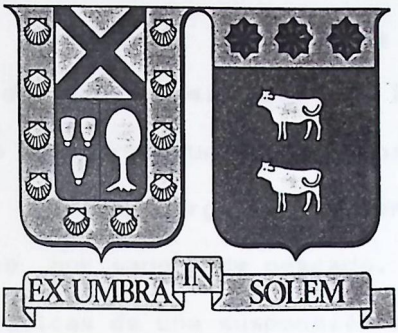
Morc 54571

M
AR663t
1993



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

VALPARAISO - CHILE

FACULTAD DE INGENIERIA

Departamento de Procesos Químicos



TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PESQUERA NACIONAL

Memoria para optar al Título de:

INGENIERO DE EJECUCION QUIMICO MENCION OPERACIONES

Profesor Guía: Dra. Lorna Guerrero S.

RICARDO ARAYA PALACIOS

UNIVERSIDAD TECNICA
FED. SANTA MARIA
BIBLIOTECA CENTRAL
Inventario: M 11536.02

- ENERO 1993 -

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es estudiar las condiciones óptimas de temperatura y acidez para el tratamiento de aguas residuales de la industria pesquera nacional. Las aguas residuales mencionadas consisten en agua de mar con una gran carga de materia orgánica, formada principalmente por sangre de pescado. Esta mezcla presenta las características de una suspensión coloidal, con una gran cantidad de proteínas suspendidas en el agua.

Las condiciones óptimas serán aquellas que den como resultado del tratamiento de las aguas residuales un producto lo más cercano al agua de mar. Es decir, lo ideal en este caso es retornar el agua con las mismas características que cuando fue sacada del mar.

Para facilitar el tratamiento del agua residual se utilizó la propiedad de las proteínas consistente en que bajo ciertas condiciones se desestabilizan y coagulan. La desestabilización de las proteínas se produce por diversos factores, y en el presente trabajo se eligieron la temperatura y el pH por ser los de mayor factibilidad económica para ser aplicados a nivel industrial.

La comparación de la efectividad de los tratamientos aplicados al agua residual simulada a nivel de laboratorio, para distintas condiciones de temperatura y acidez, se realizó midiendo la transmitancia del agua resultante y la

concentración de sólidos suspendidos, pudiendo así determinar las condiciones óptimas del tratamiento.

Una vez que las condiciones óptimas del tratamiento fueron determinadas, se procedió a medir el porcentaje de materia orgánica que fue eliminada. La medición de esta materia orgánica se realizó midiendo la D.Q.O. (demanda química de oxígeno) del agua de mar, del agua residual y del agua después del tratamiento.

Con el resultado del porcentaje de materia orgánica eliminada, se procedió a compararlo con las cifras dadas por un proyecto de ley existente, el cual exige un 80% de remoción para las industrias existentes y un 90% para las industrias nuevas (el porcentaje de remoción se entenderá aplicado al máximo promedio mensual de materia orgánica descargada).

Las condiciones óptimas que se obtuvieron para optimizar el tratamiento fueron las siguientes:

- Calentar el agua de descarga a 70°C durante 5 minutos.

- Agregar ácido para obtener un valor de pH levemente superior a 3.0.

- Luego del tratamiento tèrmico y de acidez, se debe proceder a filtrar, evitando pasos intermedios como la centrifugación o sedimentación de los sólidos suspendidos debido a que estas particulas al ser filtradas forman un queque o torta sobre el filtro con la propiedad de retener o

filtrar partículas coloidales más pequeñas que las retenidas por el filtro.

Con el tratamiento aplicado bajo las condiciones óptimas se logró un 73% de eliminación de la materia orgánica presente en el agua residual tratada, ya que la D.Q.O. disminuyó desde 4233 p.p.m. que tenía el agua antes del tratamiento a 1093 p.p.m. una vez que esta fue tratada.

INDICE

Página

I. INTRODUCCION 01

II. CONCEPTOS GENERALES 04

2.1.Concepto de calidad del agua 04

2.2.Tratamiento de aguas 04

2.3.Efectos de la materia orgánica 06

2.4.Operaciones para el tratamiento de suspensiones 07

2.5.Clasificación de las suspensiones 09

2.6.Coagulación 10

III. CONCEPTOS Y BASES TEORICAS DE LA EXPERIMENTACION ... 12

3.1.Transmitancia 12

3.2.Estabilidad y desestabilización de los sistemas coloidales inorgánicos 13

3.3.Estabilidad de las proteínas 14

3.4.Desnaturalización y precipitación de proteínas 17

3.4.1.Desnaturalización por pH 18

3.4.2.Desnaturalización por temperatura 19

IV. PLANIFICACION DEL TRABAJO 23

4.1. Simulación de las aguas residuales 23

4.2. Procedimiento experimental para el tratamiento de las aguas residuales 25

4.3. Comparación de la calidad de las aguas resultantes 27

V. DESARROLLO Y RESULTADOS 27

5.1. Determinación de la longitud de onda de trabajo 28

5.2. Influencia de la variable temperatura en la efectividad del tratamiento 29

5.3. Influencia del valor de pH en la efectividad del tratamiento 34

5.4. Relación entre cantidad de ácido agregado y pH medido 38

5.5. Mediciones realizadas con acidez y sin centrifugación 41

5.6. Compraración entre tratamientos con y sin centrifugación 44

5.7. Influencia de la alcalinidad en los tratamientos 46

5.8. Influencia de temperaturas superiores a 90°C 48

VI. ANALISIS DE RESULTADOS 50

VII. CONCLUSIONES 54

RECOMENDACIONES 55

REFERENCIAS 56

APENDICE DE TABLAS 57

Algunas zonas costeras de Chile presentan un gran problema de contaminación (Talcahuano, Iquique, San Antonio y otras localidades) debido a la operación industrial, sobre todo aquellas en las cuales se produce harina y aceite de pescado.

La causa de esta contaminación es la descarga de aguas residuales con un alto contenido de materia orgánica cuyo efecto contaminante se explica más adelante.

A continuación se observa un esquema típico de una planta de procesamiento de harina de pescado y sus distintos flujos de aguas residuales.

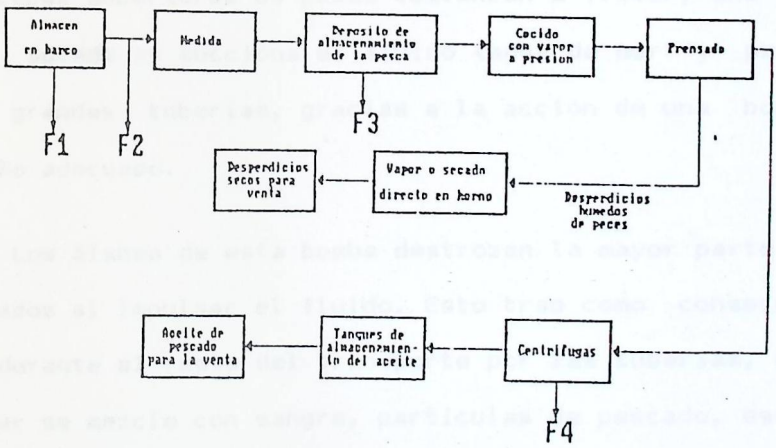


Figura 1.1. Diagrama de una planta productora de aceite y harina de pescado. (1)

F1.-Estos vertidos provienen de las bodegas de almacenamiento de los barcos cuando el pescado se saca de los compartimientos correspondientes.

F2.-Esta agua es utilizada para tranportar el pescado, desde el barco a las bodegas. Las impurezas de estas aguas residuales consisten principalmente en sangre, particulas de pescado, escamas y espuma aceitosa.

F3.-Estos residuos se producen debido a la presión que ejercen las capas superiores de pescado sobre las inferiores, cuando es almacenado. Estos líquidos tienen una gran concentración de sangre y sólidos disueltos.

F4.-Esta agua es la que se separa del aceite de pescado mediante centrifugación. Es el flujo con mayor cantidad de materia orgánica, pero no representa un gran problema ya que su volumen es pequeño.

El mecanismo para transportar la carga desde las bodegas del barco hasta los depósitos de almacenamiento se basa esencialmente en fluidizar el pescado, para así con la ayuda de bombas poder transportarlo. Se agrega agua de mar a los compartimientos del barco que contienen pescado, hasta que las capas superiores de peces comienzan a flotar, una vez que esto sucede se succiona el fluido (agua de mar y pescados) por grandes tuberías, gracias a la acción de una bomba de tamaño adecuado.

Los álabes de esta bomba destrozan la mayor parte de los pescados al impulsar el fluido. Esto trae como consecuencia, que durante el resto del transporte por las tuberías, el agua de mar se mezcle con sangre, particulas de pescado, escamas y espuma aceitosa. Antes de llegar a las bodegas de almacenamiento el fluido es cribado, es decir, se separan los pescados del agua residual al pasar a través de rejillas.

Así la pesca es almacenada y el agua residual se

transforma en un problema debido a su gran volumen y su alto contenido de materia orgánica, esta agua es la que corresponde al flujo F2 de la figura 1.1, y el presente trabajo tiene como objetivo estudiar las condiciones óptimas para su tratamiento, es decir, las condiciones de acidez y temperatura para las cuales se logre eliminar la mayor cantidad de materia orgánica tratando que los niveles de esta sean lo más cercanos posible a los niveles que tenía el agua de mar antes de ser utilizada.

II.-CONCEPTOS GENERALES

2.1.-Concepto de calidad del agua

El agua disponible para el consumo, tanto de los seres humanos, como en general para todo tipo de vida superior, se origina en fuentes subterráneas y superficiales, presentando una gran variabilidad de componentes disueltos o en suspensión. El hombre a su vez le da una gran variedad de usos, como el abastecimiento público para consumo humano, utilización en la industria (el que comprende una amplia gama de requerimientos), para la vida acuática, para recreo, para utilización agrícola, abrevadero de ganado y muchos otros.

Cada uno de estos usos específicos tiene una calidad del agua ideal, es decir, que se tiene que la calidad de agua es función de la utilización que se le dará al líquido. Por ejemplo, el agua de mar libre de contaminación tiene una buena calidad para una infinidad de vida acuática o para ser utilizada para recreo, sin embargo esa misma agua tiene una mala calidad para su utilización en la agricultura.

2.2.-Tratamiento de aguas

Se entiende por un proceso de tratamiento de aguas, el conjunto de operaciones que deben aplicarse al agua para remover o transformar aquellos aspectos físico-químico-biológicos característicos que presenta en la fuente para dejarla con los requisitos que exigen su uso o destino.

Los tratamientos que se aplican al agua se pueden dividir en dos grandes grupos, dependiendo del sentido de flujo del agua entre la fuente y la planta de tratamiento.

El primer grupo comprende aquel flujo que va desde la fuente hacia la planta de tratamiento. Como por ejemplo, el ablandamiento de agua (eliminación de algunas sales inorgánicas) para poder utilizarla en procesos industriales, otro ejemplo es el tratamiento aplicado al agua que está destinada al consumo humano, a ésta se le eliminan la mayor parte de las partículas suspendidas y todos aquellos elementos tóxicos o bacteriales que podrían llegar a ser perjudiciales para la salud humana. En resumen, los distintos tratamientos que se aplican a este grupo tienen por objeto obtener un agua de la mejor calidad posible, equilibrando los beneficios que se obtienen con los costos que implican los tratamientos.

El segundo grupo abarca las aguas residuales, es decir, el agua que es devuelta a las fuentes luego de haber sido utilizada con distintos fines y en las cuales puede ir un sinnúmero de agentes contaminantes como: materia orgánica, productos químicos tóxicos, ácidos o álcalis, sólidos en suspensión, agua a temperatura elevada, compuestos que producen espumas, microorganismos, etc. El objetivo del tratamiento que se le aplica a estas aguas residuales, es que una vez devueltas éstas a las fuentes o cursos de origen (mar, lagos, ríos) no afecten el ecosistema ni el entorno, es decir, el ideal es devolver el agua en el mismo estado en que

se encontraba antes de ser utilizada. (2)

El término ecosistema se refiere al sistema en el cual están inmersos todos los seres vivos y la forma como están estos interralacionados entre sí.

Con respecto a las consecuencias que producen los agentes contaminantes, a continuación se explican los efectos de uno de ellos, específicamente de la materia orgánica.

2.3.-Efectos de la materia orgánica

La materia orgánica consume el oxígeno de las aguas y crea olores desagradables, en general condiciones sépticas. Los peces y la mayor parte de la vida acuática se asfixian por falta de oxígeno, y la concentración de éste combinada con otras condiciones determina en los ríos, lagos o mar la vida o muerte de los peces. En general, el líquido para la supervivencia de los peces debe contener a lo menos 3' ó 4 partes por millón de oxígeno disuelto. (3)

La causa de esta disminución de oxígeno se debe a que las aguas sembradas de materia orgánica, son un ambiente ideal para el desarrollo de una infinidad de bacterias, las cuales mientras haya oxígeno en el agua, degradan los almidones, las grasas, las proteínas y los hidratos de carbono, produciendo compuestos tales como agua, dióxido de carbono, nitratos y sulfatos. Pero cuando se acaba el oxígeno disuelto, mueren determinados tipos de bacterias, y sólo otras capaces de extaer el oxígeno de los compuestos

restantes puede sobrevivir. Estas últimas finalmente producirán compuestos minerales y orgánicos, además de gases nocivos, tales como el ácido sulfhídrico, el amoníaco y mercaptanos; así llegan los líquidos residuales a condiciones sépticas.

