

RECUPERACION DE LOS SOLIDOS DEL
EFLUENTE DE BOMBEO DE LA ANCHOVETA.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA.-

ARMANDO TRASVIÑA CASTRO

BIBLIOTECA U. CS. MARINAS

UNIDAD DE CIENCIAS MARINAS.

FEB - 1981

I N D I C E

I N T R O D U C C I O N

a).- ANTECEDENTES.

b).- TEORIA.

O B J E T I V O S.

MATERIALES Y METODOS

RESULTADOS

DISCUSION

CONCLUSIONES

A N E X O .-

- RECOMENDACIONES Y ANALISIS
DE COSTOS.

INTRODUCCION.

ANTECEDENTES. - Dentro de la industria de la harina de pescado, el problema que representa la descarga de la anchoveta con equipo de succión es uno de los principales, en cuanto a impacto ecológico se refiere.

Esto se debe a que al bombear la anchoveta de las bodegas del barco hacia instalaciones en tierra o camiones, se desechan grandes cantidades del agua de bombeo, la cual lleva en solución o suspensión altas concentraciones de materia orgánica (sangre, restos de tejidos, escamas) siendo descargada directamente al mar.

Hablando sobre la industria de la harina de pescado del Perú, L. - Chang Reyes (1970), calcula que en el transporte de materia prima mediante bombes de succión, la pérdida de materia orgánica fluctúa entre el 3, 6 y aún el 8% del total recogido, significando un promedio de 4% de merma. Al calcular la población equivalente a este residuo, en base a D. B. O., obtiene un valor aproximado de 30,000 mg/lit que en el año de 1969 representó una población diaria equivalente a 18'230,000 habitantes.

De aquí es fácil deducir la importancia de encontrar un proceso eficiente para impedir que se tiren esa cantidad de sólidos orgánicos al mar. En base a los mismos cálculos, podemos observar que en la descarga de un barco de 300 ton. se tiran en promedio 1.2 ton de

materia con presumiblemente, alto contenido proteínico.

Ahora bien, de las plantas actuales de tratamiento podemos desglosar un proceso fundamental.

- Almacenamiento del agua para obtener sedimentación.
- Coagulación por métodos químicos y asentamiento de los flóculos.
- Filtración en arena y grava para remoción de sólidos suspendidos y microorganismos.
- Desinfección por agentes químicos o físicos.
- Remoción de olor y sabor por aereación, tratamiento químico o absorción física.
- Reducción de dureza por precipitación.
- Remoción de minerales por adsorción en superficies.
- Tratamiento correctivo con álcali para reducir la corrosión.

De todos estos pasos, este trabajo está concentrado exclusivamente en la fase de coagulación química, aunque posteriormente los resultados serán enmarcados dentro del contexto de un sistema completo de tratamiento, para hacer mas evidente el uso de los resultados aquí obtenidos.

TEORIA. - El efluente de bombeo de la anchoveta está compuesto - -

principalmente por sangre, grasas y aceites, restos de tejido y escamas. Las grasas y aceites forman una fase distinta dentro de la mezcla facilitando su separación por flotación por aire o flotación en tanques de sedimentación con desnatadores. Por otro lado los restos de tejido y escamas son separados en el fondo de tanques de sedimentación.

Así los métodos de coagulación aquí ensayados van dirigidos a la -- separación del otro componente, esto es, las proteínas "solubles" -- que vienen con la sangre que pierde el pescado al ser descargado y -- que dan la coloración roja al efluente.

Estas proteínas no estan realmente en solución ya que, debido a ser compuestos de alto peso molecular, caen dentro de un estado intermedio entre las soluciones y las suspensiones, son llamados coloides-naturales o biocoloides. Por esta razón creo necesario hacer una pequeña revisión de la teoría de los sistemas coloidales, poniendo especial énfasis en su estructura, mecanismos de estabilización y algunas reglas generales para su coagulación.

Sistemas Coloidales (Voyutsky - 1975).

Los sistemas coloidales típicos, a diferencia de las soluciones moleculares son heterogeneos y agregativamente inestables, debido a una-interfase entre las partículas y el medio dispersor. Precisamente -- por esto es que la estabilidad de los sistemas coloidales es el pro--

blema central de la química de los coloides, mientras que la coagulación constituye el mecanismo más importante para la transición hacia un estado más permanente, al conseguir la congregación y sedimentación de las partículas dispersas.

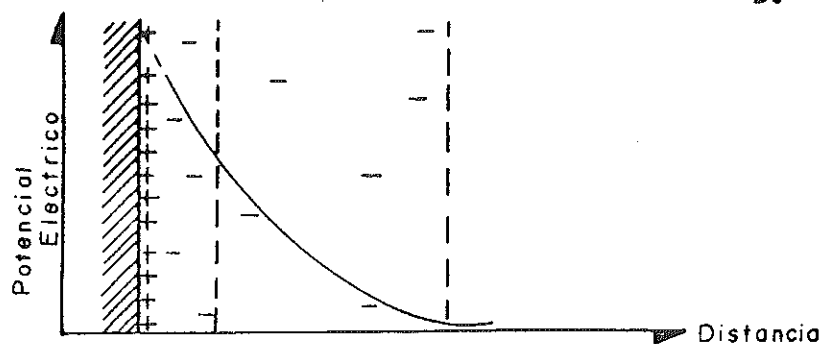
La interfase entre la partícula y el medio es de carácter eléctrico y se le conoce como la doble capa eléctrica de los coloides, la cual estabiliza la partícula por medio de fuerzas repulsoras impidiendo su sedimentación. Esta doble capa consiste de iones del mismo signo que están relativamente firmemente unidos a la superficie de la fase sólida dispersa (las partículas) y además de una cantidad equivalente de iones de carga opuesta que se encuentran en el medio dispersor líquido cerca de la interfase. Los primeros son llamados " iones determinantes del potencial " y los segundos " contra-iones ". Se cree que la carga en la superficie de la fase sólida se encuentra uniformemente distribuida, como una primera aproximación. En el caso de los contra-iones existe un equilibrio dinámico entre estos y los iones libres del mismo signo que no se encuentran en la doble capa.

Las diferentes teorías acerca de la estructura de la doble capa difieren principalmente en la interpretación de la estructura de la capa de contra-iones.

Una teoría que se acerca mucho a la realidad, sin ser extremadamente compleja, es la de Guy - Chapman.

Modelo de la doble capa eléctrica según Guy-Chapman y la caída del potencial eléctrico.

(Voyutsky-1975)



Aquí la capa de contra-iones es difusa y se encuentra en equilibrio dinámico con el medio, dando lugar a una curva exponencial de caída del potencial eléctrico. Esto es, la acción del campo eléctrico debida a los iones determinantes de potencial (+) prevalece en la proximidad inmediata de la interfase. A medida que la distancia a la interfase aumenta, la intensidad del campo eléctrico decrece de igual manera que la concentración de los contra-iones, ya que, debido a movimiento termal, va disminuyendo hasta que se hace igual a la del medio dispersor.

Según Kruyt y Overbeek (1960) en su texto de Físicoquímica para Biólogos, los sistemas coloidales pueden ser clasificados en dos tipos principales, considerando el agua como su medio dispersor.

- a).- Hidrofóbicos.- Sistemas coloidales de metales, sales e hidróxidos.
- b).- Hidrofílicos.- Proteínas y carbohidratos, forman parte de los lisoles que es una clasificación más general de coloides afines al medio.

Los miembros del primer grupo son muy sensitivos a la adición de electrolitos, pequeñas cantidades causan que la solución coagule.

Además las propiedades físicas del sol son muy parecidas a las del agua pura.

En el segundo grupo las propiedades se invierte. Son requeridas - - grandes cantidades de electrolitos para separarlos del medio dispersor y la viscosidad del coloide es muy diferente a la del agua.

En consecuencia, los mecanismos de estabilización de estos dos tipos de soles son distintos. En los soles hidrofóbicos la carga eléctrica de la doble capa previene a las partículas de agregarse y sedimentarse por la repulsión entre ellas. Por esto pequeñas cantidades de electrolitos anulan estas cargas y provocan coagulación.

En los coloides hidrofílicos existe una interacción entre las moléculas del medio dispersor y el coloide. Esta interacción hace que las moléculas del medio traten de rodear al coloide, de manera que las moléculas de éste se separan y "entran en solución" como unidades individuales. Esta interacción es llamada solvatación (o donde el medio es el agua: Hidratación).

