

2ej 22

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



EL NITROGENO Y FOSFORO
EN AGUAS CONTAMINADAS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A

JOSE DEL CARMEN BELMONT PEREZ

México, D. F.

1981

I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I	1
<i>Introducción</i>	1
CAPITULO II	4
<i>Parámetros de Contaminación</i>	4
CAPITULO III	36
<i>El Nitrógeno y Fósforo como Contaminantes</i>	36
CAPITULO IV	49
<i>Control del Contenido de Nitrógeno y Fósforo</i>	49
CAPITULO V	74
<i>Conclusiones</i>	74

CAPITULO I

1. Introducción

La contaminación ambiental. Los peligros que representa para la humanidad, como la necesidad y posibilidad de controlarla representa uno de los temas más importantes de nuestro tiempo.

El día que el hombre, en el más remoto pasado aprendió a dominar el fuego, al mismo tiempo que debió sentir orgullo de sí mismo, por primera vez de una manera inconciente, atentó contra su habitat.

Este simple acaecer reconocido hoy día demuestra que desde siempre toda actividad humana, ha entrañado una afectación, un deterioro del medio ambiente, en la medida que los gru--

pos humanos se han desarrollado, y que la vida en sociedad se ha hecho más complicada, esto, aunado a los adelantos de la ciencia y la tecnología han dado lugar a un creciente desarrollo urbano e industrial. La producción de contaminantes alcanza límites no antes superados, que de no evitarse, seguramente dislocarán el orden social y porqué no, poner en peligro la supervivencia del hombre.

Mientras que los recursos disponibles de agua permanecen -- constantes, el desarrollo del país requiere del aprovechamiento de volúmenes cada vez más grandes y de mejor calidad, sin embargo las descargas residuales sin tratar o pobremente tratadas, aunado a las aguas de retorno agrícola en los cuerpos de agua, implica la contaminación, de éstas aguas, haciendo más difícil su aprovechamiento para usos múltiples.

La Facultad de Ingeniería se ha avocado al estudio de la -- contaminación en todas sus formas, siendo la Ingeniería Sanitaria la encargada del estudio que concierne a los problemas de la salud pública.

La contaminación de aguas tiene varios factores que la provocan; teniendo al nitrógeno y al fósforo como contaminantes en las masas de agua, que son motivo de este trabajo, en que se tratará la importancia que contengan éstas concen

traciones y el efecto que causan en la vida acuática.

El Ingeniero Civil deberá tener conocimientos básicos de --
química y biología, que no son usuales en ingeniería, los -
cuales son parte de los análisis de aguas contaminadas. Di
chas actividades el ingeniero no necesariamente las debe de
sarrollar si no que debe saber interpretarlas.

CAPITULO II

Parámetros de Contaminación

Para elaborar un análisis de agua contaminada, se requiere del muestreo, el cual consistió de separar una pequeña porción del total de tal manera que represente el carácter y calidad de la masa de la cual se tomó.

Es la fase más importante en la determinación analítica de un cuerpo de agua considerándose como un factor de confiabilidad y veracidad de los resultados obtenidos.

Los puntos de colección de las muestras deberán ser seleccionadas, tomando en cuenta; las fuentes de contaminación, y por regla general se deberán tomar las muestras de agua en donde exista un flujo turbulento que asegure una calidad

uniforme en la muestra.

Los principales parámetros de contaminación de aguas, los podemos encontrar como físicos, químicos y biológicos.

I. Análisis Físicos

Los físicos se dividen en:

- a) Temperatura
- b) pH
- c) Conductividad eléctrica
- d) Turbiedad
- e) Color
- f) Sólidos

a) **Temperatura.** Es el concepto que se refiere a la propiedad termodinámica que determina la existencia o inexistencia de equilibrio térmico entre dos o más sistemas.

Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y bioquímicas de los cuerpos de agua. Es por esto, que es importante su determinación en cualquier intento de evaluar la calidad de las aguas. Su importancia puede resumirse bajo los siguientes aspectos:

- a) Es un elemento fundamental en el ciclo hidrológico, influyendo principalmente en la evaporación y transpiración.
- b) La temperatura de los cuerpos de agua influye directamente en los procesos de autopurificación de las corrientes de agua.
- c) La temperatura tanto del agua como del aire y ---- otros factores climáticos, gobiernan la disipación de calor de los cuerpos de agua, lo cual es especialmente importante cuando éstos se encuentran sujetos a descargas térmicas.
- d) La temperatura del agua es importante para la conservación de la vida acuática.