Una forma de medir la cantidad de materia orgánica contaminante, es mediante la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O), que se expresa en concentración de O_2, y cuya definición se basa en la cantidad de oxígeno disuelto requerido para degradar el carbono presente en la materia orgánica, transformándolo en dióxido de carbono (se incuba una muestra cerrada a 20 °C, durante 5 días y se mide el oxígeno consumido). (4) Otra forma de medir la materia orgánica disuelta es con la demanda química de oxígeno (D.Q.O.), la cual también se expresa en concentración de O_2 e indica la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica disuelta en una muestra, utilizando para esto un procedimiento basado en reacciones químicas. Es decir, en el primer caso (D.B.O) son microorganismos los que degradan la materia orgánica y en el segundo caso (D.Q.O) se utilizan elementos inorgánicos como agentes oxidantes.

2.4.-Operaciones en el tratamiento de suspensiones

Dada la gran diversidad de agentes contaminantes y la gran variedad de usos que tiene el agua, todo proceso de tratamiento de aguas va a tener características propias, es decir, las plantas de tratamientos van a diferir en distintos

grados unas de otras. Sin embargo hay operaciones que se repiten y que son clásicas en estos procesos, las cuales originan cambios en la concentración de una sustancia específica, por desplazamiento de dicha sustancia al interior o exterior del agua. Algunas de estas operaciones son: transferencia de gases, coagulación química, precipitación química, intercambio iónico, adsorción, estabilización de solutos, sedimentación, flotación, filtración, centrifugación, etc.

De todas las operaciones mencionadas anteriormente hay un grupo que tiene un objetivo común y que es el de extraer los sólidos suspendidos presentes en el agua. Además tienen una característica común y es que serán más efectivos y eficientes mientras mayor sea el tamaño de las partículas presentes en el agua. Las operaciones de este grupo son: sedimentación, filtración y centrifugación. A su vez la operación básica para aumentar el tamaño de las partículas disueltas en el agua, es la coagulación sea ésta por factores químicos o físicos.

Resumiendo, a mayor tamaño de las partículas dispersas en el agua, se requiere un menor esfuerzo para separar las fases sólidas y líquidas. Y el primer paso que se debe dar para aumentar el tamaño de las partículas coloidales o semicoloidales (bajo 0.1 mm. de diámetro) es la coagulación.

Cabe señalar que existen otras variables que influyen en la efectividad de las 3 operaciones citadas anteriormente

como la concentración de los sólidos suspendidos, la densidad de las partículas (en el caso de sedimentación y centrifugación), la forma de las partículas, etc.

2.5.-Clasificación de las suspensiones

Las suspensiones se clasifican en base a dos criterios: el tamaño de las partículas dispersas en el solvente y la velocidad de precipitación de las partículas en el medio dispersante. Así se tiene la siguiente clasificación:

a)Suspensión gruesa: Si el tamaño es superior a 0.1 mm de diámetro o su velocidad de sedimentación es superior a 2 (m/día).

b)Suspensión semi-coloidal: Aquí el tamaño de las partículas fluctúa entre 0.1 y 0.0001 mm de diámetro. Su velocidad es superior a 0 (m/día) e inferior a 2 (m/día).

c)Suspensión coloidal: Cuyos tamaños son inferiores a 0.1 micrón y mayores a 1.0 milimicrón. A estas suspensiones las caracteriza la estabilidad que tiene el sistema disperso que mantiene en suspensión indefinida a las partículas, estructurando soles (partículas coloidales que se caracterizan por tener cargas en la superficie y estar rodeadas por una atmósfera de contraiones de carga inversa) (ver figura 2.2). "Su presencia se hace visible por un enturbiamiento que se manifiesta en el agua quitándole transparencia y presentándose como un leve y tenue velo opalescente, que le quita nitidez a las figuras e imágenes

que se observan a su través. Al ser cruzada por un rayo luminoso su trayectoria choca contra las partículas haciéndolas visibles." (5) La velocidad de sedimentación de estas suspensiones es nula.

d)Disoluciones coloidales: Sus tamaños son inferiores a 1.0 milimicrón de diámetro hasta tamaños un poco mayores que los moleculares. A diferencia de las suspensiones coloidales, las disoluciones imparten una menor turbiedad y mayor transparencia al agua y una coloración más intensa y homogenea.

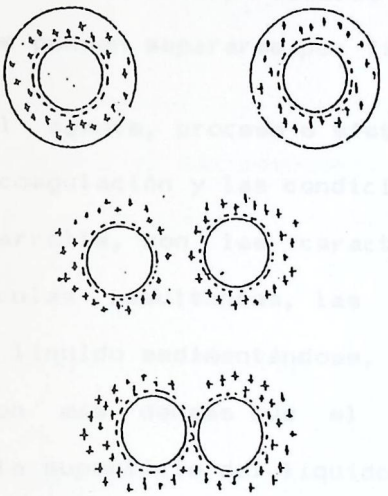


Figura 2.2. Distribución de la atmósfera de contra-iones de las partículas coloidales de un sol y su deformación provocada en la aproximación de ellas debido a sus movimientos Brownianos o cinéticos de origen mecánico. (6)

2.6.-Coagulación

En general se entiende por coagulación en el agua o en

cualquier otro líquido dispersante, el proceso por el cual se hace posibles reunir y aglomerar en núcleos, racimos o partículas microscópicas y macroscópicas las pequeñísimas partículas, generalmente sólidas que estructuran los sistemas dispersos coloidales y semi-coloidales, los que por sus tamaños de partículas y condiciones específicas tienden a permanecer dispersas y suspendidas por lapsos de tiempo indefinido.

Los agentes que provocan la coagulación pueden ser de carácter físico o químico o participar de ambos campos a la vez, originando la formación de partículas macroscópicas que se sedimentan o que pueden separarse por filtración.

Según sea el agente, proceso o sistema que se haya aplicado para la coagulación y las condiciones del medio en que ella se desarrolla, son las características de los flóculos o partículas resultantes, las que al separarse posteriormente del líquido sedimentándose, forman un pozo de precipitado si son más densas que el agua o ascienden formando natas en la superficie del líquido, si ellas son de menor densidad. Si la diferencia de densidad de las partículas con respecto al agua es escasa, no se producirá la separación gravitacional, debiendo realizarse ésta con la ayuda de la filtración a través de medios porosos, quedando en la superficie de ellos las partículas coaguladas.

III.-CONCEPTOS Y BASES TEORICAS DE LA EXPERIMENTACION

Uno de los mètodos de comparación de la efectividad de los tratamientos aplicados durante el desarrollo del trabajo fue el de medir la transmitancia de las aguas resultantes, ya que a menor transmitancia de una solución mayor es la cantidad de sólidos disueltos que contiene, se pudo comparar entre sí las aguas resultantes de los tratamientos y determinar cual era la que tenía una menor cantidad de material suspendido, para proceder luego a medirle su D.Q.O.

3.1.-Transmitancia

Cuando un haz de radiación electromagnética pasa a través de una disolución, el haz emergente va a diferir del incidente, debido a que la sustancia disuelta va a absorber parte de la radiación.

Es decir, si se coloca un detector de radiación a cierta distancia del punto de entrada de un haz de radiación monocromática que atraviesa una disolución en la que existe una población de N átomos o moléculas absorbentes, se encontrará que la absorción por los átomos o moléculas que intervienen hará dismunuir la cantidad de energía emergente con respecto a la energía incidente.

La fracción de radiación incidente transmitida por la disolución, es expresada frecuentemente como un tanto por ciento y se define como transmitancia (T). (7)

$$T=E/I$$

I=Energía incidente
E=Energía emergente

3.2.-Estabilidad y desestabilización de los sistemas coloidales

En los sitemas coloidales la estabilidad se debe principalmente a dos factores: la carga de las partículas o soles (ver figura 2.2) y los efectos de solvatación.

En el primer caso las cargas superficiales de los soles producen que estos se vean rodeados por una nube de iones o contracargas de signo contrario. El efecto de esta atmósfera de contra-iones, es una fuerza repulsiva (del tipo coulómbica), que va a impedir que las partículas lleguen a unirse entre sí, es decir, estas fuerzas de repulsión son mayores que las fuerzas de atracción (Van der Waals).

En el segundo caso la superficie de las partículas se caracteriza por ser altamente hidrófila, lo que hace que las partículas estén solvatadas y así las moléculas de agua que las rodean impiden que entren en contacto entre sí.

Para lograr la desestabilización de los sistemas coloidales y la formación de partículas de un tamaño mayor, el primer paso debe ser de anular las fuerzas repulsivas entre los coloides, esto se efectua generalmente por adición de reactivos químicos, que por medio de mecanismos de agregación o de adsorción, descargan las partículas. Algunos

reactivos que sirven para este propósito son: iones, polielectrolitos naturales o sintéticos y sales minerales.

Una vez descargados los coloides, las partículas entran en contacto entre sí, especialmente por movimiento browniano, hasta alcanzar un grosor de 0.1 micra aproximadamente. También se puede ayudar a que los flóculos alcancen un tamaño mayor, ya sea por una agitación mecánica exterior o mediante la ayuda de algún floculante.

3.3.-Estabilidad de las proteínas

Las aguas residuales tratadas en el presente trabajo contienen una gran cantidad de proteínas (las contenidas en la sangre más todas las proteínas solubles que se disuelven en el agua durante el transporte de los pescados), es por esto que las variables analizadas (temperatura y acidez) tienen la característica de producir la desestabilización y coagulación de las proteínas que es la base del tratamiento aplicado. Para comprender mejor los resultados obtenidos se explica a continuación la base de esta teoría.

Las proteínas están constituídas por una sucesión de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Estos enlaces no son más que la unión de un grupo amino, NH_2, de un aminoácido y el grupo ácido COOH del siguiente. Los aminoácidos tienen la estructura general NH_2-CHR-COOH, donde el sustituyente R es es un residuo químico en cada caso. El número de restos R diferentes que se encuentran normalmente en las proteínas es

de veinte. La naturaleza de estos restos y el orden en que están unidos en una determinada proteína definen la **estructura primaria** de la misma.

Partes de la cadena polipeptídica de la proteína se pliegan en ciertas estructuras regulares, como α-hélices, estructuras β , etc. A este conjunto de plegamientos se le denomina **estructura secundaria.**

Las débiles interacciones entre las cadenas laterales de los restos aminoácidos entre sí y con el agua, hacen que la proteína se pliegue espontáneamente en una estructura espacial definida, particular y específica para cada proteína. A esta configuración se le denomina **estructura terciaria.**

Desde el punto de vista de la estabilidad, los distintos niveles estructurales de una proteína presentan propiedades muy diferentes. Por una parte, la **estructura primaria,** caracterizada por los enlaces peptídicos, es decir, por la existencia de enlaces covalentes, es muy estable; se necesitan condiciones muy drásticas y prolongadas para su destrucción (24 horas a 100 grados Celsius, en una solución de HCl concentrado). Sin embargo, las **estructuras secundarias** y terciarias están caracterizadas fundamentalmente por interacciones no covalentes, más débiles que las anteriores y, por tanto, más fáciles de destruir. En este caso, se obtiene una conformación de la proteína muy abierta, con una interacción máxima con el disolvente, conocida como estado

desnaturalizado, que carece de actividad biológica.

Una característica interesante en la configuración de las proteínas es que las estructuras **secundarias y terciarias** quedan predeterminadas por la **estructura primaria**, es decir, una vez que se ha formado la cadena de aminoácidos, esta se plegará pudiendo seguir distintos caminos, pero finalmente llegará a una única estructura tridimensional que es particular para cada tipo de proteína, y que coincide con el estado de mínima energía libre (G).

Las proteínas por sobre los 40 restos aminoácidos, toman forma globular en sus estructuras terciarias. Cuando las cadenas superan el centenar de residuos, suelen estar constituídas por dominios estructurales. Cada uno de estos dominios se pliega o se desnaturaliza casi independientemente de los demás. La estabilidad de una proteína de gran tamaño viene determinada por la estabilidad de su dominio menos estable. Cuando se desnaturalice este dominio, la proteína perderá su actividad biológica; la estabilidad de una proteína de gran tamaño se parece, pues, a la de una pequeña.

Así como los enlaces peptídicos son los que dan origen a la estructura primaria, la razón fundamental de la estabilidad de las estructuras secundarias son los puentes de hidrógeno.

Si bien la presencia de puentes de hidrógenos influyen en la conformación de las estructuras terciarias, estas básicamente quedan determinadas por la polaridad de los

restos aminoacídicos. Los grupos polares (hidrófilos) van a tender a agruparse en la superficie de la proteína, manteniendo contacto con el agua, en cambio los restos aminoacídicos apolares prefieren interaccionar entre sí a hacerlo con el agua, por lo que normalmente se encuentran agrupados en el interior de las proteínas, donde el acceso del agua está más o menos impedido.