De esta manera, las " proteínas en solución " del efluente del bombeo de la anchoveta son estrictamente, un sistema coloidal hidrofílico que, para coagular, necesita altas concentraciones de electrolitos que anulen, primero la capa de hidratación y después las cargas de la doble capa ionica que previenen su estabilización.

- OBJETIVOS.-

Por lo anteriormente dicho, se hace necesario.-

- Continuar con los estudios realizados por Liedo - (1978 - Tesis profesional), en este mismo campo.
- Caracterización de un efluente vs. tiempo de captura.
- Determinar volúmenes de descarga.
- Comparar diversos métodos de coagulación.
- Determinar eficiencia y rentabilidad de los métodos comparados.

- METODOS. -

- Para caracterizar el efluente. (ver Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water)

- Residuos totales. Secados a 103-105 grados centígrados.

Definición.-Materia que queda en una vasija después de la evaporación de la muestra y su subsecuente secado 103-105 grados centígrados.

Principio.-Una muestra bien mezclada es evaporada en una vasija tarada, y secada a peso constante en un horno a 103-105 grados centígrados. El incremento en peso sobre el de la vasija vacía representa el residuo total.

- Residuos no filtrables o suspendidos. Secados a 103-105 grados centígrados.

Definición.-Es el material retenido en un filtro-estandar de fibra de vidrio (45 micras), después de filtrar una muestra bien mezclada de agua o de agua de desecho.

Principio.-El residuo detenido en el filtro es secado a 103-105 grados centígrados. Si el material suspendido satura el filtro, la diferencia entre-

el residuo total y el disuelto pueden proporcionar una estimación.

- Residuos filtrables o disueltos. Secados a 103--105 grados centígrados.

Definición y principio.-Es el material que pasa a través de un filtro estandar de fibras de vidrio y permanece después de evaporación y secado a 103-105 grados.

- Materia sedimentable.

Definición (por volumen).-Materia acumulada en el fondo de un cono Imhoff de sedimentación, al cabo de una hora de reposo. Reportado en ml/lt.

- Grasas y aceites.

Método Soxhlet.

Principio.-Jabones metálicos solubles son hidrolizados por acidificación. Las grasas sólidas o viscosas y cualquiera aceites presentes son separados de la muestra por filtración. Después de la extracción en un aparato Soxhlet con hexano, el residuo que queda después de la evaporación de los solventes es pesado para determinar el contenido de grasas y aceites de la muestra. Compuestos volátiles a 103 grados se pierden cuando se seca -

el filtro, antes de la extracción.

- Demanda Química de Oxígeno.

Método de reflujo con dicromato de potasio.

Principio.-La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del oxígeno equivalente a aquella porción de materia orgánica en una muestra, que es susceptible a oxidarse por un oxidante químico fuerte.

Es un parámetro importante, rápido de medir para estudios de desechos industriales y control de plantas de tratamiento.

Se selecciona el método de reflujo con dicromato de potasio a causa de sus ventajas sobre estos oxidantes en cuanto a capacidad de oxidación, a su aplicabilidad a una amplia variedad de muestras y su facilidad de manipulación.

-Temperatura.

a).- Del efluente.

Se muestrea con una cubeta de la salida del tubo de desague, midiendo inmediatamente la temperatura.

b).- Del agua de mar.

Se usa una cubeta para suplir al termómetro de cubeta.

- pH del efluente.

Se utiliza un potenciómetro de campo para efectuar la medición en el lugar de la descarga.

- Para coagulación

Experimentos de jarra.

Objetivo.-La prueba de jarra tiene como objetivo determinar la dosis óptima del coagulante en el tratamiento de aguas.

Definición.-Es un experimento en el que se hacen comparaciones entre los resultados de dos o más muestras, usando un aparato de agitación por el cual se puede variar el tiempo y velocidad de la agitación de un grupo determinado de muestras. Debe hacerse notar que, aunque la idea de un experimento de jarra ha sido bien concebida e ingeniosamente desarrollada, muy poco se ha hecho para estandarizar ni el equipo ni el método de operación (Black y Asociados - 1957). Por esta razón estos experimentos fueron llevados a cabo -- apegándose al principio general, pero al no existir una norma, se hicieron adaptaciones al equipo disponible.

Método.-Se utilizaron vasos de precipitado de 2-lts., con agitadores magnéticos sincronizados --

por medio de un estroboscopio para asegurar la mis
ma velocidad de agitación en todas las muestras siem
pre se usaron muestras de 1 lt del agua de dese--
cho tomadas directamente de la descarga.

Según la bibliografía (Cohen-1957, Black y Aso--
ciados 1957, Riddick-1961) se hicieron varias prue
bas previas para determinar el tiempo y tipo de--
agitación para este efluente, concluyendo que lo
mejor es 2 minutos de agitación rápida para mez--
clar bien el electrolito y conseguir el mejor --
contacto posible y 20 minutos de agitación lenta
para la aglomeración de los flóculos.

Las cantidades de coagulante se fueron agregando
progresivamente desde 100 partes por millón --
(ppm) hasta encontrar la concentración óptima to
mando como referencia la velocidad de sedimenta--
ción, el peso húmedo de sólidos recuperados y la
reducción de la D. Q. O.

- Velocidad de Sedimentación.-Se midió en probetas
de 500 ml, observando la distancia recorrida - -
por la superficie del precipitado en 30 min.
- Peso húmedo de sólidos recuperados.-Se midió por
centrifugación en una ultracentrífuga Damon/IEC,
usando alícuotas de 200 ml de agua de desecho --

coagulada en vasos de centrifuga previamente ta
rados. El resultado es en peso húmedo de sólidos
por litro de agua y se obtiene por la diferencia
en peso del líquido antes de la centrifugación,
menos el residuo que queda después de la decanta
ción del sobrenadante.

Con objeto de determinar una velocidad de centri
fugación mínima para sedimentar la muestra, se
hizo un experimento previo usando agua coagulada
por el método de deshidratación por alcohol - -
(descrito más adelante) ya que, teóricamente, es
el único método que precipita el 100% de los co-
loides. El resultado satisfactorio se encontró -
centrifugando a 6,000 Rpm por 15 min., manteniend
do una temperatura de 25 °C fuera del cabezal.

- Reducción de la D.Q.O.-Es obtenida por la diferen
cia entre la D.Q.O. original y la del sobrenadan
te de centrifugación.

Con el objeto de encontrar el coagulante óptimo -
se diseñaron una serie de experimentos en el si-
guiente orden.

a).- Confirmación de la hipótesis de que la mez-
cla agua-sangre es un sistema coloidal hidro
fílico. Esto se logra agregando un 50% en -

volumen de alcohol (absoluto de preferencia) a la solución coloidal. Si después de esto se agregan pequeñas cantidades de una sal, se debe observar coagulación inmediata. Como es sabido, el alcohol es un agente -- fuertemente deshidratante, de manera que su función es despojar de la capa de hidratación a las partículas coloidales. El coloide ya sin la capa de hidratación no difiere en comportamiento de un coloide hidrofóbico, de manera que cantidades pequeñas de sales-- deben provocar coagulación (Kruyt y Over-- beek-1960).

En el caso particular de este efluente, el agua de mar que contiene hace innecesaria -- la adición de sales por lo que la coagula-- ción debe ser inmediata.

b).- Experimentos de jarra con la adición de Alum.-

Sulfato de aluminio heptahidratado.-Este coagulante es recomendado por muchos autores,- entre ellos Clagget y Wong-1974, Barnett y Nelson-1976 y Marshall Sittig en el Pollu- tant Removal Handbook. Todos ellos reúnen - una gran variedad de efluentes en diferentes

condiciones, coincidiendo en que Alum es el que da mejores resultados, por esta razón - descartamos otros posibles electrolitos.

c).- Experimentos de jara con Alum y alcalinización previa con hidróxido de sodio, en el - rango de mayor precipitación reportado por - Liedo-1978, 7.7 hasta 8.0.

d).- Experimento de jarra con Alum y acidificación previa con ácido sulfúrico, como un - punto de comparación en el rango opuesto de pH.

- MATERIALES. -

- APARATOS.

