,0° C.

El pH de estos efluentes varía de 7,0 a 8,2, con una media de 7,3; los valores son ligeramente alcalinos, aunque la media se puede considerar neutra.

El oxígeno disuelto tiene un valor central de 1,1 mg/l, aunque se hallaron valores de 0,0 mg/l debido a la alta carga orgánica de estos residuales; esto ocurrió en la mayoría de los casos, pero también se reportan valores hasta de 3,0 mg/l, aunque en menor cuantía.

La demanda bioquímica de oxígeno, es una medición que nos indica la cantidad de oxígeno requerido para la descomposición biológica de este residual, la cual ocurre bajo condiciones aerobias en un tiempo patrón de 5 días y a 20° C de temperatura.

Obviamente, esta medición puede presentar grandes variaciones, debido a la cantidad de carga orgánica que puedan ofrecer los camarones que se someten a descongelación. Este parámetro dio un valor medio de 895 mg/l. Los límites de confianza para la DBO5 fueron desde 520 a 1 030, con un 95 % de certeza.

Se determinó que en el 50 % de los casos, los residuales mostraron un valor igual o menor a 900 mg/l, con una probabilidad del 95 % (Fig. 2).

La tasa constante de la DBO, o valor k de las aguas residuales de la Terminal Pesquera de Regla fue igual a $0,11 \pm 0,02$ al día, valor que podemos emplear para conocer qué tiempo tarda el proceso de oxidación. La DQO es una medición que indica la cantidad necesaria de oxígeno para oxidar químicamente todos los compuestos orgánicos que se hallan presentes. La demanda química de oxígeno refleja valores entre 127 y 812 mg/l, con un promedio de 400 mg/l.

La relación DQO: DBO fue de 0,44, resaltándose que este residual posee una mayor biodegradabilidad que quimiodegradabilidad, lo cual es un indicador rápido de que éste puede ser descontaminado por métodos de tratamiento biológico.

Los sólidos totales dieron valores de 720 a 1 730 mg/l, con un valor central de 1 120 mg/l⁻¹.

Esta industria descarga sus aguas negras sin ningún tipo de tratamiento a la bahía de La Habana, provocando condiciones de anaerobiosis en el agua receptora. Los desechos flotantes, como grasas y aceites que se presentan sobre la superficie del agua, y la formación de burbujas gaseosas, son características comunes que pueden verse en la zona receptora; claro, esto está empeorando, ya que las aguas de la bahía, son también receptoras de otra gran cantidad de fuentes contaminadoras.

Este conocimiento nos lleva a combatir la contaminación provocada con los dos métodos conocidos, medidas internas, que son las que se pueden realizar en la propia industria, durante el proceso, y externas, que son las que implican algún tipo de tratamiento y fuera de la planta. En este caso específico se podría combinar y efectuar cierto tipo de tratamiento dentro del mismo proceso, para consumir menos aguas y evitar

los daños de la contaminación. Con ese fin se llevaron a cabo los estudios de tres tipos de tratamiento biológico: mediante lagunas de oxidación, aereación prolongada y por medio de filtro biológico.

Para las lagunas de oxidación la carga hidráulica fue de 0,7 a 1,4 m³ al día, con una carga contaminante de 1,1 a 2,2 kg/día de DBO, para ofrecer una carga contaminante total media por laguna de 46 kg de DBO. En la Tabla 2 se presenta el resumen de la remoción de la DBO por día, para los 15 experimentos de lagunas de oxidación, con un total de 136 días de observación, representando un período medio por lagunas de 9 días.

Con los datos disponibles se obtuvo una mayor remoción a los 13 días representando un 69 % para la DBO₅ y un 60 % para la DQO, de un agua inicial con 1 120 mg/l de DBO₅ y de 500 mg/l de DQO.