En resumen la tendencia del agua y de los residuos apolares a evitarse mutuamente condiciona la morfología resultante de la proteína. El interior de las proteínas nativas se haya esencialmente exento de agua y contiene sobre todo aminoácidos hidrofóbicos apolares. Los residuos dotados de cargas formales residen casi de manera invariable en la superficie en contacto con el agua. Los residuos o restos polares se hallarán en el exterior y en el interior, aunque en el segundo caso aparecen indefectiblemente unidos a otros grupos polares merced a enlaces de hidrógeno. Este enlace, en el que dos átomos (por lo común nitrógeno y oxígeno) se engarzan mediante un átomo de hidrógeno compartido, permite que los residuos permanezcan en el interior, lejos del agua.

3.4.-Desnaturalización y precipitación de proteínas

La desnaturalización implica destrucción de la estructura terciaria de una molécula proteínica y la formación de variadas cadenas polipeptídicas. En solución estas se enredan y agregan físicamente y algunas se enlazan

químicamente.

Las proteínas se podrían comparar con una gran partícula con la mayor parte de su superficie exterior hidrófila. Al desnaturalizarse pierden su estructura tridimensional estable, formando largas cadenas en las cuales hay trozos hidrófobos que antes se hallaban en el interior de la proteína, estas superficies hidrófobas tenderán a unirse entre sí antes que estar en contacto con el agua. Todo esto es lo que facilita la agregación al enredarse estas largas cadenas, formando partículas de gran tamaño y altamente hidratadas.

Hay muchos factores que pueden causar la desnaturalización de las proteínas en una solución acuosa como por ejemplo: la temperatura, el pH, la adición de sales y la adición de solventes orgánicos.

A continuación se analiza la forma como actúan dos de estos factores: el pH y la temperatura.

3.4.1.-Desnaturalización por pH

Extremos de pH causan desnaturalización porque áreas sensitivas de la molécula proteínica adquieren más cargas, causando repulsión interna, esto provoca que la proteína se abra , perdiendo así su estructura terciaria. Este proceso de desnaturalización se puede comprender mejor viendo la figura 3.1.

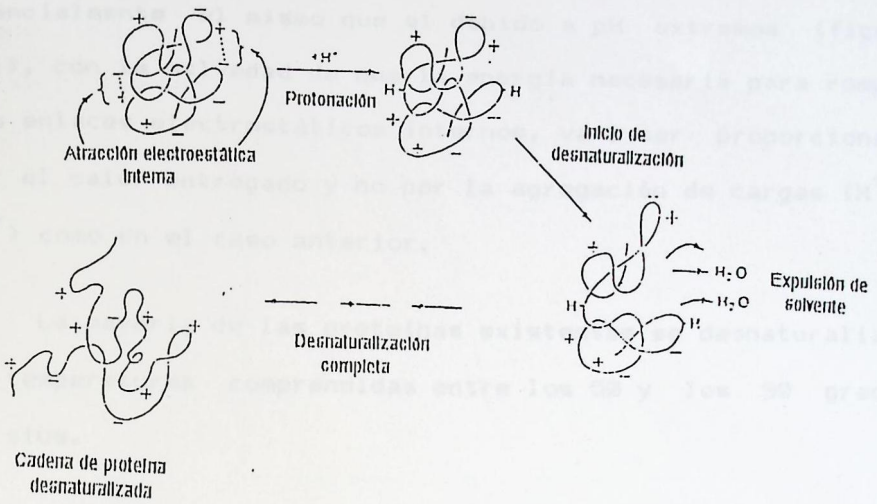


Figura 3.1.Mecanismo de desnaturalización de una proteína por aumento de la acidez.(8)

Este ejemplo se refiere a un pH extremo ácido, pero también se puede producir con pH extremos básicos.

El término pH extremos se refiere a valores de pH alejados del valor fisiológico ya que mientras más se aleja el valor pH del fisiológico, menos estable se hace la solución proteínica.

El valor del pH fisiológico no necesariamente está cercano a la neutralidad, por ejemplo la pepsina es bastante estable y normalmente activa a un pH 1-2, pero se desnaturaliza rápidamante a un pH 7 o más alto.

3.4.2.-Desnaturalización por temperatura

El proceso de desnaturalización por temperatura es

esencialmente el mismo que el debido a pH extremos (figura 3.1), con la salvedad de que la energía necesaria para romper los enlaces electrostáticos internos, va a ser proporcionada por el calor entregado y no por la agregación de cargas (H^+ u OH^-) como en el caso anterior.

La mayoría de las proteínas existentes se desnaturalizan a temperaturas comprendidas entre los 50 y los 90 grados Celsius.

En las figuras 3.2 y 3.3 se muestran dos curvas teóricas de porcentaje de proteína remanente (estable) en agua versus temperatura.

El primer gráfico muestra la curva para cantidad de proteína desnaturalizada calentada durante diez minutos v/s temperatura de calentamiento (ver figura 3.2). Aquí se aprecia que la mayor parte de la desnaturalización ocurre para un rango pequeño de temperatura, ya que en el rango entre los 45 y los 55 grados precipitan aproximadamente el 81% de las proteínas estables.

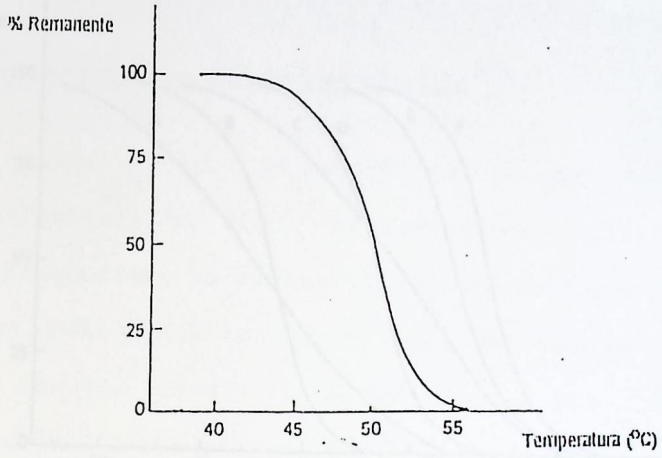


Figura 3.2. Diagrama teórico de porcentaje de proteínas remanentes disueltas en agua, luego de 10 minutos de incubación. (9)

La figura 3.3 permite comparar las posibles curvas de desnaturalización de un conjunto de proteínas. Aquí F es la proteína más estable para el calor; A y B las menos estables. Además se aprecia la similitud de formas para todas las curvas.

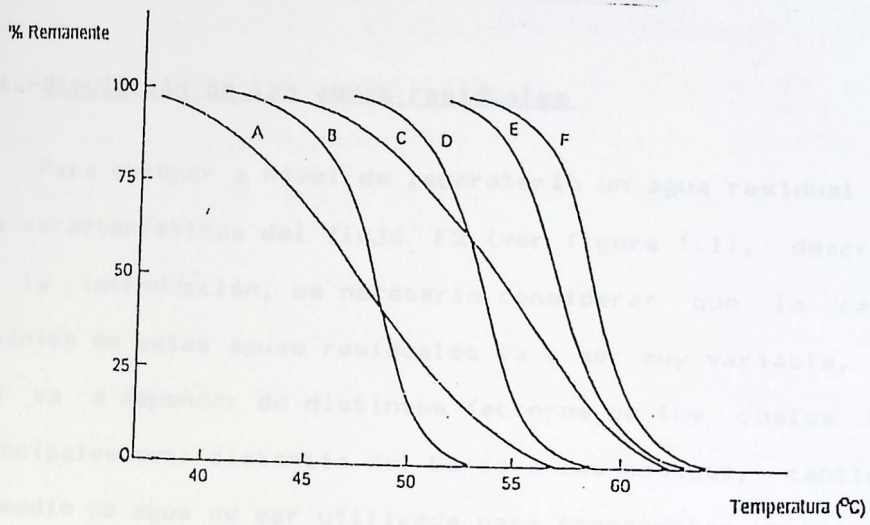


Figura 3.3. Posibles curvas de desnaturalización para un grupo de proteínas; F es la más estable al calor; A y B las menos estables. (10)

IV.-PLANIFICACION DEL TRABAJO

4.1.-Simulación de las aguas residuales

Para obtener a nivel de laboratorio un agua residual con las características del flujo F2 (ver figura 1.1), descrito en la introducción, es necesario considerar que la carga orgánica de estas aguas residuales va a ser muy variable, ya que va a depender de distintos factores de los cuales los principales son: distancia del barco a las bodegas, cantidad promedio de agua de mar utilizada para transportar un kilo de pescado, tipos de peces capturados (especies y tamaños), velocidad con que se impulsa el fluido, tipo de bomba etc. Luego para simular el proceso de transporte y obtener aguas residuales de características constantes, se deben fijar las variables nombradas anteriormente.

Así las variables que se definen como representativas en la simulación son las siguientes:

-Especie de pescado: jurel

-Distancia del barco a las bodegas: 300 metros

-Velocidad de transporte: 3 metros por segundo

-Cantidad de agua de mar por kilo de pescado:1.5 litros

La distancia del barco a las bodegas, junto con la velocidad de transporte, van a determinar el tiempo de mezclado dentro de las tuberías de los peces destrozados con el agua de mar.

El proceso de simulación del agua residual o agua de descarga, consistió en lo siguiente: se adquieren 3 ó 4 jureles que hayan sido capturados no más allá de 12 horas antes, se pesan las especies y en un balde plástico se vierten 1.5 cm^3 de agua de mar por cada gramo de pescado.

A cada uno de los jureles se le realiza un corte longitudinal desde el comienzo de las agallas hasta la cola (a lo largo del cuerpo), a continuación se realizan dos cortes transversales a 1/3 y 2/3 del largo total del cuerpo del pez, siendo estos cortes a todo lo ancho y al igual que el corte longitudinal, su profundidad debe ser tal que atraviese la carne y los interiores del pescado, dejando solamente el cuero del lado opuesto sin cortar. Gracias a esto el cuerpo del jurel quedará totalmente abierto.

Luego se introduce el pescado en el balde con agua de mar. Con la ayuda de un cuchillo se procede a destrozarle las agallas (estos son los órganos del pez que contienen la mayor cantidad de sangre). Una vez realizado esto se agita en forma violenta durante 100 segundos, de tal forma que la sangre se mezcle con el agua.

Se retira el pescado del agua y se repite el proceso con el resto de los jureles. Después se procede a eliminar las partículas de pescado y las escamas del agua, haciéndola pasar a través de la malla de un colador. Así se obtiene el agua de descarga, es decir agua de mar mezclada con una cierta cantidad de sangre de pescado.

4.2-Procedimiento experimental para el tratamiento de las aguas residuales

Se miden 50 cm^3 de agua de descarga en una probeta y se vierten en un vaso precipitado.

Esta muestra es sometida a un tratamiento térmico y/o de variación de su pH. Cuando el tratamiento es térmico, se calienta en un baño maría a una temperatura fija durante 5 minutos. En el caso de variación del valor de pH, se agrega 1 cm^3 de una solución ácida o básica según sea el caso.

A continuación se centrifuga durante 5 minutos parte de la muestra tratada (aproximadamente 20 cm^3), y el líquido sobrenadante producto de la centrifugación se filtra con la ayuda de un embudo Buchner y un matraz kitasato a través de un papel filtro previamente secado y pesado. El líquido filtrado se recoge en un tubo de ensayo y es medida su transmitancia.

Se despegan los sólidos de los tubos de centrifugación (con agua destilada) y junto con el resto de la muestra que no ha sido centrifugada, se hacen pasar por el mismo papel filtro.

El papel filtro es secado completamente en una estufa y luego pesado, para así poder determinar la cantidad de sólidos retenidos en éste.

El procedimiento experimental, se puede comprender mejor viendo el diagrama de la figura 4.1.