- 1.- Porcelanas de 50 ml de capacidad.
- 2.- Crisoles Gooch de 25 ml de capacidad.
- 3.- Muffla.
- 4.- Horno secador.
- 5.- Desecador.
- 6.- Balanza analítica capaz de pesar 0.1 mg.
- 7.- Aparato de filtrado al vacío con adaptador - para Gooch.
- 8.- Embudos Buchner.
- 9.- Conos Imhoff.
- 10.- Potenciómetro de campo.
- 11.- Cubeta de muestreo con cabo.

- a).- Solución de sulfato de aluminio (30 ppm/ml.-Diluir 30 gr en 400 ml de agua y aforar a un litro.
- b).- Solución de hidróxido de sodio 1 N (aproximadamente).- Diluir 40 gr de NaOH en 400 ml y aforar a 1 litro después de enfriada la solución a temperatura ambiente.
- c).- Solución de ácido sulfúrico 1 N (aproximadamente). Se diluye el ácido tomando en cuenta que la concentración del reactivo es 12 N.

- RESULTADOS -

a).- Caracterización del efluente.

Las muestras fueron tomadas de la descarga originada por el lanchón de bombeo del muelle de cabotaje de la ciudad de Ensenada, B. C. Se hicieron 11 muestreos desde el 26 de agosto de 1979 -- hasta el 20 de agosto de 1980, siendo limitadas las fechas de muestreo por las irregularidades de la temporada de captura. A continuación se enumera los datos de cada muestreo.

Muestreo # 1

Fecha.-26 Agosto-79
Nombre del Barco.- PP-3
Captura.- 60 Ton. de Anchoveta.
Zona de captura.-La Misión.
Tiempo de captura.-6 horas.

Muestreo # 2

Fecha.-2 de Septiembre-79
Nombre del barco.- PP-2
Captura.- 30 Ton. de Anchoveta.
Zona de captura.-10 millas afuera de Santo Tomás.
Tiempo de captura.- 3 horas.

Muestreo # 3

Fecha.- 23-Septiembre-79
 Captura.- 80 Ton. de Anchoveta.
 Zona de Captura.-Punta Banda.
 Tiempo de Captura.-12 Horas
 Nombre del Barco.-G-1

Muestreo # 4

Fecha.-14-October-79
 Nombre del Barco.-DP-4
 Captura.-13 Ton. de Anchoveta.
 Zona de Captura.-
 Tiempo de Captura.-6 Horas.

Muestreo # 5

Fecha.-10 de Noviembre-79
 Nombre del Barco.-M1-S
 Captura.- 10 Ton. de Anchoveta
 Zona de Captura.- Punta Banda
 Tiempo de Captura.- 5 Horas.

Muestreo # 6

Fecha.-10-Junio-80
 Nombre del Barco.-Bahía Tortugas
 Captura.- 25 Ton. Macarela-Sardina (1.1)
 Zona de Captura.- Dentro de la Bahía
 Tiempo de Captura.-11 Horas

Muestreo # 7

Fecha.-14-Junio-80
 Nombre del Barco.- PP-25
 Captura.- 40 Ton. de Anchoveta
 Zona de Captura.-Dentro de la Bahía
 Tiempo de Captura.-5 Horas

Muestreo # 8

Fecha.-1-Agosto de 1980
 Nombre del Barco.-DP-35
 Captura.-100 Ton. de Anchoveta
 Zona de Captura.-Frente a Rosarito
 Tiempo de Captura.-13 Horas

Muestreo # 9

Fecha.- 1 de Agosto de 1980.
 Nombre del Barco.-IC-25
 Captura.-100 Ton. de Anchoveta
 Zona de Captura.-Frente a Rosarito
 Tiempo de Captura.-16 Horas

Muestreo # 10

Fecha.-20-Agosto-1980
 Nombre del Barco.-T-35
 Captura.-80 Ton. de Anchoveta
 Zona de Captura.-Frente a La Misión.
 Tiempo de Captura.-4.5 Horas

Muestreo # 11

Fecha.-20-Agosto-1980
 Nombre del Barco.-Aries (Bahía Tortugas)
 Captura.-10 Ton. de Anchoveta
 Zona de Captura.-Isla de Todos Santos
 Tiempo de Captura.-5.5 Horas

CARACTERIZACION DEL EFLUENTE

MUESTREO Nº	T.C.	T. A.	T. E.	P. H.	D. Q. O.	G. R.	S. T.	S. S.	S. D.	S. SED.
1	6.0	23.0	20.5	6.8	5510.		40720.	1450.	40600.	20.0
2	3.0	22.0	22.0	6.9	2952.	350.	39460.	1040.	40800.	30.0
3	2.0	23.0	22.5	6.3		10889.	60670.	5920.	44350.	15.0
4	6.0	19.2	18.9	6.8	3123.	4760.	40430.	2140.	39340.	10.0
5	5.0	16.1	16.1	6.6	11225.	801.	41870.	6680.	42330.	16.0
6	11.0	18.0	18.5	6.8	347.	731.	46387.	1880.	35933.	3.5
7	5.0	19.9	18.0	6.4	68773.	18071.	81912.	25400.	56512.	10.0
8	13.0	21.8	21.1	6.6	17907.	7525.	46857.	6250.	41510.	40.0
9	16.0	22.7	21.6	5.6	18604.	3916.	43581.	5080.	38860.	40.0
10	4.5	22.4	21.4	6.6	23285.	2628.	44000.	10710.	40270.	
11	5.5	22.4	22.2	6.7	13942.	6057.	45323.	5275.	39320.	10.0

T. C. TIEMPO DE CAPTURA (horas)

T. A. TEMPERATURA DEL AGUA (°C)

T. E. TEMPERATURA DEL EFLUENTE (°C)

P. H. POTENCIAL HIDROGENO DEL EFLUENTE

D. Q. O. DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/lt)

G. R. GRASAS Y ACEITES (mg/lt)

S. T. SOLIDOS TOTALES (mg/lt)

S. S. SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/lt)

S. D. SOLIDOS DISUELTOS (mg/lt)

S. SED. SOLIDOS SEDIMENTABLES (ml/lt)

PARAMETRO	MEDIA	DESV. EST.
S. D.	41652.77	5529.88
S. S.	7161.67	7029.86
S. T.	47757.77	12310.36
G. R.	4982.11	5192.71
D. Q. O.	17795.33	19515.20
P. H.	6.56	0.37
T. E.	19.98	2.03
T. A.	20.50	2.20
T. C.	7.67	4.25

b).- Coagulación y experimentos de jarra.

Todos los experimentos fueron hechos con agua de desecho originada por anchoveta capturada entre 5 y 7 horas antes de la descarga. Los experimentos 4 y 5 fueron hechos con agua de la descarga de macarela teniendo el doble propósito de probar el coagulante contra un efluente con pocas grasas, sólidos y DQO ya que la macarela y sardina que también se descargan el mismo lugar, son peces más resistentes a la manipulación en puerto y al tener menor cantidad de grasas originan un efluente diluído en comparación con la anchoveta. No se presentan todos los experimentos, solo los más representativos del trabajo realizado.

b1).- Confirmación de la hipótesis de que la mezcla agua-sangre es un sistema coloidal hidrofílico.

Resultados satisfactorios, al agregar 500 ml de meta--nol a 500 ml de sanguesa la coagulación es inmediata - y a los 15 minutos es notoria ya la separación de fa--ses, aunque la sedimentación es lenta. Se confirma la-hipótesis.

b2).- Experimentos de jarra con la adición de alum (sulfato de aluminio).

RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS DE JARRA
EXPERIMENTO #1 (ANCHOVETA)

Al ₂ (SO ₄) ₃ (PPM)	SOLIDOS RECUPERADOS (gr/lit-peso humedo)	VEL. DE SEDIM. en 30 min. (cm./min)	OBSERVACIONES
1000	28.05		
1100	29.23		
1200	33.65		
1300	36.80		
1400	35.87	0.092	
1450	33.92	0.105	conc. optima, velocidad de sed. = 0.25 cm/min en 15 min.
1500	37.61	0.093	val. de sed. decreciendo visible-
1700	40.02	0.087	mente de 1500—1900ppm. exceso de coagulante, hoy floculo grande pero muy estable.
1900	41.60	0.084	

EXPERIMENTO # 2 (ANCHOVETA)

Al ₂ (SO ₄) ₃ (PPM)	SOLIDOS RECUPERADOS (gr/l— peso humedo)	VEL. DE SEDIM. en 30 min. (cm./min)	% REDUCCION D. Q. O.	OBSERVACIONES
1075	40.20		55.87	
1100	43.35	0.417	59.37	buena clarificacion
1125	43.20	0.437	64.30	conc. optima mejor clarificacion
1150	43.50	0.340	61.12	
1175	44.35	0.417	61.16	
1200	46.30	0.396	59.40	
1250	46.95	0.396	63.05	
1300	49.60	0.235		
1400	53.70	0.253		
1500	54.70			
1600	56.40			
1700	56.10			
1800	57.95			

EXPERIMENTO # 3 (MISMO EFLENTE DE ANCHOVETA)
CON ACIDIFICACION PREVIA

Al ₂ (SO ₄) ₃ (PPM)	SOLIDOS RECUPERADOS (gr/l— peso humedo)	VEL. DE SEDIM. en 30 min. (cm./min)	% REDUCCION D. Q. O.	OBSERVACIONES
1125	50.75	0.203		pH=5 con H ₂ SO ₄

NOTA. Este es el unico experimento que dio un resultado positivo con acidificacion previa. Otros resultados fueron dudosos.

EXPERIMENTO # 4

(MACARELLA)

Al ₂ (SO ₄) ₃ (PPM)	SOLIDOS RECUPERADOS (gr/lt — peso humedo)	VEL. DE SEDIM. en 30 min. (cm / min)	% REDUCCION D. Q. O.	OBSERVACIONES
8 0 0	1 6 . 4 0			
9 0 0	1 6 . 3 5			
1 0 0 0	1 5 . 8 0	0 . 6 5 6		
1 1 0 0	1 6 . 3 0	0 . 6 5 0	3 8 . 4 6	
1 2 0 0	1 6 . 1 5	0 . 6 7 5	4 0 . 9 4	
1 2 2 5	1 6 . 5 0	0 . 6 5 8	4 5 . 9 1	
1 2 5 0	1 6 . 1 5	0 . 8 6 7		
1 2 7 5	1 6 . 1 0	0 . 6 7 5	4 1 . 9 4	
1 3 0 0	1 6 . 1 5			
1 3 2 5	1 6 . 3 0			

EXPERIMENTO # 5 (MISMO EFLENTE DE MACARELLA)

ALCALINIZACION PREVIA

Al ₂ (SO ₄) ₃ P P M	SOLIDOS RECUPERADOS gr lt—peso humedo	VEL. DE SEDIM. en 30 min. cm min	% REDUCCION D. Q. O.	OBSERVACIONES
1 2 2 5	1 8 . 5 5	0 . 6 1 0	4 5 . 4 1	pH = 7 . 8
1 2 2 5	1 9 . 1 5	0 . 5 9 3	3 9 . 7 0	pH = 7 . 9
1 2 2 5	1 9 . 1 0	0 . 6 0 7		pH = 8 . 0
				con Na OH

NOTA: pH original = 8.42

Resultados de los experimentos 1, 2 y 4. El experimento No. 4 es para observar el comportamiento del alum en un efluente con bajo contenido de grasas y aceites. (efluente de macarela).

b3).- Experimentos de jarra con acidificación previa. Resultado del experimento No. 3, hecho con la misma muestra del experimento No. 2, bajando el pH hasta 5 y agregando la cantidad óptima determinada en el experimento No. 2.

b4).- Experimentos de jarra con alcalinización previa. Resultados del experimento No. 5, usando la misma muestra -- del efluente del experimento No. 4. Se agregó la concentración óptima de alum determinada en el experimento No.

4.

- DISCUSION DE RESULTADOS.-

Caracterización del efluente vs. tiempo de captura.

Como puede observarse en la matriz de correlación, no existen marcadas correlaciones lineales entre el tiempo de captura y los demás parámetros. La más alta es la que se logra con el pH, siendo signo negativo e indica que a mayor tiempo de captura el pH tiende a disminuir, lo cual es lógico debido a la producción de ácido sulfídrico como resultado de la descomposición bacteriana. Con los

	S. D.	S.S.	S.T.	GR.	D.Q.O.	pH.	T. E.	T. A.	T. C.
S. D.	1	0.92	0.91	0.87	0.93	-0.13	-0.34	-0.85	-0.32
S. S.		1	0.93	0.86	0.93	-0.24	-0.29	-0.63	-0.21
S. T.			1	0.91	0.93	-0.18	-0.31	-0.66	-0.11
G. R.				1	0.90	-0.22	-0.13	0.13	-0.31
D.Q.O.					1	-0.35	-0.18	0.11	-0.11
p H.						1	-0.14	-0.30	-0.65
T. E.							1	0.95	0.17
T. A.								1	0.18
T. C.									1

**COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL CRUZADOS
(MATRIZ DE CORRELACION)**

S.D. SOLIDOS DISUELTOS
 S.S. SOLIDOS SUSPENDIDOS
 S.T. SOLIDOS TOTALES
 G.R. GRASAS Y ACEITES
 D.Q.O. DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO
 p H. POTENCIAL HIDROGENO
 T.E. TEMPERATURA DEL EFLUENTE
 T.A. TEMPERATURA DEL AGUA
 T.C. TIEMPO DE CAPTURA

otros parámetros no se logra un buen ajuste lineal indicando que existen relaciones de orden superior y que se deben conocer otros parámetros además del tiempo de captura, como podrían ser, edad de la población capturada, época del año, longitud de las líneas de bombeo, turbulencia dentro de las líneas de bombeo, etc. También se trataron de sacar relaciones entre estos parámetros y la razón (captura/tiempo de captura) sin ningún resultado positivo. Como era de esperarse se encuentran altos coeficientes de correlación entre DQO, grasas y sólidos (totales, suspendidos y disueltos) ya que todos miden diferentes aspectos de la carga orgánica del efluente. Aún así existe más correlación entre grasas y sólidos totales y entre DQO y sólidos suspendidos. La temperatura del efluente no se ve afectada por el bombeo y, en general, tiene muy pequeñas diferencias con la temperatura del agua, variando con la estación del año.

Todos los parámetros tienen grandes desviaciones estándar, indicando la alta variabilidad de los valores. La demanda química de oxígeno tiene un mínimo de 347 mg/lt y un máximo de 68,773 mg/lt, los sólidos totales un mínimo de 39,460 mg/lt y un máximo de 81,912 mg/lt, las grasas y aceites un mínimo de 350 mg/lt y un máximo de 18,071 mg/lt, los sólidos sedimentables nunca rebasaron los 40 ml/lt en muestreos regulares, pero otras muestras llegaron

a rebasar este límite. El pH siempre estuvo en el rango ácido, desde 6.9 en una muestra de 3 horas de captura hasta 5.6 en otra de 16 horas de captura.

El muestreo No. 6 es el que, en general, presenta valores mínimos en todos los parámetros, ya que aún teniendo 11 horas de captura, el efluente tiene pH = 6.8, DQD = 347 mg/lt, grasas = 731 mg/lt, etc. debido a que esta descarga fué originada por el bombeo de macarela-sardina en proporción de 1.1, reflejando la alta resistencia al manejo de estos dos pescados magros.

Los valores máximos están en el muestreo No.7 que fué un efluente originado por anchoveta con 5 horas de captura, aunque en muy mal estado, debido posiblemente al estado del mar y el movimiento en las bodegas.

En la siguiente tabla se comparan los valores promedio de algunos parámetros de este efluente con otras aguas de desecho de la industria pesquera.

TIPO DE PROCESO	PESCADO	D.Q.O. mg/lt	G.R. mg/lt	pH.	S.D. mg/lt	S.S. mg/lt	S.Sed. ml/lt	REFERENCIA
Fileteado a mano.	Salmon	1,070	341	6.73	193	236	1.02	Lin, Liao, Cochrane-1976
Enlatado	Atun	—	2,401	6.20	—	2,624	—	Barnet y Nelson -1976
Enlatado	Salmon	6,120	440	—	1,850	1,450	—	Claggett y Wong -1974
Recuperación de huevo	Arenque	5,087	—	—	6,337	1,240	—	Claggett y Wong -1974
Bombeo	Anchoveta	17,745	4,982	6.56	41,652	7,162	19.45	—

D. Q. O. Demanda química de Oxígeno, G. R. Grasas y aceites, pH Potencial Hidrógeno, S. S. Sólidos suspendidos, S. D. Sólidos disueltos, S. Sed. Sólidos Sedimentables. (Clave de la tabla)

En todos los parámetros comparados (excepto pH) los valores del efluente de la anchoveta son, con mucho, superiores a los de las otras aguas de desecho. Debemos tomar en cuenta también que la descarga de la anchoveta es solo el primer paso del proceso productivo (en tierra) que conduce a la harina de pescado, en el cual existen otros focos de contaminación y merma de la industria.