El tratamiento por aereación prolongada se efectuó en períodos de 6, 16 y 24 horas; para las 24 horas se empleó un doble tratamiento con luz ultra-violeta durante 2 minutos. En la Tabla 3, se muestran los resultados, los cuales indican que este método de tratamiento ofrece mejores resultados que el de lagunas de oxidación, aunque quizás más costoso, porque ese requiere una fuente de aeración, que oxide la materia orgánica de estos residuales. Se resalta que para un período de aeración de 24 horas con una exposición del efluente por 2 minutos a los efectos de una luz ultra-violeta cuya longitud de onda fue de 254 a 366 nm, se obtuvieron resultados del 83 % de remoción para la DBO₅. Estos resultados representan un total de 24 experimentos, donde la DBO media fue de 1 000 mg/l y la DQO de 450 mg/l. La carga contaminante media, para las pruebas fue de 5 kg de DBO y de 2,2 kg de DQO.

Otro intento para reducir la contaminación fue el empleo de un filtro biológico. Éste dio los resultados que se muestran en una Tabla 4. La carga hidráulica ofrecida fue de 0,9 m³/día, con una carga contaminante de 19,6 kg como DBO₅.

El filtro biológico recirculó el agua residual por un período de 1, 2 y 3 días, pero los resultados no difieren estadísticamente para un 95 % de probabilidad. Como se representa en la tabla mencionada, la remoción de DBO fue de un 98 a un 99 %, la DQO, del 77 al 81 % y lo mismo ocurre con los sólidos, representando esto un tratamiento eficiente para este tipo de residual.

DISCUSIÓN

Los residuales del proceso de camarones, como representan principalmente al descongelado (Fig. 3) muestran una temperatura media de 21° C, relativamente baja, no siendo así lo que ocurre con los residuales de otras plantas procesadoras de peces y mariscos, descritas por Basu et. all. (1975), las cuales llegan a valores de 24 a 72° C, porque implican procesos de precocinado, donde la alta temperatura es un auxiliar del procedimiento industrial requerido, aunque Caparó et. all. (1976) descubre una media de 21,1° C, para la misma planta de Regla, que es igual al valor reportado para este trabajo.

El pH de estos efluentes mostró valores relativamente neutros y pudiéramos decir que representan una característica de este tipo de actividad. Basu et. all. (1975) señala un pH de 6,1 a 7,6 para procesadoras de langostas y peces. También Pearson (1970) señala valores de 7,0 en residuales de procesadoras de atunes y Caparó et. all. (1976) reportan un pH de 7,9 para residuales de camarones.

El oxígeno disuelto generalmente fue de cero, valor esperado debido a la gran cantidad de materia orgánica que arrastra el agua de descongelación, además algunas veces los camarones son bañados con una solución de metabisulfito de sodio, antes de congelarlos, para evitar el ennegrecimiento de los tejidos, y este producto rápidamente reduce el oxígeno del agua, aspecto que ha sido explicado por Suárez y colaboradores (1976).

La demanda bioquímica de oxígeno mostró valores inferiores a los que reportan Basu y colaboradores (1975b) para residuales de langosta y pescado, esto se puede explicar porque el procesado de langosta y camarones descritos por ellos implicaba precocinado, produciendo residuales con mayor carga orgánica. Sin embargo, la DBO reportada por Caparó et. all. (1976) mostró valores entre los citados aquí para este tipo de industria.

La DQO también presenta valores por debajo de los descritos en el trabajo mencionado, y del descrito por Shifrin (1972), para procesadoras de pescado en la URSS, pero son muy cercanos a los valores reportados por Takahashi (1969) para residuales de carne de pescado.

La relación DQO:DBO fue cercana a la presentada por Basu et. all. (1978), así como la presentada por Pearson (1970) y Caparó et. all. (1976). El valor de 0,44 indica que este residual es fácilmente biodegradable y que se puede emplear eficazmente el tratamiento biológico para su purificación.

Si se analizan los trabajos de Paessler (1956), Rnontolon (1945), Matusky et. all. (1965) y Hemerson (1971), se observará que los valores reportados aquí, generalmente están por debajo de lo planteado por esos autores debiéndose, como hemos señalado, a que estos residuales representan solamente el agua de la descongelación y en aquellos trabajos se caracteriza un agua residual procedente del precocinado de pescados y mariscos.

La carga contaminante de esta industria es de 53,7 kg de DBO al día y de 67,2 kg de sólidos totales al día; 24 kg de DQO al día, valores menores a los reportados por Basu et. all. (1975b), esto explica porque aquellas industrias descargan residuales en mayor cantidad y de mayor agresividad al medio, lo cual es causa de la tecnología del proceso que presentan cada una de ellas.