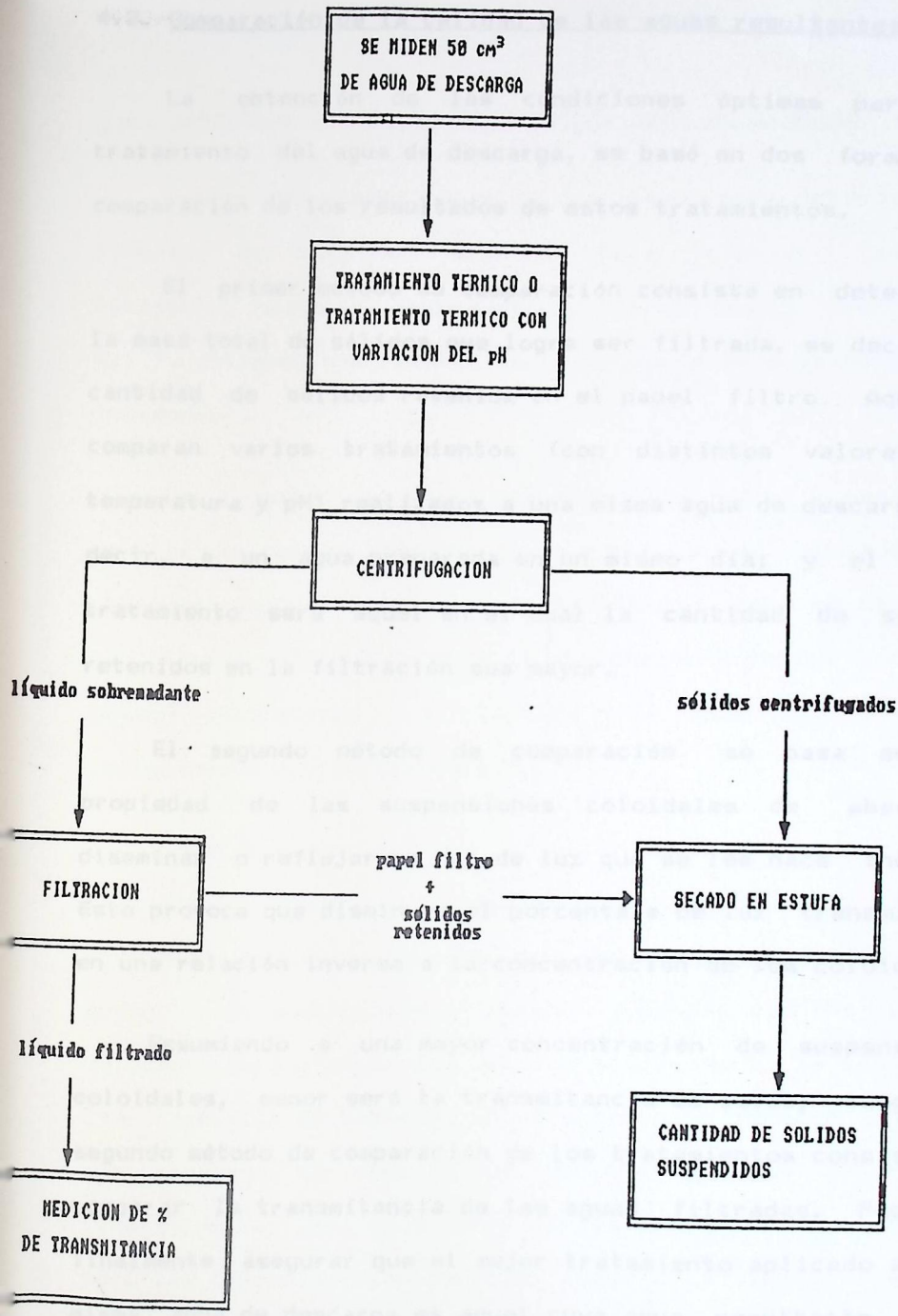


Figura 4.1. Diagrama del procedimiento experimental para el tratamiento de las aguas residuales.

4.3.-Comparación de la calidad de las aguas resultantes

La obtención de las condiciones óptimas para el tratamiento del agua de descarga, se basó en dos formas de comparación de los resultados de estos tratamientos.

El primer método de comparación consiste en determinar la masa total de sólidos que logra ser filtrada, es decir, la cantidad de sólidos retenida en el papel filtro. Aquí se comparan varios tratamientos (con distintos valores de temperatura y pH) realizados a una misma agua de descarga, es decir, a un agua preparada en un mismo día; y el mejor tratamiento será aquel en el cual la cantidad de sólidos retenidos en la filtración sea mayor.

El segundo método de comparación se basa en la propiedad de las suspensiones coloidales de absorber, diseminar o reflejar un haz de luz que se les hace incidir. Esto provoca que disminuya el porcentaje de luz transmitida, en una relación inversa a la concentración de los coloides.

Resumiendo a una mayor concentración de suspensiones coloidales, menor será la transmitancia de éstas, luego el segundo método de comparación de los tratamientos consiste en comparar la transmitancia de las aguas filtradas. Pudiendo finalmente asegurar que el mejor tratamiento aplicado a una misma agua de descarga es aquel cuya agua resultante tenga una mayor transmitancia.

V.-DESARROLLO Y RESULTADOS

5.1.-Determinación de la longitud de onda de trabajo

Las primeras mediciones se realizaron para determinar la longitud de onda más adecuada para trabajar. Esto es necesario, ya que la absorbancia y transmitancia (ver punto 3.1), difieren dependiendo de la longitud de onda de la luz incidente.

La longitud de onda más adecuada para trabajar es aquella en que la absorbancia es mayor, o sea, en la que se obtengan menores valores de transmitancia. Esto es debido a que en esta longitud de onda la suspensión coloidal tiene una mayor interacción con la luz ya sea absorbiéndola, reflejándola o diseminándola.

Para la determinación del valor buscado, se aplicó un tratamiento térmico (calentamiento durante 5 minutos) para distintas temperaturas siguiendo los pasos descritos en el punto 4.2, exceptuando el secado y pesado de los papeles filtros, obteniéndose los valores indicados en la tabla V.1 (ver apéndice de tablas). En esta tabla se aprecia que para una longitud de onda de 420 nanometros, los valores de transmitancia, en la mayoría de los casos son los menores para las distintas temperaturas, luego esta longitud de onda es la más adecuada para trabajar.

5.2.-Influencia de la variable temperatura en la efectividad del tratamiento

Para establecer la influencia de la temperatura en el tratamiento del agua de descarga, se realizaron un conjunto de mediciones para un rango de temperatura comprendido entre los 15[°C] y los 96[°C], con intervalos aproximados de 5 [°C].

Estas mediciones se obtuvieron siguiendo el procedimiento descrito en el punto 4.2, la simulación de las aguas residuales (ver pto. 4.1) se realizó cinco veces, obteniéndose a partir de esto los valores de las tablas V.2, V.3, V.4, V.5 y V.6.(ver apéndice de tablas)

La interpretación de los valores obtenidos se ve facilitada con la ayuda de graficar parte de los resultados en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

Al observar las figuras 5.1 y 5.2, se ve que la cantidad de sólidos filtrados aumenta al aumentar la temperatura del tratamiento en el rango comprendido entre los 15[°C] y los 65[°C], para luego a partir de esta temperatura estabilizarse hasta los 90[°C].

La figura 5.3 que muestra el comportamiento de la transmitancia con respecto a la temperatura del tratamiento, es concordante con las figuras 5.1 y 5.2 hasta los 80[°C], es decir, muestra que la calidad del agua obtenida con el tratamiento va mejorando a medida que aumenta la temperatura desde los 15[°C] a los 65[°C], estabilizándose después de esta temperatura. Sin embargo en la misma figura se aprecia

que hay un segundo rango de temperatura, entre los 80[°C] y los 96[°C], en el cual la transmitancia vuelve a aumentar con la temperatura, es decir, la medición de transmitancia está indicando que existe un mejoramiento en la calidad del agua a partir de los 80[°C], hecho que no fue detectado por la medición de la masa retenida en los filtros, pese a ser la gravimetría un método bastante exacto. Lo anterior se debió seguramente a un error en la operación del método gravimétrico.

Figura 5.1

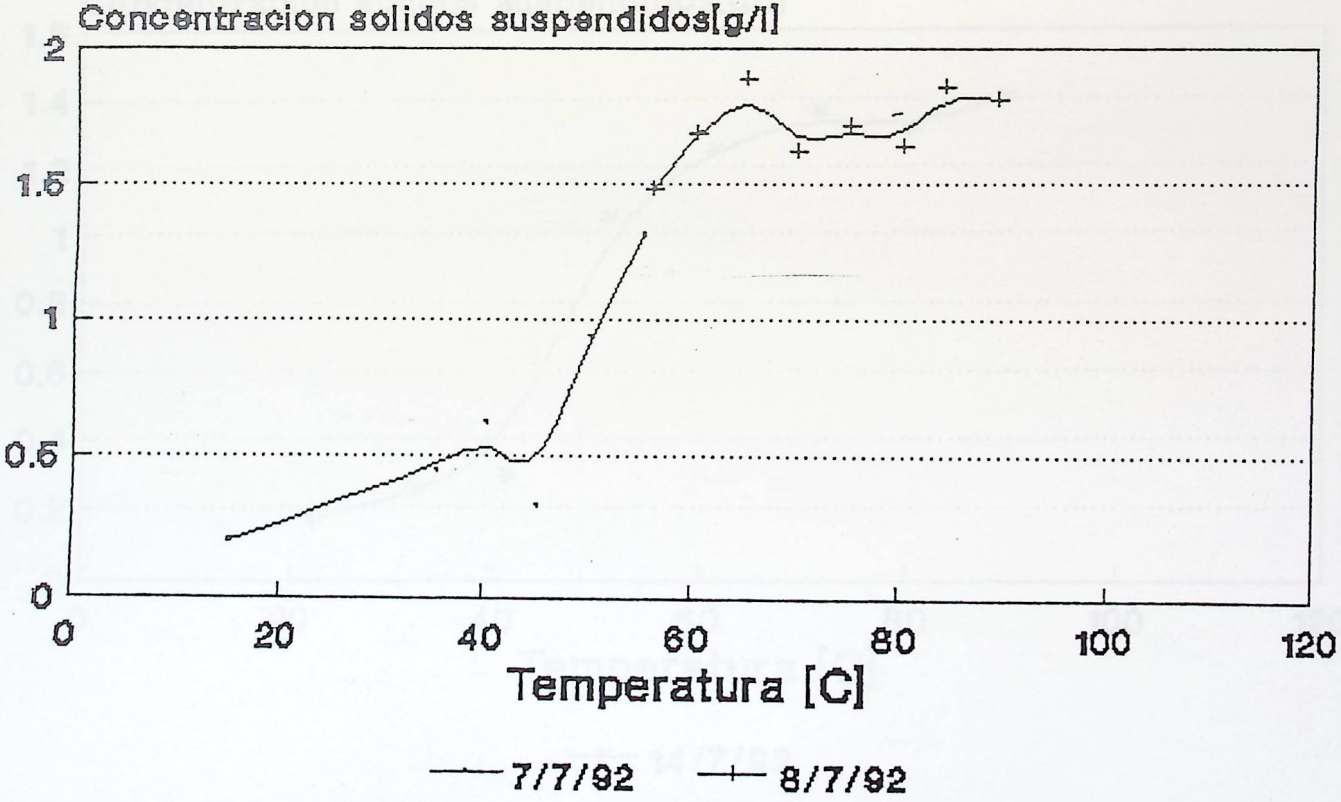


Figura 5.1: concentración de sólidos suspendidos para distintas temperaturas de tratamiento.

Figura 5.2

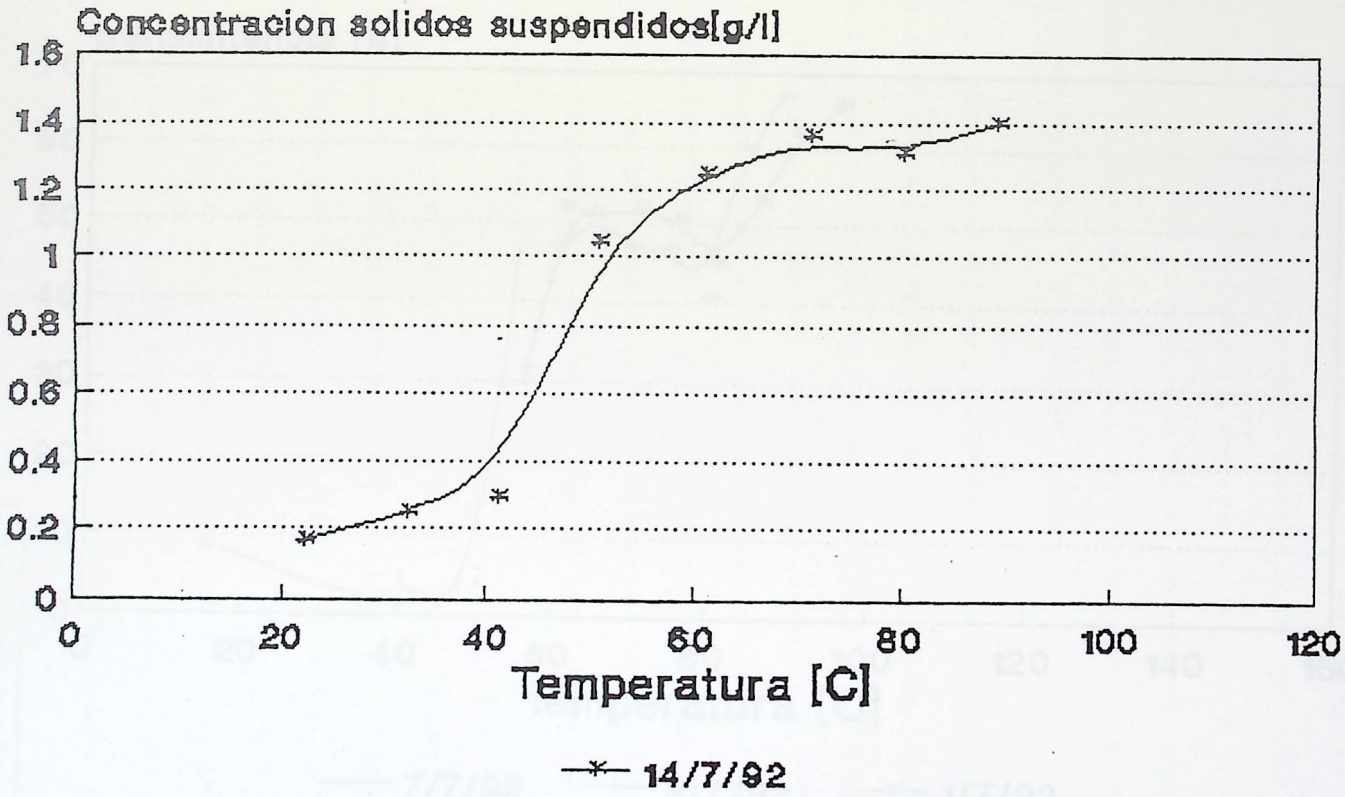


Figura 5.2: concentración de sólidos suspendidos para distintas temperaturas de tratamiento.