Experimentos de jarra.

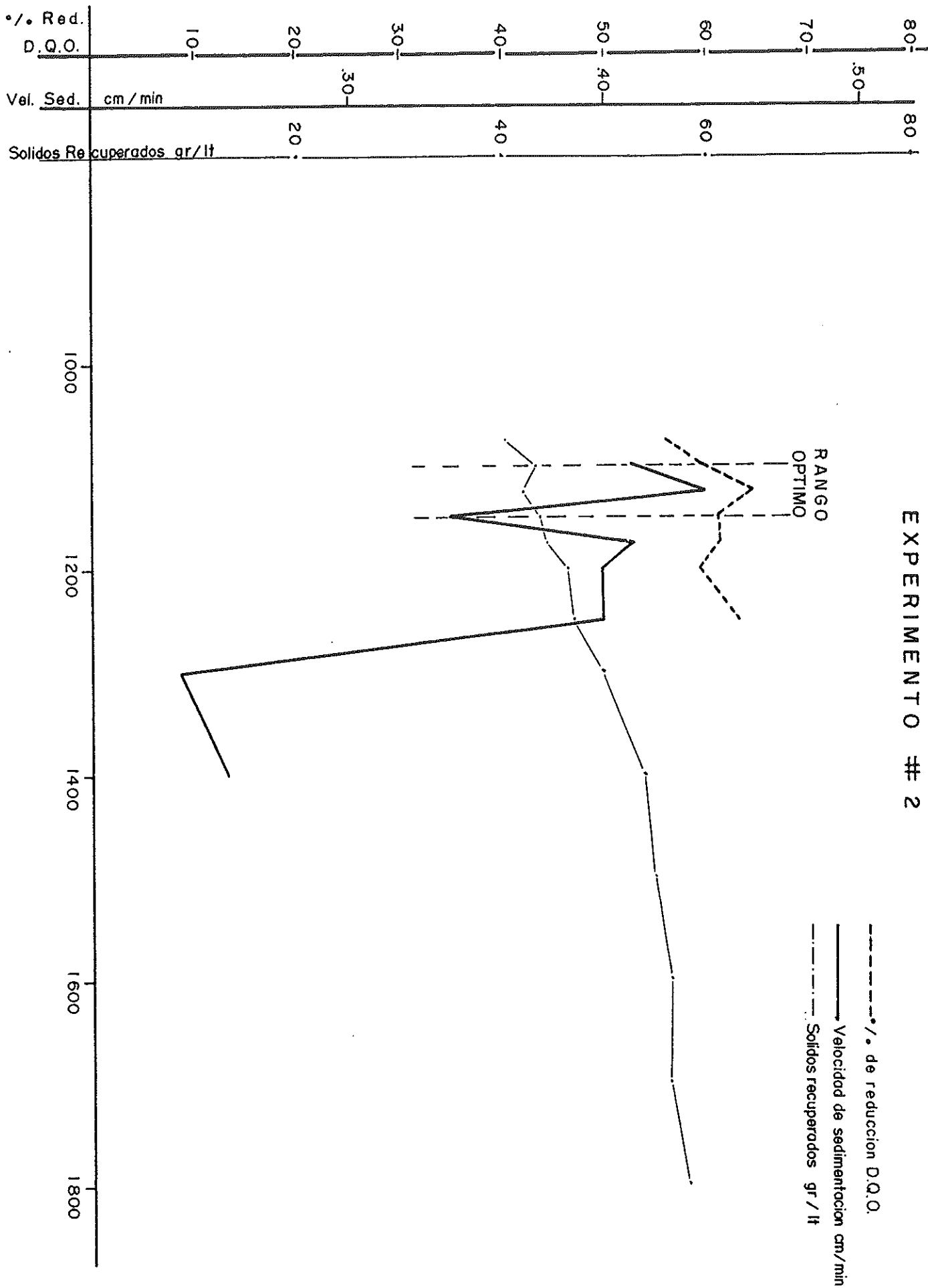
Los experimentos 1, 2 y 4 son en los que se usó solamente alum como coagulante. En las gráficas se observa el comportamiento del efluente al agregar sulfato de aluminio. En todos los casos los sólidos recuperados están en relación lineal con la concentración del alum hasta el punto donde se determinó la concentración óptima, allí la cantidad de sólidos disminuye, la velocidad de sedimentación aumenta al igual que el porcentaje de reducción de la D.Q.O. que en todos los casos se presenta como un pico en la curva haciendo evidente el punto de mayor eficiencia en la remoción de materia orgánica. Una vez pasada la concentración óptima, el porcentaje de reducción de la D.Q.O. disminuye, la velocidad de sedimentación disminuye con fluctuaciones y los sólidos recuperados siguen aumentan

EXPERIMENTO # 1

————— Velocidad de sedimentacion cm/min
 - - - - - Solidos recuperados gr/lit



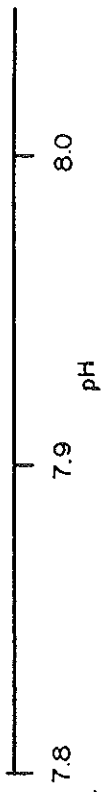
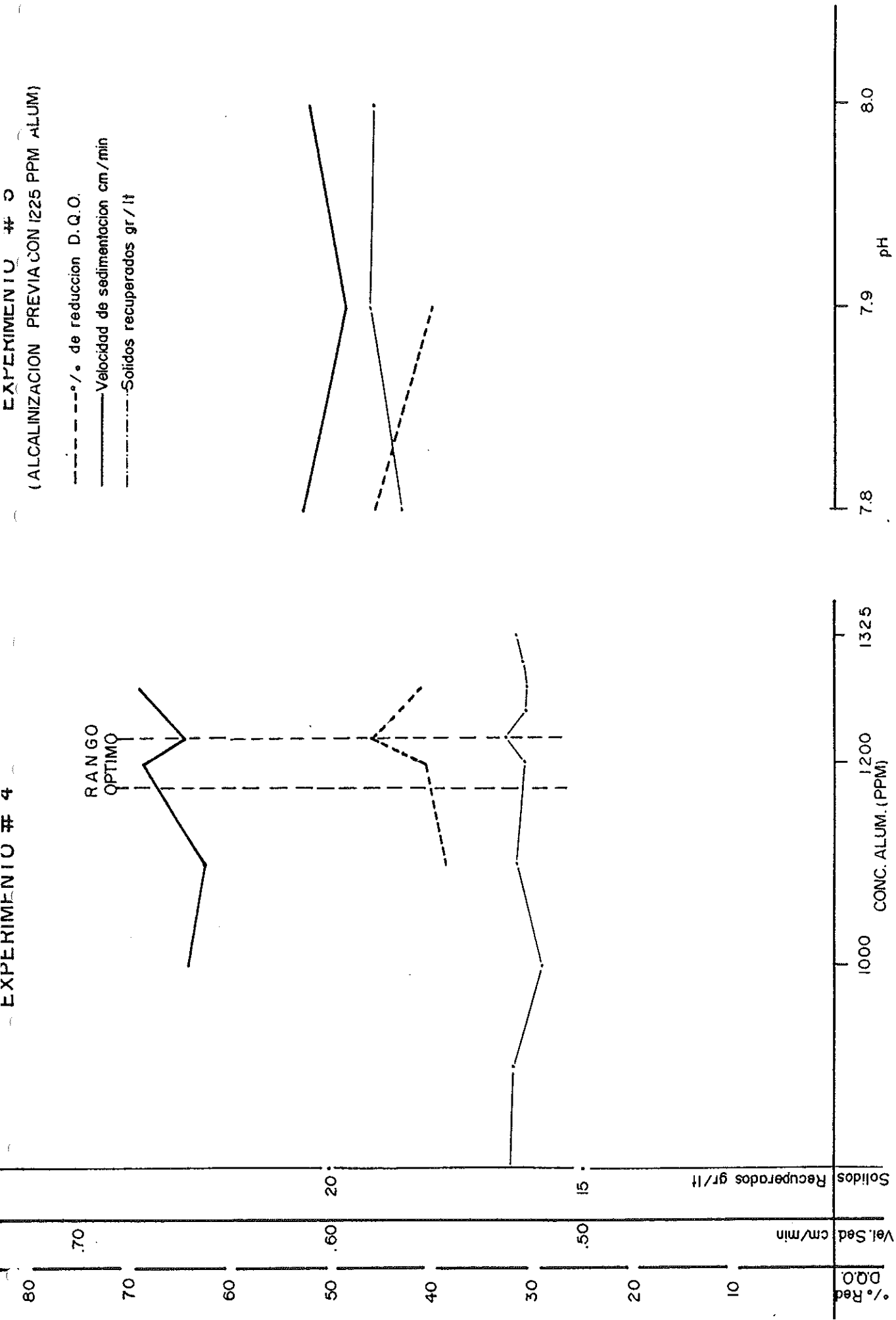
EXPERIMENTO # 2