Los datos de la laguna de oxidación, Tabla 2, muestran que durante los 4° y 5° días, el por ciento de remoción fue menor a los de los días anteriores, esto explica fácilmente, porque siempre después del 3er. día se volvió a sembrar la laguna de Chlorella, el alga encargada de ofrecer el oxígeno al agua. Esta alga llegó a alcanzar valores de $4\ 850 \times 10^6$ células por litro a los 10 ó 13 días. También se presentaron otras algas más grandes, al nivel de $1\ 156 \times 10^6$ células por litro, pero no fueron identificadas.

Los datos de la aeración prolongada indican que 24 horas fue el mejor tiempo de los empleados, ya que la remoción fue del orden del 66 % pero esto mismo tratamiento si se prolonga con dos minutos de irradiación de luz ultra-violeta, ofrece un 83 % de remoción; esto ocurre porque todos los microorganismos bacteriales son eliminados, y el agua se hace bacteriológicamente aceptable.

Los resultados que se presentan en las Tablas 2, 3 y 4 indican que el tratamiento por medio del filtro biológico fue el mejor, señalándose que este tipo de purificación fue recomendado por Ventz (1971) para los residuales de industrias pesqueras.

Este autor compara los distintos tipos de tratamientos biológicos existentes y recomienda como el mejor el filtro biológico. Según lo planteado por Bruce (1970), podemos clasificar a nuestro filtro como "filtro biológico de alta velocidad" por el tamaño y la cantidad de residuales que puede purificar en la unidad de tiempo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados hallados, concluimos que se puede reducir la contaminación, procedente de la Planta Procesadora de Camarones en Regla, recomendándose que ésta se realice por medio de tratamiento biológico conocido como filtro, método que dará un mejor efluente y reducirá el costo del proceso de producción ya que se consumirá un volumen menor de agua. Ésta

podrá ser reciclada; que es el verdadero fin de la lucha que propagamos contra la contaminación, ya que nuestro deber es combatir la contaminación aprovechando las ventajas que ésta pueda tener.

El método completo de tratamiento propuesto se muestra en la figura 4 y es el que debería de implantarse en todas las unidades de pesca, ya que además de ser barato, requiere poco espacio para sus instalaciones. En sí, éste consiste en una fase de sedimentación corta que eliminará la mayoría de los sólidos sedimentables, el sobrenadante pasará a la unidad de filtración biológica para continuar más tarde a otra fase de sedimentación que eliminará los residuales sólidos o lodos que se producen en este procedimiento, el remanente de esta sedimentación se volverá a pasar por el filtro biológico y el sobrenadante de la sedimentación podrá ser descargado a las aguas marinas de la plataforma, o bien después de ser irradiado con luz ultra-violeta, podrá ser usado nuevamente en la descongelación de los camarones ya como residual limpio o descontaminado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los trabajadores de la industria pesquera de Regla, que siempre han cooperado con nosotros, así como a los compañeros del Laboratorio de Química del CIP, que nos realizaron parte de los análisis.