Figura 5.3

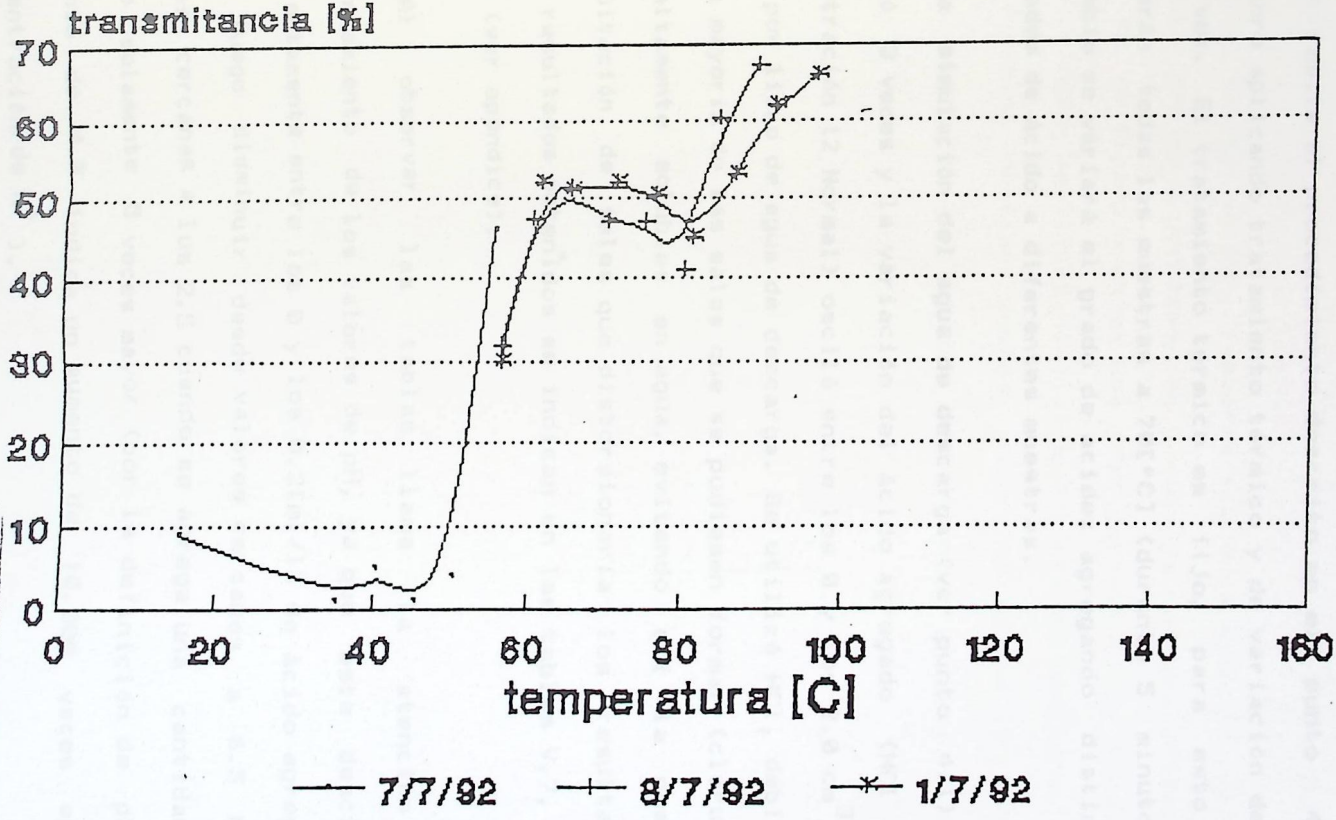


Figura 5.3: porcentaje de transmitancia para distintas temperaturas de tratamiento.

UNIVERSIDAD TECNICA

5.3.-Influencia del valor de pH en la efectividad del tratamiento

Se repite el procedimiento descrito en el punto 4.2, pero ahora aplicando tratamiento térmico y de variación de pH a la vez. El tratamiento térmico es fijo, para esto se calentarán todas las muestras a 70[°C] (durante 5 minutos), en cambio se variará el grado de acidez agregando distintas cantidades de ácido a diferentes muestras.

La simulación del agua de descarga (ver punto 4.1) se realizó 3 veces y la variación del ácido agregado (HCl con concentración 12 Normal) osciló entre los 0 y los 2.0 cm^3 de ácido por litro de agua de descarga. Se utilizó HCl, debido a que la mayoría de las sales que se pudiesen formar (cloruros) son altamente solubles en agua, evitando así la posible precipitación de sales que distorsionaría los resultados. Estos resultados obtenidos se indican en las tablas V.7, V.8 y V.9 (ver apéndice).

Al observar las tablas llama la atención el comportamiento de los valores de pH, ya que éste desciende muy lentamente entre los 0 y los 0.2[ml/l] de ácido agregado, para luego disminuir desde valores cercanos a 6.5 hasta cifras cercanas a los 2.5 cuando se agrega una cantidad de ácido solamente 5 veces mayor (por la definición de pH un aumento de 4.0 indica un aumento de 10.000 veces en la concentración de H^+).

Coincidente con este abrupto descenso del pH, hay un

mejoramiento en la calidad del agua tratada, hecho que se refleja en el aumento de los valores de transmitancia. Esto se puede apreciar mejor observando las figuras 5.4 y 5.5.

Los valores de pH inferiores a 3.0 carecen de utilidad práctica debido a problemas de costo, ya que una acidez tan alta de un fluido produce una gran corrosión en todas las instalaciones metálicas con las que entra en contacto, como por ejemplo: tuberías, bombas, intercambiadores de calor y otros, aumentando enormemente los costos de operación.

Figura 5.4

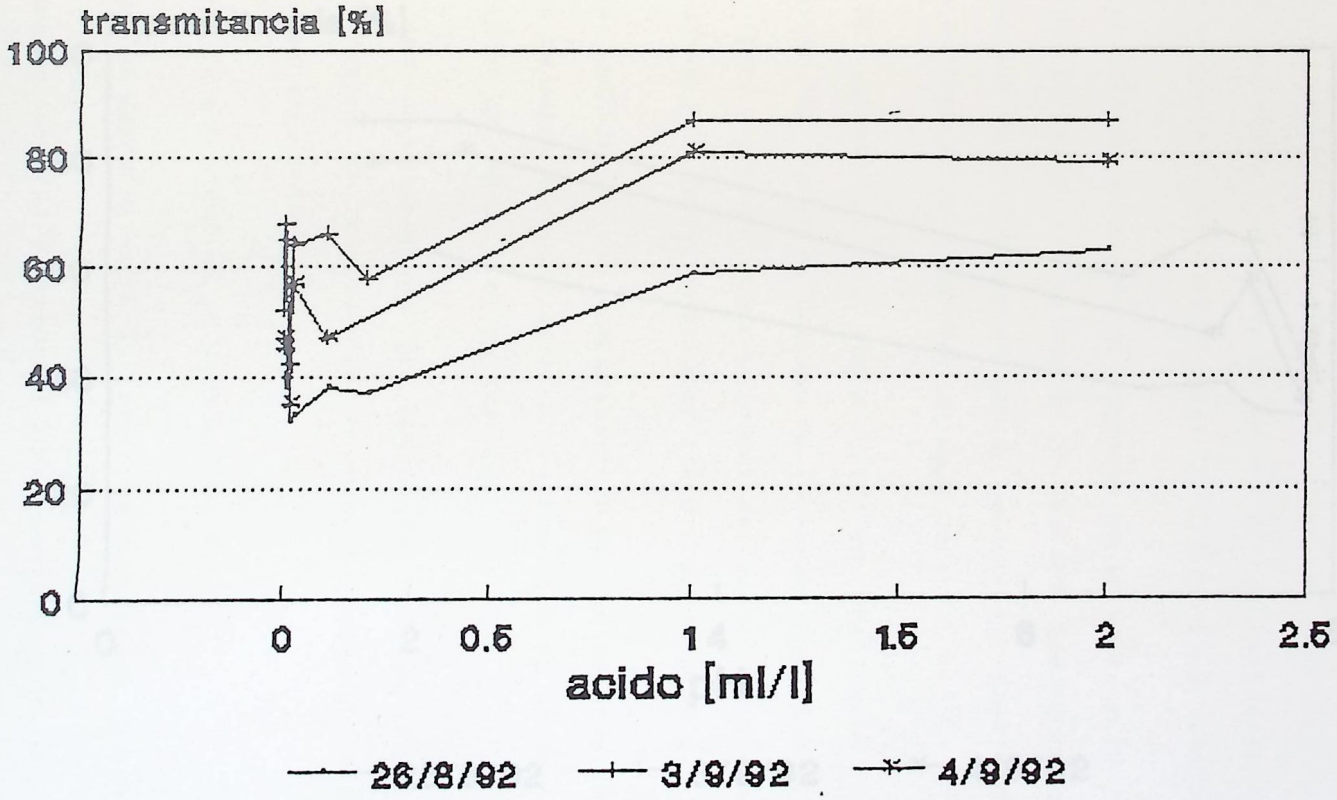


Figura 5.4: porcentaje de transmitancia para distintas cantidades de ácido agregado a un litro de agua de descarga.

Figura 5.5

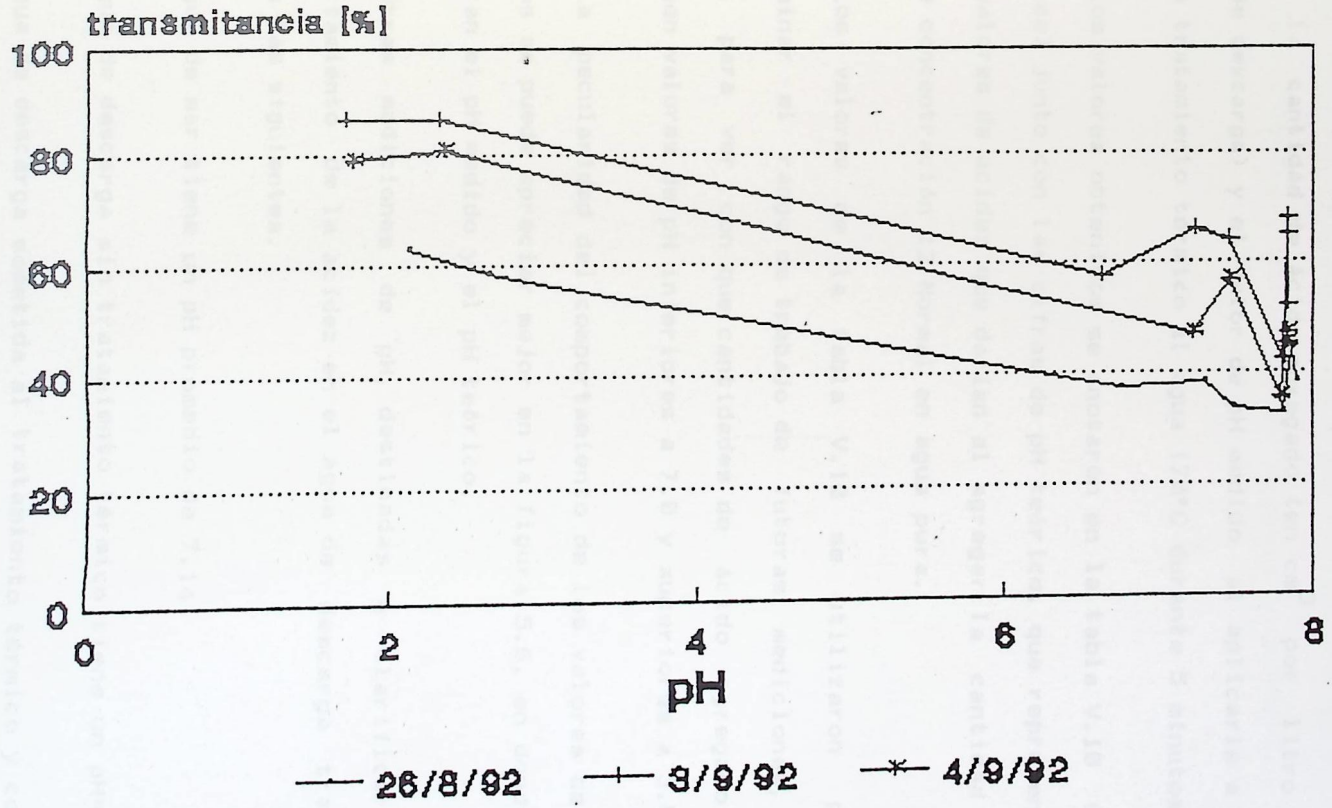


Figura 5.5: porcentaje de transmitancia para distintos valores de pH

5.4.-Relación entre cantidad de ácido agregado y pH medido

El siguiente paso consistió en determinar la relación entre la cantidad de ácido agregado (en cm^3 por litro de agua de descarga) y el valor de pH medido al aplicarle a su vez un tratamiento térmico al agua (70°C durante 5 minutos).