EXPERIMENTO # 4

EXPERIMENTO # 3
(ALCALINIZACION PREVIA CON 1225 PPM ALUM)

- % de reduccion D.Q.O.
- Velocidad de sedimentacion cm/min
- - - - - Solidos recuperados gr/lt



do. La razón del comportamiento aparentemente invertido de la cantidad de sólidos recuperados puede explicarse de la siguiente forma. Un polimero sale de solución cuando se agrega un electrolito porque es menos soluble en una solución electrolítica concentrada. Este proceso puede ser llamado "Salting Out", donde las moléculas de un soluto son desplazadas del campo eléctrico de iones que están unidos a moléculas polares del solvente. La capacidad de los iones para llevar a cabo este proceso está clasificada dentro de series liotróficas, siendo el ion sulfato el primero de la serie liotrófica de los aniones. Desde luego, a mayor capacidad tenga un ion para ligarse al solvente, menor será la habilidad del medio para disolver la sustancia macromolecular (en nuestro caso, proteínas). (Kruyty Overbeek-1960, Voyutsky-1975).

Entonces lo que probablemente sucede es que al agregar el alum primero actúa el ion sulfato sobre la capa de hidratación, mientras que el ion aluminio se queda en solución para que posteriormente sus productos de hidrólisis precipiten, aumentando la cantidad de sólidos recuperados - al arrastrar consigo algunas partículas ya deshidratadas por el sulfato. El proceso de la hidrólisis de iones metálicos ha sido estudiado - por varios investigadores (Stumm y D'Melia-1968, Packham y Sheiham- - 1977, Black, Sigley, Ehittle y Maulding-1963). En el punto donde la -- concentración de alum es óptima, el ion sulfato ya ha actuado sobre to

das las micelas de proteína y el ion aluminio neutraliza todas las cargas de la doble capa, compriméndola y provocando la agregación en partículas neutras que sedimentan rápidamente. Aquí los productos de hidrólisis del aluminio son mínimos y disminuye el peso de los sólidos recuperados. Una vez pasando la concentración óptima, el aumento del peso de sólidos recuperados es debido al exceso de alum que sigue precipitando productos de hidrólisis y otros coloides hidrofóbicos que seguramente se encuentran en el agua de mar.

Los rangos óptimos determinados son.

EXPTO. No.	TIPO DE EFLUENTE.	CONC. ALUM (PPM)	MAX. % RED DQO	MAX VEL. DE SED. (Gm.min)	MIN. SOLIDOS REC. (gr/lt)
1	ANCHOVETA	1400-1500	-	0.105	33.92
2	ANCHOVETA	1100-1150	64.30	.437	43.20
4	MACARELA	1175-1225	45.91	.675	16.50

Los rangos de concentración varían, según se observó con la concentración de materia orgánica del efluente, aunque siempre están arriba de 1100 ppm y abajo de 1500 ppm. En general, se puede decir que se logra un 60% de reducción de la D.Q.O. con solo el tratamiento químico, teniéndose en promedio 40 kg/ton de sólidos recuperados (peso húmedo). El efluente de macarela no respondió tan bien a es-

te tratamiento lográndose una reducción del 46% de la D.Q.O., aunque la velocidad de sedimentación es mucho más alta que en los otros ca sos, muy probablemente por el bajo contenido de grasas en el agua- de desecho.

El experimento No. 3 es el que presenta los resultados de usar la- dosis óptima determinada en el experimento No. 2 con acidificación previa hasta $\text{pH} = 5$ usando ácido sulfúrico (sugerido por Marshall- Sitting en el Pollutant Removal Hamdbook). De hecho se hicieron -- otros experimentos con acidificación previa, la mayoría resulto en lo que aparentemente era una sobredosis de alum con reestabiliza-- ción del sistema coloidal, bajas velocidades de sedimentación o bien separación en dos fases distintas de materia coagulada, una preci- pitando y la otra ascendiendo lentamente a la superficie. El mejor resultado es el que aquí reporta con una velocidad de sedimentación de .203 cm/min contra .473 cm/min del mismo efluente e igual concen- tración de alum pero sin acidificación previa.

El experimento No. 5 es en el que se usa hidróxido de sodio para - coagular el efluente dentro del rango alcalino sugerido por Hora-- cio Liedo (1978-Tesis Profesional). Se usó el mismo efluente de ma- carela del experimento No. 4, con una dosificación de alum de 1225 ppm.

En este caso conforme se aumenta el pH, la velocidad de sedimentación disminuye levemente, el peso de los sólidos recuperados - aumenta (posiblemente por la formación de productos de hidrólisis del aluminio, ya explicado) y la reducción de la D.Q.O. se mantiene bajo los niveles observados en el experimento No. 4 -- (sin alcalinización). No se observa ninguna ventaja en el uso - de este método.

- CONCLUSIONES -

En relación a la caracterización del efluente se concluye que es un agua de desecho con muy alta carga orgánica, susceptible de - de ser utilizada y que al ser desechada puede tener graves consecuencias dañinas al ambiente.

Concluimos también que la coagulación con sulfato de aluminio es un método que debe tomarse en cuenta en el diseño de una planta - de tratamiento (ver anexo) para la recuperación de sólidos utilizables y purificación del agua, desechando las otras variantes por no encontrarse ninguna ventaja que las haga viables.

A N E X O. -

Observando las capturas de anchoveta en el año de 1979 de las plantas del Arroyo del Gallo y Propemex en Ensenada, B. C. y basándonos en.-

- a) En el bombeo de la anchoveta se utiliza aproximadamente 1 ton. de agua por ton. de pescado.
- b) Considerando un promedio de 40 Kg de sólidos recuperables por el método de coagulación por tonelada de agua de desecho.
- c) Sabiendo que, según análisis de laboratorio, los sólidos recuperados por centrifugación contienen entre el 83-84% de humedad y admitiendo un 85%.
- d) Tomando en cuenta que el precio actual (Feb-1981) de la harina de pescado de 1ra. calidad es de 13,000.00 pesos/ton.

Veamos la siguiente tabla.