También queremos agradecer a los estudiantes de Biología: Luis Remedios y Alfredo Saltaren, que realizaron su práctica pre-profesional con este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA. *Standard methods for the examination of water and waste water* (13th. edition). American Publer. Health Association, USA :609 p. 1977.
- BASU, A.K.; E. Perigó; G. Suárez y B. Vázquez. Algunos aspectos de contaminación en tres estuarios cubanos, INP/CIP, Cuba. Res. Invest. (2):235-238. 1975a.
- BASU, A.K.; E. Perigó y G. Suárez. Efluentes de las plantas procesadoras de pescado y sus aspectos contaminantes. INP/CIP, Cuba. Res. Investig. (2) :215-219. 1975b.
- BASU, A.K.; E. Perigó y G. Suárez. Algunas consideraciones sobre las lagunas de estabilización de aguas residuales en Cuba. INP/CIP, Cuba. Rev. Invest. (2) :225-231. 1975a.
- BRUCE, A.M. Recent. *Studies of hight-rate, biological filtration.* Water Pollution Research Laboratory, U.K. Rep. N° 590 :38 pp. 1970.
- CAPARÓ, E.; H. Reyes; G. Azcu y G. Indan. Caracterización de los residuales de una planta congeladora de camarones y langostas. 1er. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. La Habana, Cuba, :11 pp. 1976.
- ECKENFELDER, W.W. *The development of design criteria for wastewater treatment processes.* Dept. of Environmental and water resources, Engeneering, USA. Uanderbelt University. 1973.
- HARDENBERG, W.A. y E. Rodie. *Ingeniería Sanitaria, Edición Revolucionaria*, I.C.L., Cuba :584 pp. 1972.
- HERNÁNDEZ, E.M. *Las lagunas de estabilización y el tratamiento de los residuales líquidos.* Voluntad Hidráulica, Cuba, Año XI (31):34-36. 1974.
- MATUSKY, E.E.; J.P. Lawer y T.P. Quick. *Preliminary Process designand Treatability studies of fish processing wastes.* Proc. 20th. Ind.Wastes Conf. Durdue University.

- NEMEROW, N.L. *Theories, Practices and Treatment of liquid waste of industry.* Addison Wesley Publishing Co., USA. 1971.
- PAESSLER, A.H. *Waste waters from Menhaden fish oil and Meat Processing Plants.* Proc. 11th. Ind.Waste Conf. Durdue University, :371-378. 1956.
- PEARSON, B.F. *Biological degradation of tuna waste* proc. 25th. Ind.Waste, Conf.Durdue University. Ext.Ser. 137 :766-780. 1970.
- PRADO, C.E. *Generalidades sobre el tratamiento biológico de residuos líquidos, domésticos, industriales.* Serie 10. Ingeniería Hidráulica. Universidad de La Habana. Cuba, N° 9, :33 pp. 1972.
- RNONTLOV, W.T. *Fish. Cannery wastes, effects, on sewage treatment.* Sewage Ind. wastes 17:514-520. 1965.
- SHIFRIN, S.M. *Mechanical Cleaning of waste waters, from fish canneries Ryba, khoz (URSS)* 2:62 pp. 1972.
- SUÀREZ, G.; E. Perigó y F.A. Casanova. *Efecto del Metabisulfito de Sodio sobre la supervivencia de la langosta Panulirus argus.* INP/CIP. Cuba. Res.Inv. (Manuscrito). 1976.
- TAKAHASKI, T. *Disposal of waste waters in Kamabako Industry. I. Removal with cogulants mie Renyitso, Daigaku. Sutisangakubukiyu, Japan, 8(1):53-73.* 1969.
- VENTZ, D. *Fish processing industry and sewage treatment.* Libnsn. Ind. 18:12-461. 1971.

Tabla 1.- Valores de todos los análisis efectuados con las aguas residuales crudas, de la planta procesadora de camarones de Regla.
Observaciones realizadas: 30.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Medio
pH	7,0	8,2	7,3
Temperatura (°C)	15,8	24,2	21,0
O.D. (mg/l)	0,0	3,0	1,1
D.B.O ₅ (mg/l)	100	2 500	895
D.Q.O. (mg/l)	127	812	400
Sólidos totales (mg/l)	720	1 730	1 120

Tabla 2.- Resumen de la remoción de la D.B.O₅ por día para el tratamiento por lagunas de oxidación.

Días	1	2	3	4	5	6	7
% Remoción	23,5	38,4	38,3	35,4	35,8	41,1	43,4
Días	8	9	10	11	12	13	
% Remoción	48,7	55,8	57,8	60,0	60,0	69,0	

Tabla 3.- Valores de remoción de la D.B.O₅ obtenidos mediante el tratamiento de aereación prolongada.

Tiempo	6 horas	16 horas	24 horas	24 horas + U.V
% Remoción	39	49	66	83

Tabla 4.- Factores contaminantes y por ciento de remoción que se obtuvo por medio del filtro biológico. Todos los valores se expresan en miligramos/litro. Los resultados expresan el cómputo de 5 experimentos de tratamiento.