Los valores obtenidos se anotaron en la tabla V.10 (ver apéndice) junto con las cifras de pH teórico, que representan los valores de acidez que darían al agregar la cantidad de HCl de concentración 12 Normal en agua pura.

Los valores de la tabla V.10 se utilizaron para determinar el rango de trabajo de futuras mediciones, es decir, para ver con que cantidades de ácido agregado se obtienen valores de pH inferiores a 7.0 y superiores a 3.0.

La pecularidad del comportamiento de los valores de pH medidos se puede apreciar mejor en la figura 5.6, en donde se comparan el pH medido y el pH teórico.

Otras mediciones de pH, destinadas a clarificar el comportamiento de la acidez en el agua de descarga tratada fueron las siguientes.

-El agua de mar tiene un pH promedio de 7.14

-El agua de descarga sin tratamiento térmico tiene un pH=7.00

-El agua de descarga sometida al tratamiento térmico y con la adición de 0.2 ml. de HCl de concentración 12 Normal por litro alcanza un pH=6.5

-Una muestra de agua de descarga diluída, es decir, conteniendo solamente 1/3 de la sangre de pescado de la muestra anterior, y sometida al mismo tratamiento térmico y de acidez (T=70°C y 0.2ml de ácido) alcanza un pH=5.52.

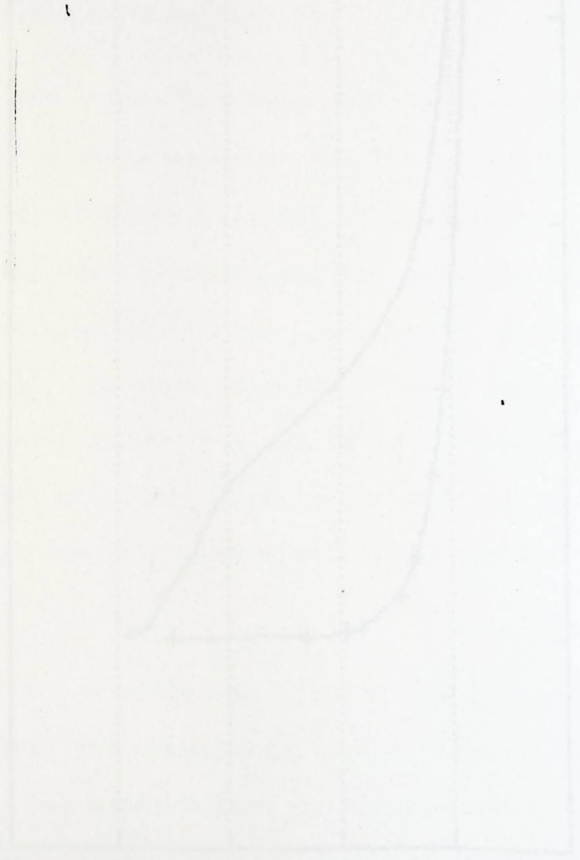


Figura 5.6

Figura 5.6

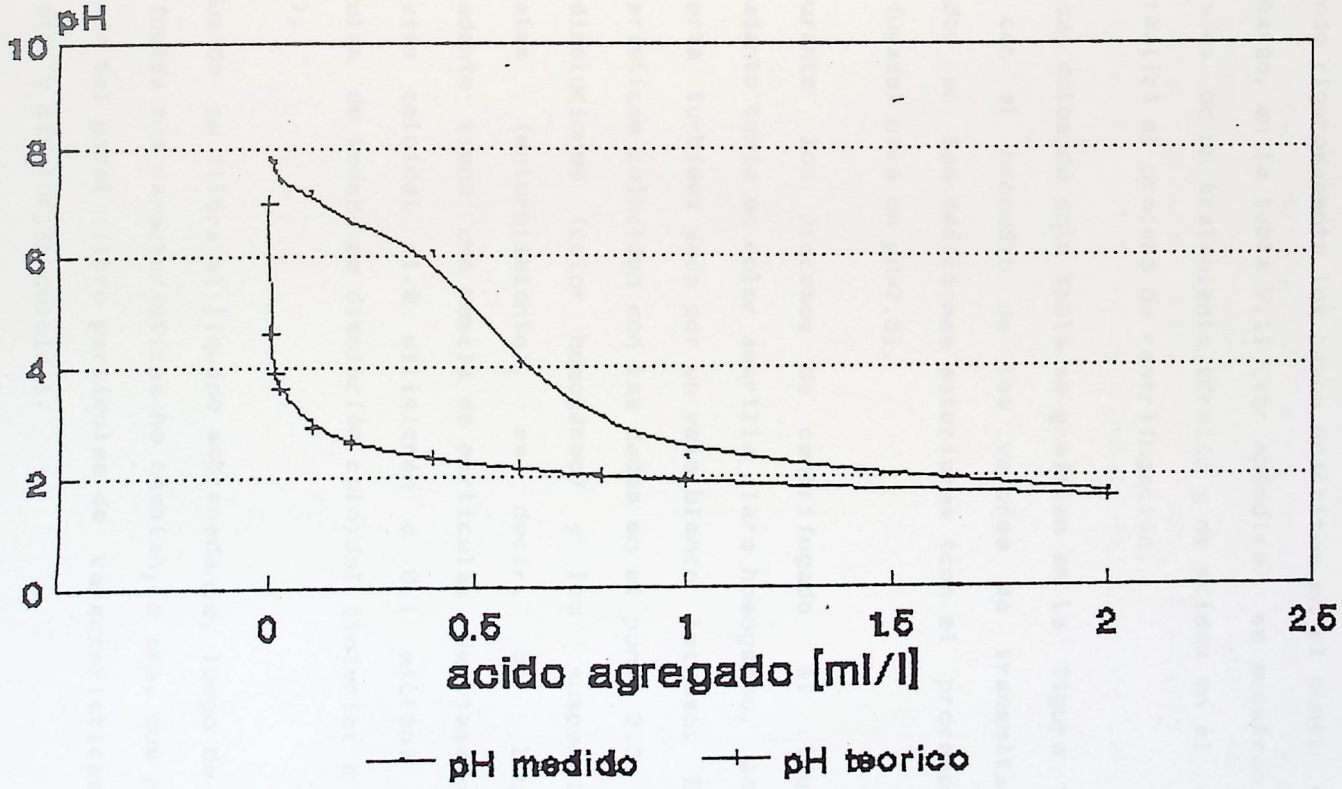


Figura 5.6: comparación entre pH teórico y pH medido, para distintas cantidades de ácido agregado a un litro de agua de descarga.

5.5.-Mediciones realizadas con acidez y sin centrifugación

Las mediciones obtenidas hasta el momento lo fueron siguiendo rigurosamente los pasos descritos en el punto 4.2. Sin embargo, en la tabla V.11 (ver apéndice) se muestran los resultados de un tratamiento térmico y de acidez en el cual no se realizó el proceso de centrifugación.

Los datos de esta tabla se grafican en la figura 5.7, junto con el promedio de los valores de transmitancia obtenidos en las mediciones anteriores (con el proceso de centrifugado) para un pH=7.81.

Durante los procesos de centrifugado el líquido sobrenadante tenía un color amarillo claro homogéneo, además de cierta turbidez dada por un velo blanco lechoso. Estas características coinciden con las dadas en el punto 2.5 para las disoluciones (color homogèneo) y las suspensiones coloidales (enturbiamiento), es decir, el líquido sobrenadante tiene una mezcla de partículas de tamaño de suspensión coloidal (1.0 milimicrón a 0.1 micrón) con partículas de tamaño de disolución coloidal (inferior a 0.1 micrón).

Cuando se filtra el líquido sobrenadante, luego de ser centrifugado sus características no cambian, o sea, que pasan a través del papel filtro partículas de características de suspensión y disolución coloidal.

En cambio al no centrifugar y luego filtrar, en el papel

filtro se forma una pequeña capa de sólidos precipitados y al pasar el agua tratada a través de esta capa y el papel filtro resulta un líquido de color amarillo claro y homogéneo, carente de turbidez, lo que implica que la delgada torta formada en el papel filtro con los sólidos precipitables (cuando estos no son separados por centrifugación) tiene la propiedad de filtrar algunas partículas de tamaño propio de las suspensiones coloidales.

Figura 5.7

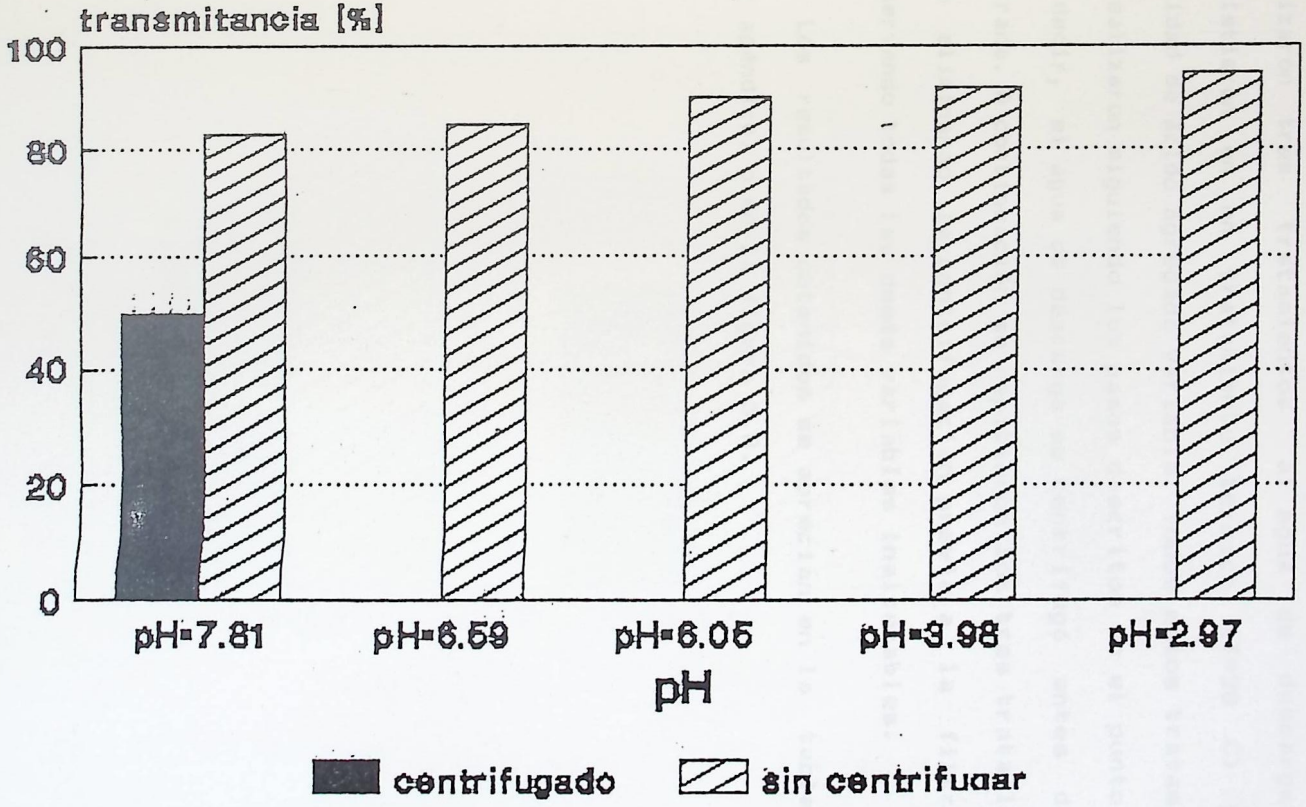


Figura 5.7: transmitancia obtenida para distintos valores de pH.

5.6.-Comparación entre tratamientos con y sin centrifugación

Para determinar la influencia de la centrifugación se realizaron tres tratamientos al agua de descarga, que consistieron en un tratamiento térmico (T=90 C) y una cantidad de ácido agregado variable. Todos estos tratamientos se realizaron siguiendo los pasos descritos en el punto 4.2, es decir, el agua de descarga se centrifugó antes de ser filtrada. A continuación se repitieron los tres tratamientos, pero eliminando la centrifugación previa a la filtración, conservando todas las demás variables inalterables.

Los resultados obtenidos se aprecian en la tabla V.12 (ver apéndice) o en la figura 5.8.