Importancia Sanitaria. Merecen especial consideración los efectos de la temperatura en los procesos de autopurificación de los distintos tipos de desecho. La temperatura juega sin duda un papel fundamental en la autopurificación de los desechos orgánicos; afectando simultáneamente la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuelto y la rapidez de aeración.

Equipo y procedimiento. El equipo consta de un termómetro de mercurio, graduado de 0 a 100 °C. Los termómetros de campo deberán estar provistos de un estuche metálico para evitar roturas.

Para conocer la temperatura a diferentes profundidades, se pueden usar los termómetros de reversión, el termófono y el termistor, considerándose que este último es el más adecuado y el de mayor exactitud.

Las lecturas deben hacerse con el termómetro sumergido en el agua, después de haberla agitado uniformemente, con el objeto de que el sistema esté a una temperatura constante. Este dato debe ser representativo de la temperatura de la corriente en el tiempo que se colecta la muestra. Por consiguiente, la temperatura debe tomarse en el punto de muestreo.

La temperatura de aguas residuales domésticas, efluentes y desechos en el momento de muestreo, se debe aproximar a grados enteros.

- b) pH. Representa el "potencial de iones hidrógeno" o "exponente de hidrógeno", o para expresar la concentración de iones hidrógeno. La escala práctica del pH --

comprende del 0, muy ácido, al 14, muy alcalino con el valor medio de 7 que corresponde a la neutralidad exacta a 25 °C.

El pH es importante en todas las fases de la práctica de ingeniería sanitaria. En abastecimientos de agua, es un factor que debe ser considerado en la coagulación química, desinfección, ablandamientos del agua y control de la corrosión. En el tratamiento de aguas residuales y desechos industriales en el que se emplean procesos biológicos, el pH debe ser controlado dentro de un ámbito favorable a los microorganismos. Tanto el pH elevado como bajo puede ser perjudicial, ocasionando la muerte de los peces y la esterilidad general en corrientes naturales, e inactivando los microorganismos esenciales en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Los residuos de bajo pH son corrosivos para las estructuras de acero y concreto en los sistemas de vías acuáticas o de alcantarillado. Los valores extremos de pH en aguas residuales se eliminan por neutralización.

Determinación del pH por el método de Electrométrico.- Debido a las interferencias entre las diversas marcas y modelos comerciales de potenciómetros, es imposible-

proporcionar instrucciones detalladas para la operac*ión* correcta de cada instrumento, debiendo seguirse en cada caso las instrucciones de los fabricantes.

El electrodo de vidrio y el electrodo de calomel se deben humedecer y preparar para su uso, de acuerdo con las instrucciones que se proporcionen. Se debe prestar siempre especial vigilancia a la posibilidad de resultados falsos, provenientes de fallas mecánicas o eléctricas.

- c) Conductividad eléctrica. Es una medida de la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica, y esta relacionada con la concentración de sustancias ionizadas en el agua y con la temperatura a la que se hace la medición.

La conducción de una corriente eléctrica en agua puede explicarse por medio de la Teoría de la Disociación Electro*lítica*. Esta teoría establece que cuando se disuelve en agua un ácido, una base o una sal, una porción considerable de la misma se disocia espontáneamente en iones positivos y negativos. Estos iones se pueden mover independientemente, y son guiados a los electrodos del signo opuesto por el campo eléctrico aplica*do*

do.

La proporción de moléculas que se disocian en iones depende de la concentración de la solución. En soluciones extremadamente diluidas casi la totalidad del ácido, base o sal está disociada en iones.

La medida de la conductancia tiene las siguientes aplicaciones. Para comprobar la pureza de un agua destilada y la deionizada, para conocer rápidamente las variaciones de las concentraciones de los minerales disueltos en las muestras de aguas crudas o de desechos. Las variaciones mínimas encontradas en un abastecimiento de agua, bruscamente contrastan con las fluctuaciones que prevalecen en algunas aguas de ríos contaminados. Las aguas domésticas que contienen cantidades significativas de desechos pueden evidenciar una considerable variación. Las mediciones de conductividad, proporcionan una idea de las porciones alícuotas que se deben tomar para las determinaciones químicas comunes, también ofrecen un medio para comprobar los resultados de un análisis químico.

Aparatos. Diversas unidades completas se encuentran en el comercio, las cuales satisfacen las especifica-

ciones de conductancia que se les designan.