Parámetro	1er. día	2do. día	3er. día
D.B.O ₅	98	99	99
D.Q.O.	77	81	78
Sólidos totales	36	38	40
Sólidos disueltos	31	36	39
Sólidos totales Vol.	67	78	75
Sólidos disueltos Vol.	65	96	75

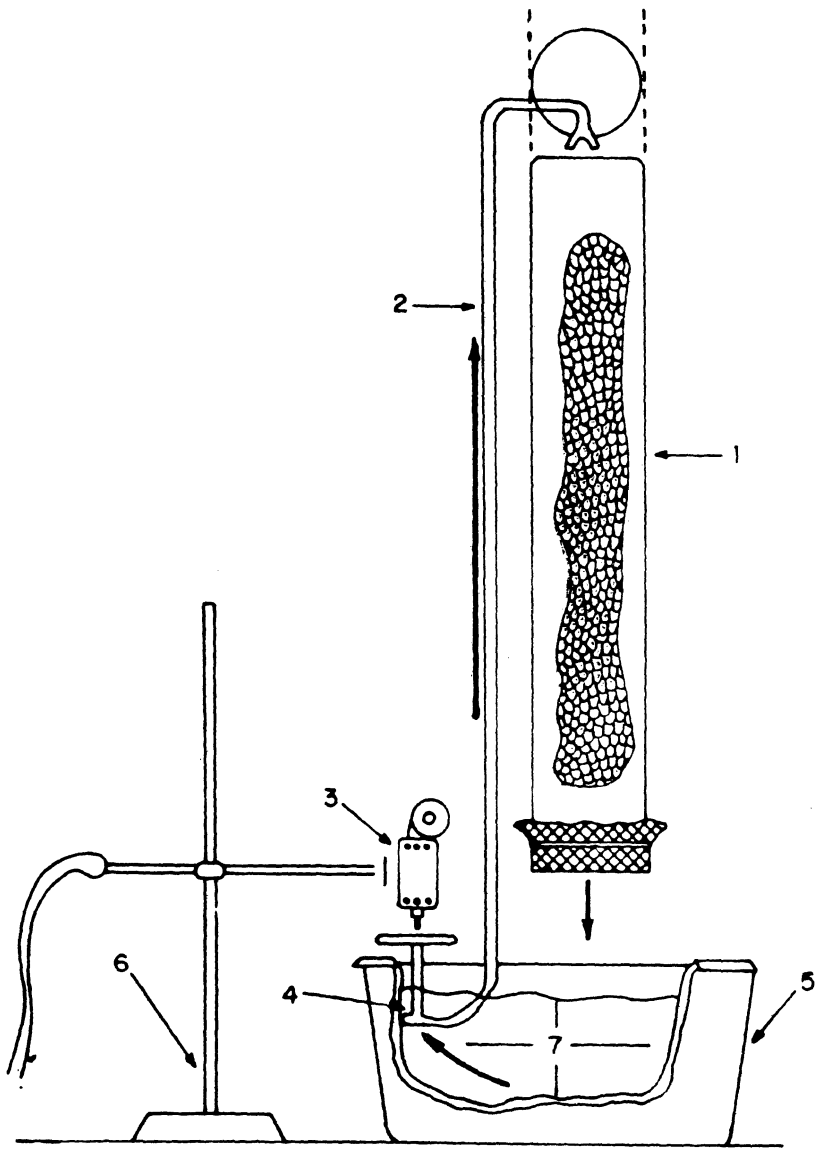


Fig.1. Esquema detallado del filtro biológico (Escala del laboratorio)