MES	TON. DE AGUA	SOLIDOS (Kg-peso húmedo)	SOLIDOS (Kg-peso seco)	PRECIO EN EL MERCADO(MN)
ENERO	289.6	11,584.	1,737.60	22,588.80
FEBRERO	594.2	23,768	3,565.20	46,347.60
MARZO	83.1	3,324	498.60	6,481.80
ABRIL	64.1	2,565	384.75	5,001.75

MES	TON. DE AGUA	SOLIDOS (Kg-peso húmedo)	SOLIDOS (Kg-Peso seco)	PRECIO EN EL MERCADO (MN)
MAYO	2,507.3	100,292	15,043.80	195,569.40
JUNIO	1,923.5	76,940	11,541.00	150,033.00
JULIO	6,717.8	268,712	40,306.80	523,988.40
AGOSTO	6,317.7	252,708	37,906.20	492,780.60
SEPTIEMBRE	5,33.0	213,320	31,998.00	415,974.00
OCTUBRE	7,456.1	298,244	44,736.60	581,575.80
NOVIEMBRE	8,692.4	347,696	52,154.40	678,007.20
DICIEMBRE	4,652.4	186,096	27,914.40	362,887.20

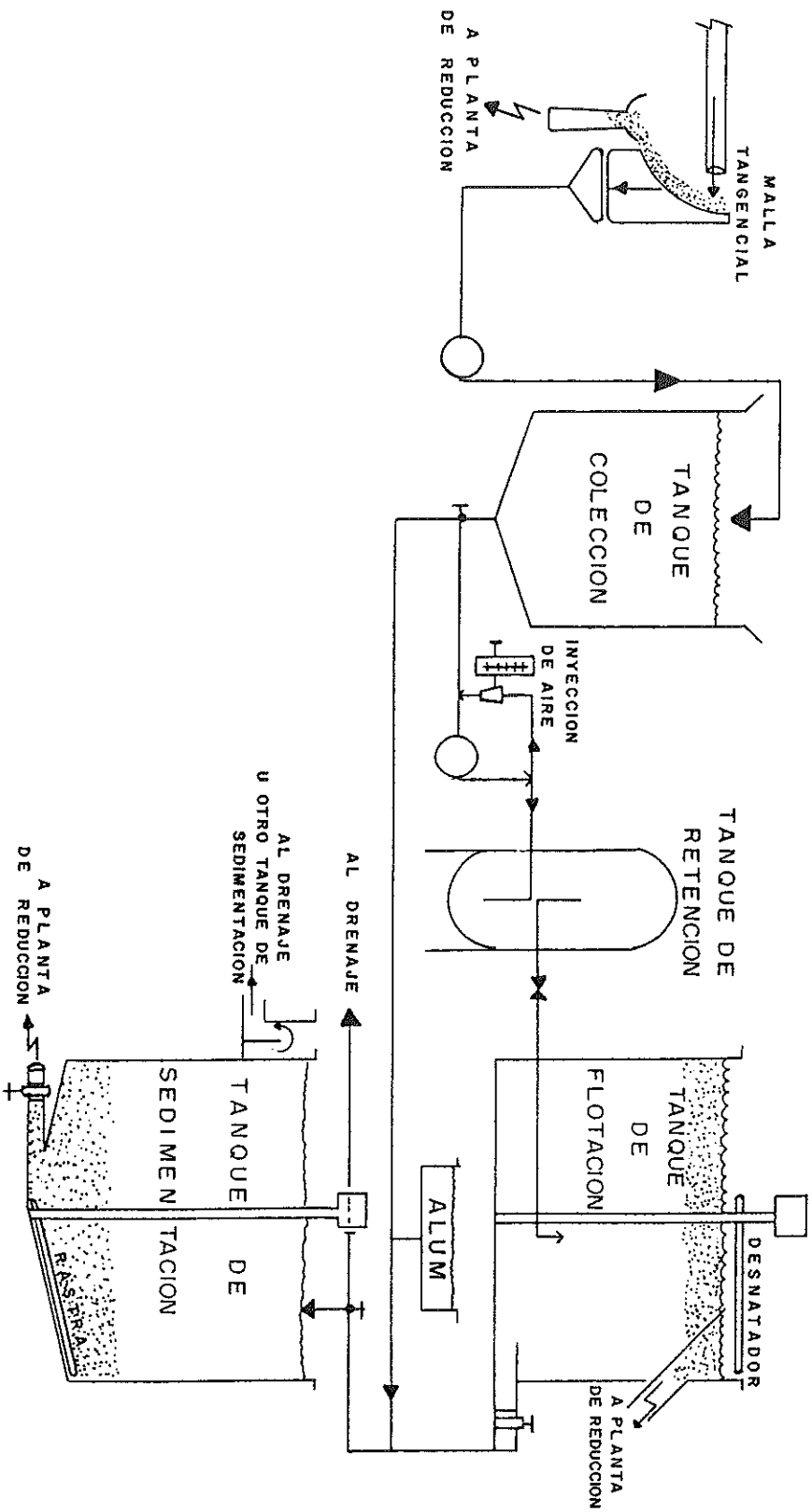
(FUENTE .- ESTADISTICAS DEL DEPARTAMENTO DE PESCA, ENSENADA, B.C.)

De aquí es claro que un problema importante a resolver es el de tener la planta de tratamiento trabajando de la manera más continúa posible, para que el rendimiento haga posible la instalación. Por esto el diseño debe ser flexible para poder aceptar diferentes aguas de desecho en la temporada baja de anchoveta como podría ser el desecho de plantas cocedoras de langosta, enlatadoras, etc.

Ahora bien, el lanchón de bombeo de la anchoveta en el muelle de cabotaje, descarga aproximadamente 10 ton/hora, haciendo un gasto de 2.78 lt/seg, se manera que la planta de tratamiento debe hacerse pensando en un gasto máximo de 4 lt/seg., el cual es mas bien pequeño -

y manejable por una planta piloto o de mediana escala.

El sistema de tratamiento que aquí se propone, es una modificación del diseño de Claggett y Wong-1974, usando la flotación por aire antes de la coagulación, no al mismo tiempo, como ellos proponen. El sistema es sencillo, el agua entra a través de una malla tangencial para la retención de los sólidos mayores, de donde pasa a un tanque de colección con objeto de regular el flujo hacia el sistema de flotación por aire. Este consta de un tanque de retención y un tanque de flotación con desnatadores. Al tanque de retención se introduce el agua a presión por medio de una bomba centrífuga y una válvula de control hasta una presión de 3 atmósferas. Se inyecta aire dentro de la bomba en una proporción de 2% en volumen, por medio de un compresor. El tiempo de residencia en el tanque es de aproximadamente 1 minuto, para asegurar el contacto agua-aire hasta cerca de la saturación. Una válvula de control asegura la caída rápida de la presión mientras sale el agua hacia el tanque de flotación. Además crea turbulencia que rompe cualquier flóculo formado anteriormente, así el aire al salir de la saturación en finas burbujas arrastra consigo partículas que serán removidas de la superficie por desnatadores. Del fondo del tanque de flotación pasa el agua semi-clarificada hacia el tanque de sedimentación, mientras el alum se va dosificando-



Modificacion del diseño propuesto por Claggett y Wong—1974

directamente a la tubería desde un tanque de fibra de vidrio, usando un dosificador regulable a las condiciones del agua de desecho. En el fondo del tanque de sedimentación se instalan rastras, que encaminan los sólidos hacia la tubería que los integra a la planta de reducción por medio de bombas de diafragma. Si el sedimento contiene demasiada agua para entrar directamente el proceso de reducción es posible utilizar tanques de concentración o bien, para mayor rapidez y continuidad del proceso, super-decanter o centrifugas que también separarían los aceites remanentes en el sedimento.

Este diseño es lo bastante flexible como para, dependiendo de las condiciones, utilizar solamente flotación por aire o solamente coagulación, para bajar los costos de operación al usar fuentes alternativas de aguas de desecho.

En el caso del efluente de la anchoveta es necesario utilizar ambas, -flotación y sedimentación, ya que según las pruebas de jarra, las grasas interfieren fuertemente con la velocidad de sedimentación, de manera que primero se eliminan éstas por flotación por aire y después - se procede a aplicar el método de coagulación química para precipitar el grueso del material orgánico, lo cual se logra con más rapidez al aumentar la velocidad de sedimentación, contribuyendo a mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento. Además, otros autores (Jones-1974,

Litchfield-1974, Barnett y Nelson-1976) reportan reducciones de sólidos totales, D.B.O, D.Q.O. y grasas entre el 85 y 95%, usando sistemas de tratamiento similares a este.

Ahora bien con respecto al costo de empleo de sulfato de aluminio haremos las siguientes consideraciones.-

- a) Que la planta trabaje 10 horas continuas a plena capacidad (4 lt/seg.
- b) Que se utilicen 1.5 gr/lt (1500 ppm) de alum.
- c) Precio actual de la harina de pescado de 1ra. clase.-\$ 13,000.00 ton.
- d) Precio máximo del alum.-(Feb-1981) \$ 9,023.45 Ton.

FUENTE.- QUIMICA DEL NOROESTE.
MEXICALI, B. C. (8-73-12)

Entonces, en 10 horas de trabajo procesan 144,000 lts. de agua de desecho, rindiendo 5,760 Kg de sólidos (únicamente por tratamiento-químico) en peso húmedo y 864 kg en peso seco (harina).