- a) Puente de Wheatstone con el que se pueden hacer -- lecturas con una exactitud de 1% ó mayor.
- b) Fuente de corriente alterna: de 1000 a 3000 ci--- clos si se emplea un micrófono telefónico indica-- dor del punto nulo, o de 26 a 60 ciclos si se em-- plea para el mismo propósito un tubo "ojo mágico"-- de rayos de electrones.
- c) Celda de conductancia específica, puede ser del ti po de pipeta o del tipo de inmersión, que tenga -- electrodos platinizados.
- d) Turbiedad. La turbiedad puede ser causada por una --- amplia variedad de materiales suspendidos, con un ambi to de tamaño desde el coloidal hasta partículas macros cópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En la-- gos la turbiedad debida a dispersiones extremadamen te finas y coloidales, en los ríos, es debido a dis-- persiones normales.

La turbiedad es de importante consideración en las --- aguas de abastecimiento público, porque la turbiedad -

en el agua para beber, produce en el consumidor pocos deseos de ingerirla y utilizarla en los alimentos.

La filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbiedad.

La desinfección en las aguas de abastecimiento es usualmente por cloro u ozono. Para ser efectiva deberán estar en contacto el agente y los organismos a eliminar.

En aguas turbias, muchos de los organismos dañinos son expuestos a la acción del desinfectante; sin embargo - en casos en que la turbiedad es causada por desechos sólidos, muchos de los organismos patógenos pueden estar contenidos en las partículas estando protegidas del desinfectante.

Unidad Patrón de Turbiedad. La unidad patrón de turbiedad, fue definida como la obstrucción óptica de la luz, causada por una ppm de sílice insoluble en agua destilada, de donde:

$1 \text{ ppm de SiO}_2 = 1 \text{ unidad de turbiedad}$

Los valores de turbiedad pueden variar desde cero hasta miles de unidades en aguas altamente turbias, consecuentemente no hay método de determinación que abarque rango tan amplio. Existen cuatro métodos empleados:

- a) Método Turbidímetro de Bujía Jackson
- b) Método de botellas Estándar
- c) Método de Turbidímetro de Baylis o St. Louis
- d) Método del Turbidímetro Helliege

El método usual común es el de Bujía Jackson.

La determinación de la turbiedad se basa en el paso de la luz a través de una suspensión que justamente haga desaparecer la imagen de la flama de una bujía patrón, esto es, que la haga indistinguible contra el fondo de iluminación general cuando se observa la flama a través de la suspensión. Una manera práctica de deducir estas determinaciones, que a mayor trayectoria de la luz es más bajo el valor de la turbiedad.

Es preferible, que la turbiedad se determine el mismo día del muestreo, pero si es inevitable almacenarla -- por mayor tiempo, las muestras se pueden conservar en la obscuridad hasta 24 hrs.

Si el almacenamiento es más prolongado, la muestra se conserva con la adición de 1 g de cloruro mercurico -- por litro.

Las muestras se deben agitar vigorosamente antes de su examen.

- e) Color. Usualmente cuando se habla de agua, suelen asociarsele tres propiedades inherentes a ella; color, sabor y olor; considerando la primera de ella, observaremos que el agua de uso doméstico e industrial tiene -- aceptación como incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y -- se tiene el problema de que no es aceptada hasta que -- no se le trata removiendo dicha coloración.

Existe un color natural en el agua como producto de -- las partículas coloidales cargadas negativamente, también del contacto de desechos orgánicos tales como hojas, principalmente de coníferas y madera en diferentes estados de descomposición, así como extractos vegetales de gran variedad como taninos, etc.

El origen de la presencia de color en el agua puede deberse a materia suspendida denominándose color "aparen

te", una vez eliminado dicho color el restante se conoce como color "verdadero", siendo este último el de interés para la determinación.

Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a contaminantes domésticos e industriales como es el caso de las industrias de papel y textil; esta última causa coloración por medio de desechos de teñido, los cuales imparten colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados.

Para la determinación del color en el agua existen dos métodos; por comparación visual de la muestra con soluciones coloridas de concentraciones conocidas o discos de cristal de color calibrados previamente con las soluciones y el método espectrofotométrico.

Método por comparación visual con soluciones de concentraciones conocidas.

El método normal para la medición del color es el de platino - cobalto y la unidad de color es producida por 1 mg/lit de platino en forma de ión cloro platinato.