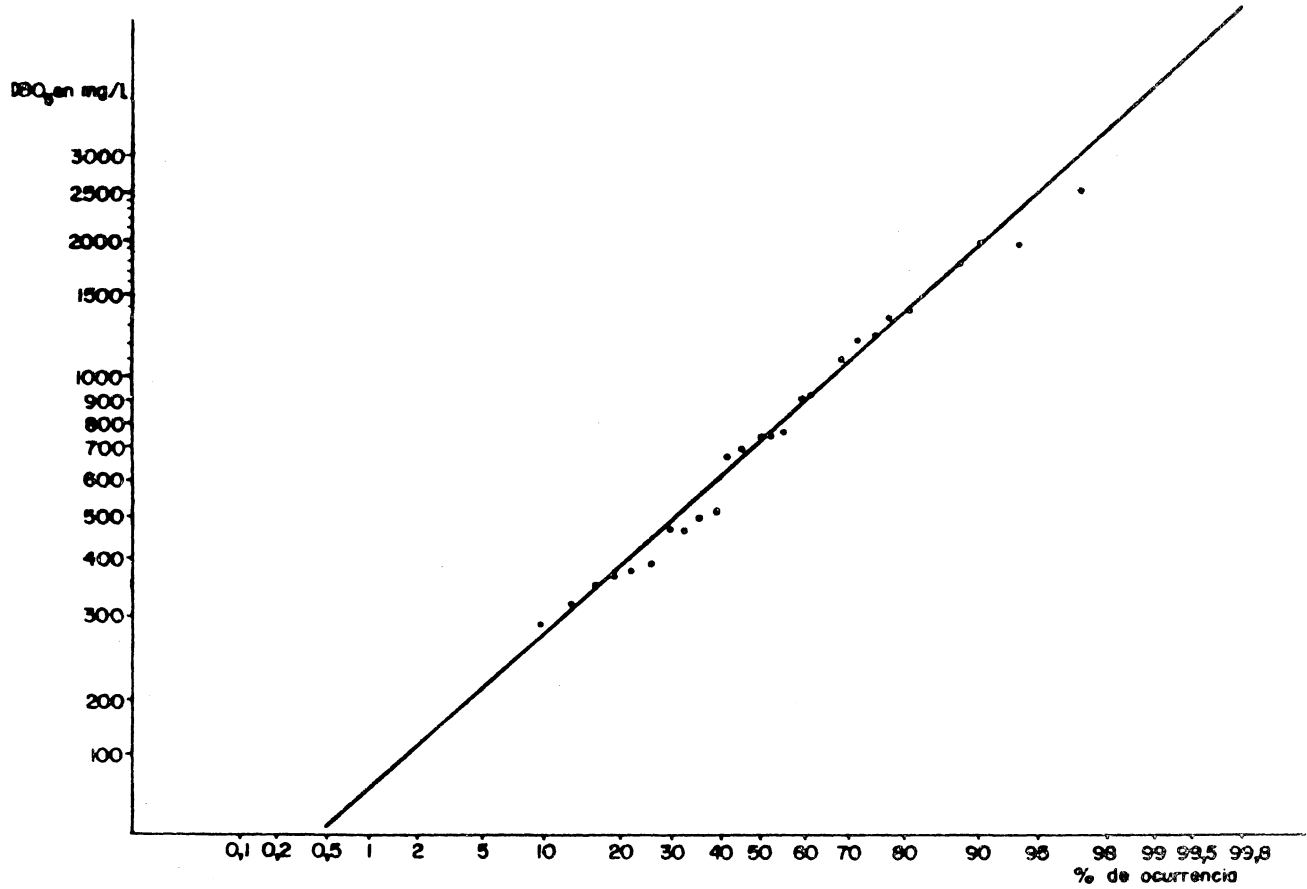


Fig.2 _Ocurrencia probabilística de la DBO de las aguas crudas de la procesadora de camarones de Regla.