Figura 5.8

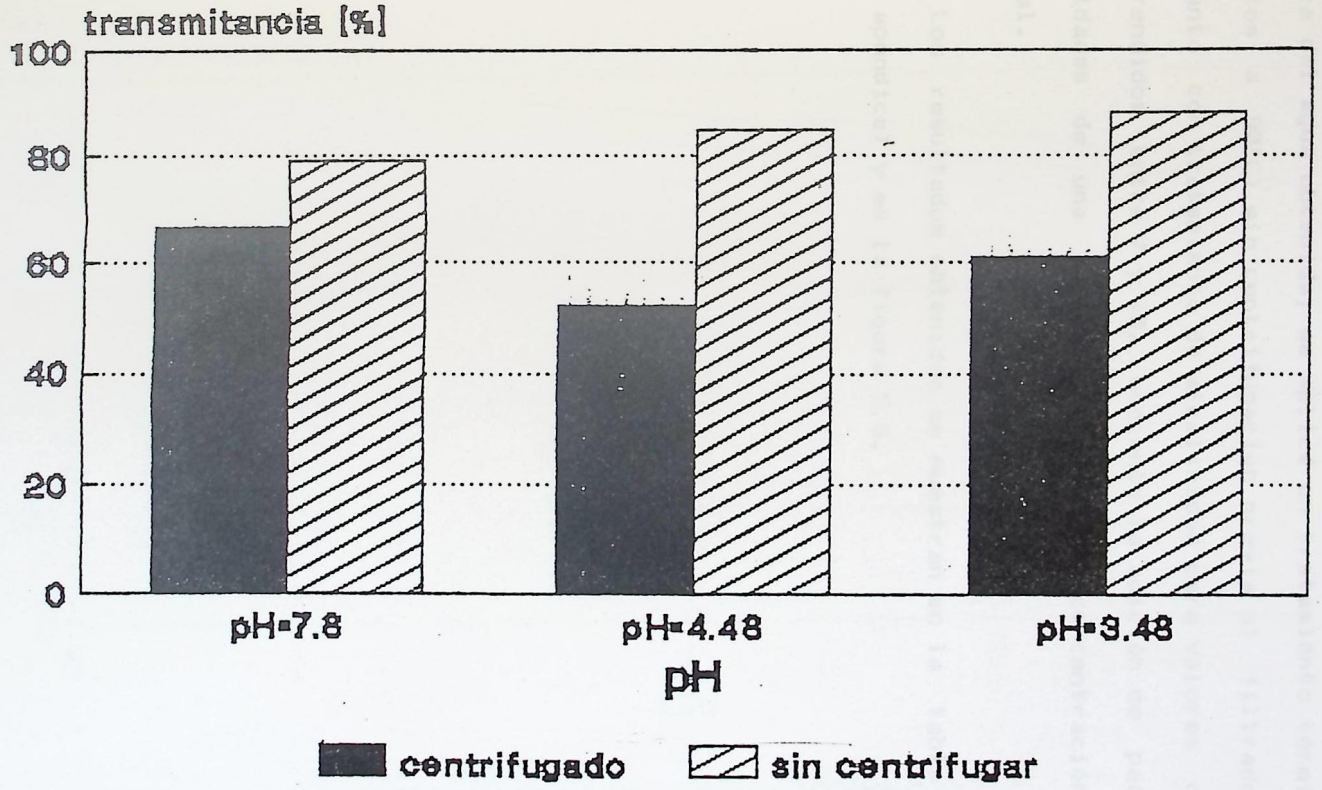


Figura 5.8: comparación entre tratamientos con y sin centrifugación previa al proceso de filtrado.

5.7.-Influencia de la alcalinidad en los tratamientos

Para determinar la influencia de la alcalinidad en la pureza del agua obtenida, se aplicó un tratamiento térmico (5 minutos a 90°C) sin centrifugación previa al filtrado, en conjunto con tratamiento de alcalinidad para valores de pH comprendidos entre 7 y 10, mediante la adición de pequeñas cantidades de una solución de NaOH de concentración 0.1 Normal.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla V.13 (ver apéndice) y en la figura 5.9.

Figura 5.9

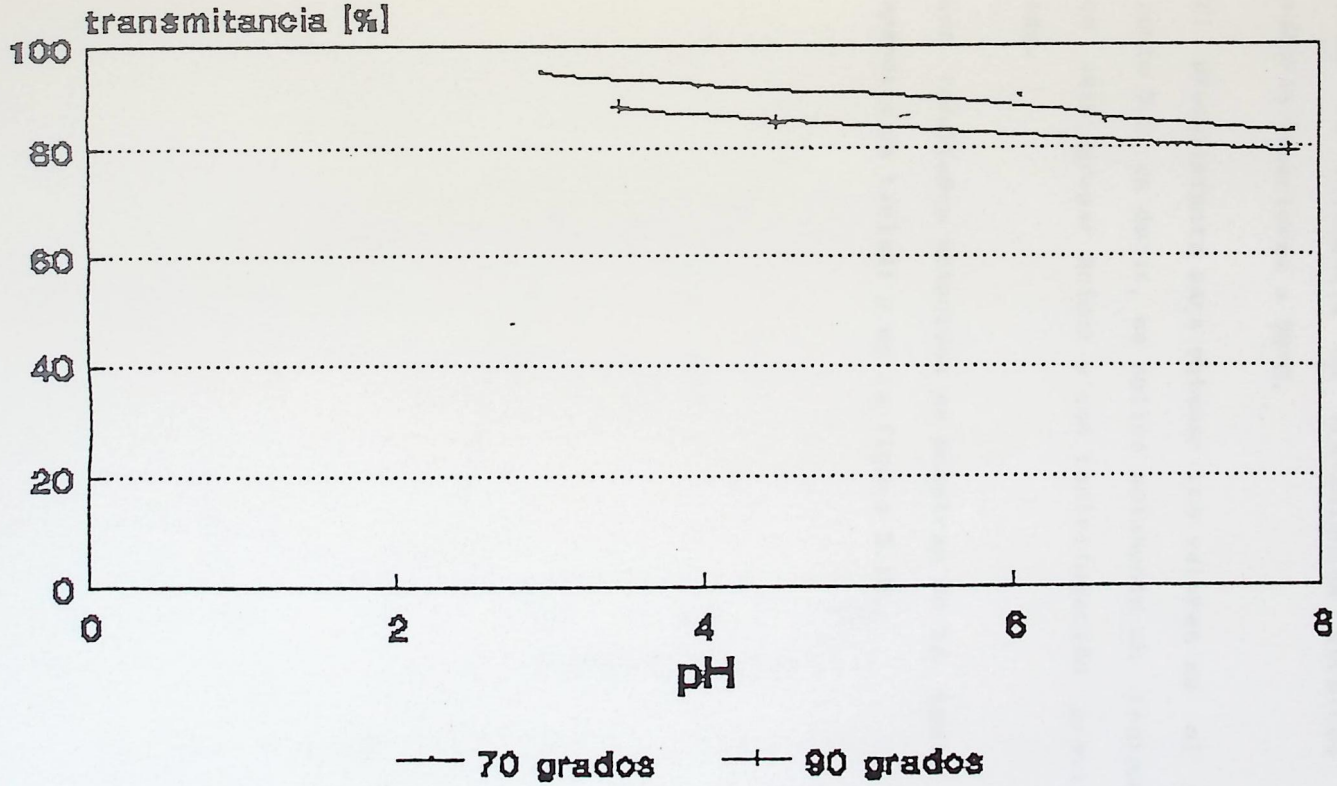


Figura 5.9: transmitancia obtenida para distintos valores de pH.

5.8.-Influencia de temperaturas superiores a 90°C

Las mediciones realizadas tuvieron por objetivo determinar la influencia de tratamientos térmicos para temperaturas superiores a 90°C.

El procedimiento para obtener los valores es el mismo del punto 5.2, es decir, se aplicó solamente un tratamiento térmico (sin agregar ácido) y con centrifugación previa al filtrado.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla V.14 (ver apéndice de tablas) y en la figura 5.10.

Figura 5.10

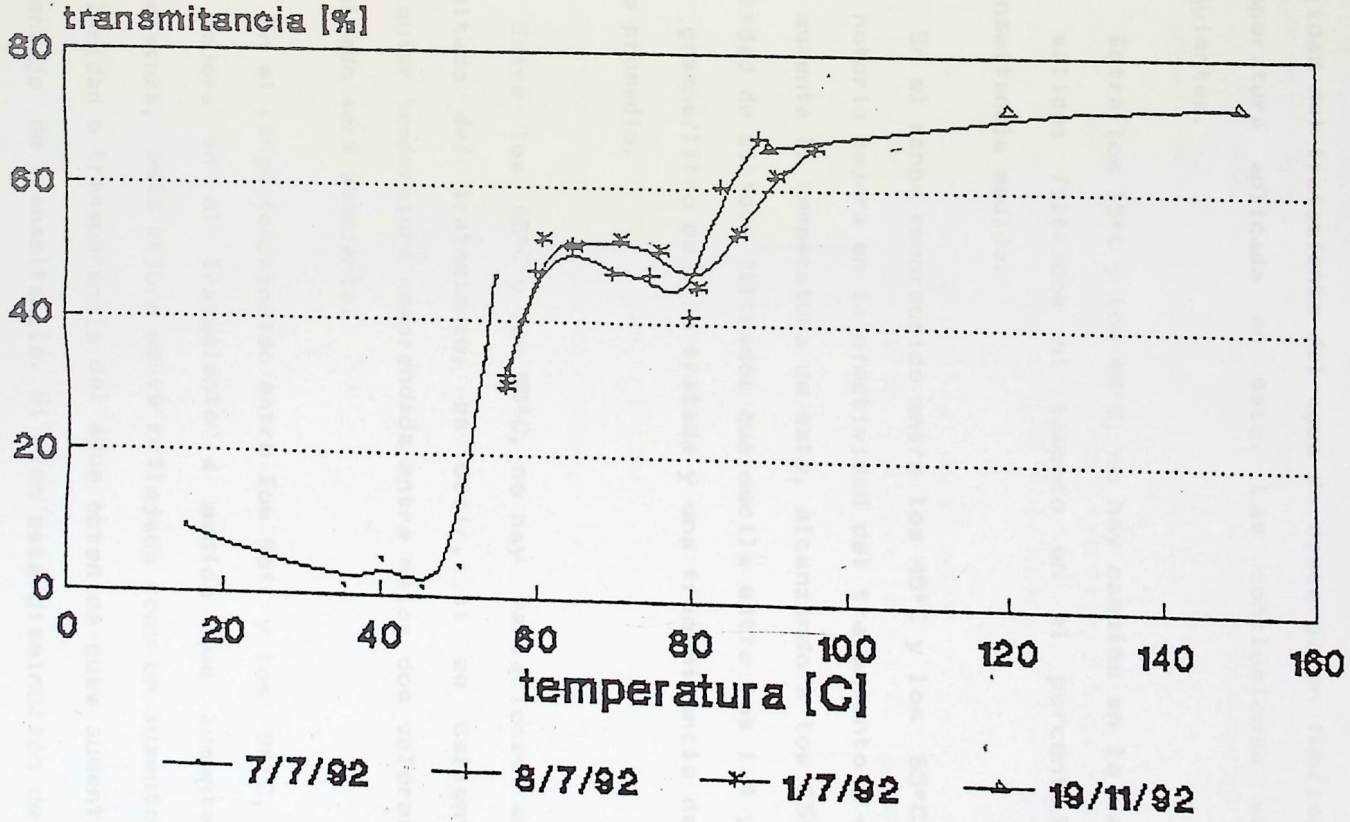


Figura 5.10: porcentaje de transmitancia para distintas temperaturas de tratamiento.

VI.-ANALISIS DE RESULTADOS

Las figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.10, permiten inferir la calidad del tratamiento del agua de descarga en función de la temperatura aplicada en éste. Las conclusiones son las siguientes.

- Entre los 15°C y los 40°C, no hay cambios en la cantidad de sólidos filtrados ni tampoco en el porcentaje de transmitancia medido.

- En el rango comprendido entre los 45°C y los 65°C, hay una notoria mejora en la efectividad del tratamiento a medida que aumenta la temperatura de éste, alcanzando a los 65°C una cantidad de sólidos filtrados que oscila entre los 1.4 y los 1.8 gramos/litro de agua tratada y una transmitancia de 50% como promedio.

- Entre los 65°C y los 80°C, no hay variaciones en el resultado del tratamiento, es decir, si se calienta a cualquier temperatura comprendida entre estos dos valores, el resultado será semejante.

- En el rango comprendido entre los 80°C y los 96°C, hay una mejora en el tratamiento a medida que aumenta la temperatura, esta mejora se ve reflejada como un aumento de la claridad o transparencia del agua obtenida pues aumenta su porcentaje de transmitancia. Si bien esta disminución de la turbiedad se debe sin duda a que hay una mayor cantidad de sólidos filtrados, este aumento no fue detectado mediante el

método gravimétrico debido a problemas de operación.

- A partir de los 96°C, la pendiente de la curva temperatura v/s transmitancia comienza a suavizarse, y es así que entre los 96°C y 150°C hay sólo un leve aumento en el porcentaje de transmitancia.

La figura 5.6, junto con los resultados indicados en la tabla V.10, permiten concluir lo siguiente:

- Las proteínas disueltas en el agua de mar, al ser sometidas a tratamiento térmico, tienen la particularidad de aumentar el valor del pH.