864 Kg = \$ 11,232.00 (M.N.)
gastando 216 kg de sulfato de aluminio 216 kg = \$ 1,949.10

Con esto podemos concluir que el uso de este coagulante es económicamente factible, más aún, si mediante el uso de polielectrolitos se puede reducir la cantidad de sulfato de aluminio, lo cual se investigaría sobre la planta ya instalada. Benedek y Bancsi-1977, recomien

dan polielectrolitos anionicos, que tengan de un 10-20% de hidrólisis, de peso molecular mayor de 8×10^6 y en estado sólido. Clagget y Wong-1974, proponen Polyfloc 1200 de laboratorios Betz, que además cumple con los requisitos antes dichos.

Por último se puede introducir variantes en el uso de los sólidos recuperados, con objeto de aumentar las ganancias sobre el costo del proceso y hacerlo más factible económicamente. Un ejemplo de esto es la formación de granjas de cría de animales de pieles finas (mink) en el norte de Oregon (Sanford-1957) alimentados con los desechos del proceso del atún. O bien reducir concentrados proteínicos para consumo humano por medio de digestión enzimática de los desechos (Bucove y Pigott-1976).

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 13 th. Edition, 1971.
- 2.- Barnett, H. J and Nelson, R W. A Preliminary Report on Studies to Develop Alternative Methods of Removing Pollutants from Tuna- (Albacore) Process Wastewater. Proc. 6 th. Natl. Symp. Food Processing Wastes, 407, EPA 600/2-76-224.
- 3.- Benedek, A. and Bancsi, J. J. Comparative Evaluation of Commercial Polyelectrolytes for Flocculating Alum Precipitated Wastewater. Prog. Wat. Tech. Vol 9, pp. 33-42, Pergamon Press, Great Britain 1977.
- 4.- Bewick, W. M. Handbook of Organic Waste Conversion. Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series. New York-1980.
- 5.- Black A. P., Buswell A. M., Eidsness F. A. and Black A. L. Review of the Jar Test. Jour AWWA, Nov. 1957, pp. 1415 - 1423.
- 6.- Black A. P. and Willems D. G. Electrophoretic Studies of Coagulation for Removal of Organic Color. J. Amer. Waterwks. Ass. (1961), 53, 589.
- 7.- Black A. P., Singley J. E, Whittle G. P. and Maulding J. S. Stoichiometry of the Coagulation of Color-Causing Organic Compounds with Feric Sulfate. Jour. Amer. Waterwks. Ass. (1963), 55, 1947.
- 8.- Boadway, J. D. Determination of Sediment Settling Rates by Nonlinear Regression. Jour. WPCF, April 1978, pp. 698-701.
- 9.- Bucove, G. O. and Pigott, G. M. Pilot Plant Production of a Functional Protein from Fish Waste by Enzymatic Digestion. Proc. 7th. Natl. Symp. Food Processing Wastes. EPA 600/2-76-304. Cincinnati, Ohio-1976.
- 10.- Castellan, G. W. Physical Chemistry Second Edition. Addison Wesley. New York-London 1971.
- 11.- Clagget, F. G. and Wong, J. Treatment of Fish Processing Plant Wastewater. Fish. Res. Board of Canada, Bull. No. 189, 1974.
- 12.- Cohen, J. M. Improved Jar Test Procedure. Jour AWWA, Nov. 1957, pp. 1425-1431.
- 13.- Chang Reyes, L. Contaminantes Potenciales que pueden afectar a los Organismos del Ambiente Marino a lo largo de la Costa del Perú.-Marine Pollution and Sea Life. Fishing News (books) Ltd. FAO 1972, pp. 106-109.

- 14.- Dugan, P. R. Biochemical Ecology of Water Pollution. Plenum - Press. New York - 1972.
- 15.- Gregory, J. Interaction of Unequal Double Layers at Constant-Charge. J. Colloid Interface Sci. (1975), 51, 44 .
- 16.- Gulas V. , Benefield L. and Randall C. Factors affecting the design of dissolved air flotation systems. Water Pollut. Contr. Fed. Journal 50(7). 1835-1840, julio 1978 .
- 17.- Hall E. S. and Packham R. F. Coagulation of Organic Color with Hydrolyzing Coagulants. J. Amer. Waterworks Ass. (1965), 57, 1149.
- 18.- Hopkins S., Bean L. Water Purification Control. Ed. Williams- and Wilkins 4th. Ed. 1920.
- 19.- Jackson N. E, Techniques in the Use of Liquid Alum. Jour AWWA Oct. 1957, pp. 1315-1323.
- 20.- Jones, H. R. Pollution Control in Meat, Poultry and Seafood - Processing. Pollution Technology Review No. 6, Noyes Data Corporation 1974.
- 21.- Kruyt, H. R. and Overbeek, J.T.G. An Introduction to Physical Chemistry. William Heinemann Ltd. 1960.
- 22.- Liedo, H. Inducción a Floculación de Materia Orgánica en Agua de Mar. Tesis Profesional. E.S.C.M., Ensenada, B. C. 1978.
- 23.- Lin S. S, Liao P. B., Cochrane M. W. A Wasterwater Treatment -- Study for Skokomish Salmon Processing Plant. Proc. 7th Natl. - Symp. Food Processing Wastes, 21, EPA 600/2-76-304, Cincinnati Ohio, 1976.
- 24.- Litchfield, J. H. Meat, Fish and Poultry Processing Wastes. -- Jour. WPCF, Vol. 46, No. 6, June 1974, pp. 1227-1231.
- 25.- Litchfield, J.H. Meat, Fish and Poultry Processing Wastes. Jour WPCF, Vol. 50, No. 6, June 1978, pp. 1201-1207.
- 26.- Meo M., Day J.W. and Ford, T. B. Land Treatment of Fish Processing Wastes on Dredge Spoil Sites. Comparative Cost Evaluations. Coastal Zone Management Journal, Vol. 3, No. 3, 307-318, 1977.
- 27.- Overbeek, J. th.6. The Current State of Colloid Science. Chem.- Brit. 8(9), 370-371, 1972.
- 28.- Packham, R. F. and Sheiham, I. Developments in the Theory of Coagulation and Flocculation. Institution of Water Engineers and - Scientists Journal, 31(2). 96-108. Marzo-1977.

- 29.- Pilipovich J. B., Black A. P., Eidsness F. A. and Stearns T. W.-
Electrophoretic Studies of Water Coagulation. J. Amer Waterwks-
Ass. (1958), 50, 1467.
- 30.- Riddick, T. M. Zeta Potential and its Application of Difficult-
Waters. J. Amer. Waterwks. Ass. (1961). Ass. (1961), 53, 1007.
- 31.- Ryder, R. A. State of the Art in Water Treatment. Design, Ins-
trumentation, and Analysis. Jour. AWWA, Nov. 1977, pp. 612-620.
- 32.- Sanford, F. B. Utilization of Fish Waste in Northern Oregon for
Mink Feed. Comercial Fisheries Rev. 19, 12. 40-47, 1957.
- 33.- Sittig, Marshall. Pollutant Removal Handbook. Noyes DATA Corp.
New Jersey 1973.
- 34.- Skinner, E. C. Effluent treatment by Centrifugal Force. En. Solid
Waste Treatment and Disposal, 1971, pp. 151-156.
- 35.- Sole Einar. Discharge of Fish for Meal and Oil Production. Aug.
18 1977. Myren Corp., Norway.
- 36.- Stumm, W. and O'Melia, C. R. Stoichiometry of Coagulation. J. -
Amer. Waterwks. Ass. (1968), 60, 514.
- 37.- Toma, R. B. and James, W. H. Nutritional Evaluation of Protein-
from Shrimp. Cannery Effluent (Shrimp waste Protein). J. Agric.
Food Chem. Vol. 23, No. 6, 1975.
- 38.- Voyutsky, S. Colloid Chemistry. MIR Publishers, Moscow-1978.
- 39.- Waste Reduction in Food Canning Operations Wat. Pollut Contr. -
Res. Ser. 12060-08/70, 1970.
- 40.- Zoltek, J. and Melear, E. L. Wastewater Treatment, Physical and
Chemical Methods, Literature Review. Jour WPCF, June 1978, pp.-
1066-1075.