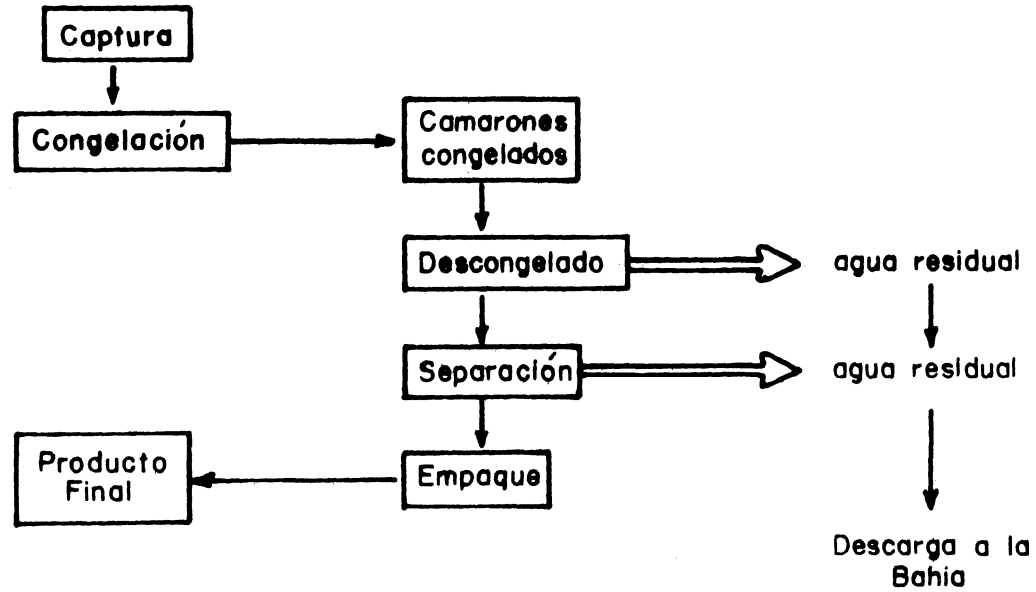


Fig.3_ Diagrama simplificado del ciclo de producción de la Planta Procesadora de Camarones de Regla.

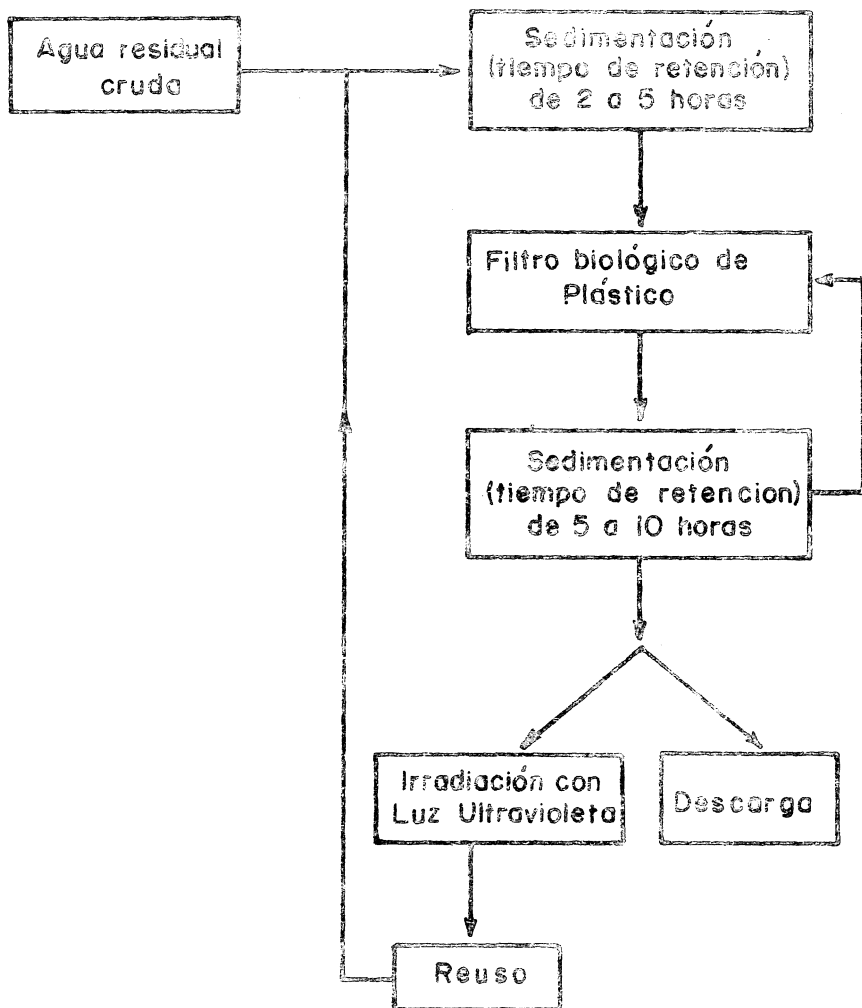


Fig. 4.- Esquema del tratamiento propuesto para las aguas residuales del proceso del camarón en la Terminal Pesquera de Regla.