- Cuando se agrega ácido en el tratamiento, la característica antes indicada de las proteínas presentes en la sangre de pescado y las proteínas solubles disueltas en el agua, hace que el agua de descarga se comporte en cierta medida como un tampón y tienda a mantener el pH constante para pequeñas cantidades de ácido agregado. Y a suavizar la curva de ácido agregado v/s pH para mayores cantidades de ácido agregado (ver figura 5.6).

- El valor final de pH, va a depender de la cantidad de sangre y proteínas disueltas en el agua de mar, ya que a mayores cantidades de sangre es mayor la capacidad para reaccionar y absorber los H^+ disueltos en el agua (esto se comprueba con las últimas mediciones del punto V.4).

Viendo las figuras 5.7 , 5.8 y teniendo en cuenta lo

observado durante el desarrollo del trabajo se deduce que:

- La ausencia de una centrifugación previa al proceso de filtrado mejora la calidad del agua obtenida. Esto se debe a que la torta que se forma sobre el papel filtro, tiene la capacidad de ayudar a filtrar algunas partículas de reducido tamaño que no eran filtradas por el papel filtro.

- En el rango de valores de pH comprendidos entre 7.8 y 3.0, la calidad del agua obtenida luego del tratamiento tiene una relación directa con la acidez, ya que a medida que aumenta la acidez (disminución del pH) mejora la calidad del agua, hecho que se observa a simple vista como una disminución del color amarillo claro y que se ve reflejado como un aumento del porcentaje de la transmitancia.

Al observar la figura 5.9 se concluye lo siguiente.

- Al haber una ausencia de centrifugación en los tratamientos, la diferencia en los resultados entre un tratamiento térmico a 70°C y uno a 90°C desaparece, y ambos tratamientos se comportan en forma parecida. Es decir, la calidad del agua es de aproximadamente 80% de transmitancia para un pH = 7.81 y aumenta hasta aproximadamente un 90% de transmitancia cuando el valor de pH es de 3.0.

Finalmente las mediciones realizadas en el punto 5.8, cuyos resultados se indican en la tabla V.12, permiten inferir lo siguiente.

- El aumento de la alcalinidad, desde un valor de pH=7 hasta valores de pH cercanos a 10, no tendrá influencia en los resultados de un tratamiento al agua de descarga. Esto se comprueba al observar la tabla V.12, ya que todos los valores de transmitancia allí mostrados tienen valores cercanos a 80%, no mostrando gran diferencia unos con respecto a otros.

VI.-CONCLUSIONES

- La cantidad de sólidos disueltos en el agua de descarga, varia entre los 1.5 gramos y los 2.0 gramos por litro.

- Las variables obtenidas para optimizar el tratamiento descrito en el punto 4.2 son:

a) Calentar el agua de descarga a 70°C durante 5 minutos.

b) Agregar ácido para obtener un valor de pH levemente superior a 3.0.

c) Al filtrar se debe evitar la centrifugación o sedimentación previa de los sólidos suspendidos.

- Para obtener un valor determinado de pH en el agua de descarga, se debe tener en cuenta que el resultado depende de la cantidad de ácido agregado y de la concentración del agua de descarga.

- Con el tratamiento aplicado bajo las condiciones óptimas se logró un 73% de eliminación de la materia orgánica presente en el agua residual tratada, ya que la D.Q.O. disminuyó desde 4233 p.p.m. que tenía el agua antes del tratamiento a 1093 p.p.m. una vez que esta fue tratada.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones o trabajos relacionados con el tema tratado en la presente memoria, se recomienda analizar en profundidad el comportamiento de la velocidad de filtración del agua tratada bajo las distintas condiciones de acidez y temperatura. Además se recomienda la utilización de ayuda filtros y estudiar la infuencia de estos en el tiempo de filtración.

También es recomendable hacer un estudio acerca de la composición de la materia filtrada ya que se presume que esta contiene una gran proporción de proteínas, y ver la posibilidad de un aprovechamiento de estas a nivel industrial.

Otra cosa aconsejable es repetir el tratamiento con las condiciones óptimas pero ahora variando algunas de las variables supuestas al principio del trabajo (tipo de pescado, proporción de agua/pescado, distancia de transporte del pescado y velocidad de transporte) y analizar que tanto varian los resultados.

REFERENCIAS

(1) Nelson L. Nemerow
Aguas Residuales Industriales
Madrid, Ediciones Hermann Blume, 1977

(2) Gordon Maskew, Geyer John, Okun Daniel
Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales
Mexico, Centro Regional de Ayuda Tècnica, 1968

(3) Ibid, página 2

(4) Kirk, O.
Enciclopedia de la Tecnología Química
Volumen I, página: 584

(5) Albino López Caballero
Tratado sobre la purificación de las aguas potables
Santiago-Chile, Editorial Lord Cochrane, 1958

(6) Ibid, página: 5

(7) Douglas A. Skoog
Fundamentos de Analisis Instrumental
Mexico, Editorial Interamericana, 1987
Páginas: 134, 158-159

(8) Robert K. Scopes
Protein Purificación: Principles and Practice
Segunda edición
Página: 68

(9) Ibid, página: 66

(10) Ibid, página: 67

APENDICE

DE

TABLAS

Tabla V.1. Porcentaje de transmitancia, para distintas longitudes de onda a diferentes temperaturas.

	Longitud de onda [nm.]							
Temperatura	350	420	460	490	530	570	610	660
41 [°C]	14%	13%	16%	18%	24%	34%	40%	39%
46 [°C]	10%	10%	6%	6%	5%	14%	20%	22%
53 [°C]	43%	44%	51%	54%	59%	62%	69%	66%
59 [°C]	53%	51%	52%	52%	60%	63%	65%	64%
64 [°C]	38%	36%	36%	41%	47%	53%	57%	54%
69 [°C]	44%	45%	47%	58%	55%	60%	62%	61%
72 [°C]	51%	49%	51%	54%	58%	63%	64%	64%
76 [°C]	49%	48%	53%	53%	60%	62%	66%	64%
Porcentajes promedios	38%	37%	39%	39%	41%	51%	55%	54%

Tablas V.2,V.3,V.4,V.5 y V.6. En estas tablas se indica el porcentaje de transmitancia y la concentración de sólidos suspendidos resultantes en el agua tratada a distintas temperaturas.

Tabla V.2. Transmitancia y concentración de sólidos suspendidos, para distintas temperaturas de tratamiento.

Temperatura	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
15[°C]	1%	.....
56[°C]	38%	.....
61[°C]	52%	.....
65[°C]	51%	.....
71[°C]	52%	.....
76[°C]	51%	.....
81[°C]	45%	.....
86[°C]	53%	.....
91[°C]	62%	.....
96[°C]	66%	.....

Tabla V.3. Transmitancia y concentración de sólidos suspendidos, para distintas temperaturas de tratamiento.

Temperatura	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
15[°C]	9%	0.288[g/l]
35[°C]	1%	0.448[g/l]
40[°C]	5%	0.628[g/l]
45[°C]	4%	0.322[g/l]
50[°C]	4%	0.926[g/l]

Tabla V.4. Transmitancia y concentración de sólidos suspendidos, para distintas temperaturas de tratamiento.

Temperatura	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
22[°C]	1%	0.166[g/l]
32[°C]	12%	0.258[g/l]
41[°C]	18%	0.298[g/l]
51[°C]	14%	1.848[g/l]
61[°C]	26%	1.248[g/l]
71[°C]	52%	1.356[g/l]
80[°C]	45%	1.382[g/l]
89[°C]	71%	1.396[g/l]

Tabla V.5. Transmitancia y concentración de sólidos suspendidos, para distintas temperaturas de tratamiento.

Temperatura	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
56[°C]	32%	1.488[g/l]
60[°C]	47%	1.688[g/l]
65[°C]	51%	1.806[g/l]
70[°C]	47%	1.624[g/l]
75[°C]	47%	1.714[g/l]
80[°C]	41%	1.638[g/l]
84[°C]	68%	1.856[g/l]
89[°C]	67%	1.816[g/l]

Tabla V.6. Transmitancia y concentración de sólidos suspendidos, para distintas temperaturas de tratamiento.

Temperatura	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
51[°C]	14%	1.834[g/l]
53[°C]	28%	1.158[g/l]
55[°C]	58%	1.264[g/l]
56[°C]	51%	1.282[g/l]
58[°C]	68%	1.238[g/l]
60[°C]	...	1.246[g/l]

Tablas V.7,V.8,V.9. En estas tablas se indica el pH, la transmitancia y la concentración de sólidos suspendidos resultantes del tratamiento del agua a una temperatura de 70[C], para distintas cantidades de ácido agregado de una concentración 12 Normal.

Tabla V.7. Transmitancia, pH y sólidos suspendidos, para distintas cantidades de ácido agregado (T=70[C]).

HCl agregado por litro de agua de descarga	pH	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
0 [cm^3]	7.89	38%	2.553[g/l]
0.002[cm^3]	7.85	44%	2.491[g/l]
0.01 [cm^3]	7.80	32%	.....
0.02 [cm^3]	7.47	33%	2.523[g/l]
0.1 [cm^3]	7.28	38%	2.518[g/l]
0.2 [cm^3]	6.74	37%	2.337[g/l]
1.0 [cm^3]	2.64	59%	2.528[g/l]
2.0 [cm^3]	2.11	63%	2.516[g/l]

Tabla V.8. Transmitancia, pH y sólidos suspendidos, para distintas cantidades de ácido agregado (T=70[C])

HCl agregado por litro de agua de descarga	pH	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
0 [cm^3]	7.83	52%	1.558[g/l]
0 [cm^3]	7.83	68%	1.568[g/l]
0.002[cm^3]	7.83	65%	1.336[g/l]
0.01 [cm^3]	7.79	42%	1.144[g/l]
0.02 [cm^3]	7.44	64%	1.344[g/l]
0.1 [cm^3]	7.22	66%	1.418[g/l]
0.2 [cm^3]	6.61	58%	1.426[g/l]
1.0 [cm^3]	2.31	87%	1.386[g/l]
2.0 [cm^3]	1.78	87%	1.619[g/l]

Tabla V.9. Transmitancia, pH y sólidos suspendidos, para distintas cantidades de ácido agregado (T=70[C])

HCl agregado por litro de agua de descarga	pH	Transmitancia	Concentracion de solidos suspendidos
0 [cm^3]	7.82	45%	1.556[g/l]
0 [cm^3]	7.83	47%	1.582[g/l]
0.01[cm^3]	7.78	35%	1.447[g/l]
0.02[cm^3]	7.44	57%	1.394[g/l]
0.1 [cm^3]	7.28	47%	1.528[g/l]
0.2 [cm^3]	6.63	34%	1.312[g/l]
1.0 [cm^3]	2.35	81%	1.713[g/l]
2.0 [cm^3]	1.74	79%	1.688[g/l]

Tabla V.10. pH teórico y pH medido, para distintas cantidades de ácido agregado de una concentración 12 Normal.

HCl agregado por litro de agua de descarga	pH teorico aproximado	pH medido
0 [cm^3]	7.0	7.83
0.002[cm^3]	4.6	7.08
0.01 [cm^3]	3.9	7.78
0.02 [cm^3]	3.6	7.42
0.1 [cm^3]	2.9	7.20
0.2 [cm^3]	2.6	6.63
0.4 [cm^3]	2.3	6.09
0.6 [cm^3]	2.1	4.01
0.8 [cm^3]	2.0	3.01
1.0 [cm^3]	1.9	2.32
2.0 [cm^3]	1.6	1.70

Tabla V.11. Transmitancia y pH resultantes del tratamiento de agua sin centrifugación previa a la filtración, para distintas cantidades de ácido agregado.

HCl agregado por litro de agua de descarga	pH	Transmitancia
0 [cm^3]	7.81	83%
0.2[cm^3]	6.59	85%
0.4[cm^3]	6.05	90%
0.6[cm^3]	3.90	92%
0.8[cm^3]	2.97	95%

Tabla V.12. Comparación de la transmitancia obtenida entre tratamientos con y sin centrifugación, para distintas cantidades de ácido.

HCl agregado por litro de agua de descarga	pH	Transmitancia
0 [cm^3]	7.89	67% *
0 [cm^3]	7.8	79%
0.5[cm^3]	4.48	52% *
0.5[cm^3]	4.48	85%
0.7[cm^3]	3.48	61% *
0.7[cm^3]	3.48	88%

Nota. Las cifras indicadas con un (*) fueron obtenidas con centrifugación, y el resto fueron obtenidas con un tratamiento sin centrifugación previa a la filtración.

Tabla V.13 Porcentaje de transmitancia y pH resultantes del tratamiento del agua, para distintas cantidades agregadas de una solución de NaOH de concentración 0.1 [N].

NaOH agregado por litro de agua de descarga	pH	Transmitancia
0 [cm^3]	7.89	79%
0.001[cm^3]	7.85	88%
0.002[cm^3]	7.80	81%
0.003[cm^3]	7.47	82%
0.005[cm^3]	7.28	78%
0.01 [cm^3]	9.97	83%

Tabla V.14 Transmitancia para distintas temperaturas de tratamiento.

Temperatura	Transmitancia	Promedio de Transmitancia
90 [°C]	65%	66%
90 [°C]	67%	
120[°C]	73%	72%
120[°C]	71%	
150[°C]	74%	73%
150[°C]	72%	