La comparación se realiza con la muestra previamente -

centrifugada en caso necesario y las soluciones que --
tengan colores de 5, 10 y hasta 70 unidades contenidas
en tubos de Nessler. El uso de discos de cristal se -
permite cuando han sido calibrados con las soluciones-
de platino cobalto y la comparación se hace sobrepo---
niendo el disco de cristal sobre un tubo de Nessler --
con agua destilada contrastando con la muestra origi--
nal.

Método Espectrofotométrico. Es el método estándar re-
comendado para aguas de desecho doméstico e industrial
ya que presentan colores muy diferentes a los obteni--
dos con la solución del método normal.

De aquí que sea imposible su comparación y sea neces-
ario el uso de un método instrumental para su determina-
ción. Debido a que la mayoría de éstas aguas se en---
cuentran en esta clasificación, es conveniente la se--
lección de este método de determinación colorimétrica.

- f) Sólidos. Se refiere a la materia remanente como resi-
duos después de evaporar y secar a 103 - 105 °C la ---
muestra de agua. Todos los materiales que ejercen una
presión de vapor significativas a tales temperaturas,-
se pierden durante los procesos de evaporación y seca-

do. El residuo remanente representa sólo aquellos materiales de la muestra que tienen una presión de vapor insignificativas a 105 °C. Por estas razones se desea, para aguas potables, un límite de 500 mg/lt de residuo.

Debido a la amplia variedad de materiales inorgánicos y orgánicos encontrados en los análisis para sólidos, las pruebas son de carácter empírico y relativamente simples para efectuarse. La naturaleza química y física del material en suspensión, el tamaño del poro del filtro, el área y espesor del borde del filtro y la cantidad y estado físico de los materiales depositados en él, son los factores principales comprendidos. Por lo tanto, las determinaciones de sólidos no están sujetas a los criterios usuales de exactitud.

Sólidos totales. Se aplica al material que queda en un recipiente previamente pesado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y del secado subsecuente a una temperatura definida.

Los sólidos pueden ser:

Sólidos { Fijos
Volátiles

11. Análisis Químicos

- a) Alcalinidad
- b) Acidez
- c) Cloruros
- d) Oxígeno disuelto (OD)
- e) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

a) Alcalinidad. La alcalinidad de las aguas naturales es debida principalmente a sales de ácidos débiles, contribuyendo también las bases débiles y fuertes. Los bicarbonatos se presentan la principal forma de alcalinidad, siendo formados por la acción del CO_2 sobre materiales básicos en el suelo. Otras sales de ácido débiles tales como borato, silicatos, y fosfatos pueden estar presentes en pequeñas cantidades. Algunos ácidos orgánicos poco resistentes a la oxidación biológica forman sales, aumentando así la alcalinidad del cuerpo de agua.

En aguas contaminadas y anaerobias, sales de ácidos débiles, tales como acético, propiónico e hidrosulfúrico

co, pueden ser producidas, contribuyendo por tanto a la alcalinidad. También los hidróxidos y el amoníaco contribuyen a la alcalinidad total del agua.

Las aguas altamente alcalinas no son aceptables para el abastecimiento público, teniendo que ser sometidas a tratamiento para su uso.

Este tipo de aguas son clásicas cuando se hace uso de jabones no hay espuma.

El método de análisis. La alcalinidad se determina -- por titulación con una solución valorada de un ácido mineral fuerte, a los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y el ácido carbónico, bien sea electro métrico o por medio de indicadores.

Para determinaciones exactas, la titulación potenciométrica presenta cierto número de ventajas que favorecen su selección; el punto de equivalencia se puede identificar por la inflexión de la curva de titulación o por el método diferencial de cálculo. El trazo de una curva de titulación potenciométrica, pone de manifiesto cualquier desplazamiento del punto de equivalencia producido por la temperatura, la concentración iónica, y-

en el caso de la alcalinidad total, por el efecto de la concentración de bióxido de carbono en el punto de equivalencia. Más aún, el método potenciométrico se encuentra libre de interferencias del cloro residual, de la influencia del color y de los errores visuales.

El método por indicadores se emplea para determinar la alcalinidad relativa a un punto final determinado, basado en el cambio de color de un indicador interno.

Este método es adecuado en el cambio de color de un indicador interno.

Este método es adecuado para controles de rutina por ser rápido y sencillo.

- b) Acidez. La acidez del agua se puede deber a la presencia de bióxido de carbono no combinado, de ácidos minerales o de sales de ácidos fuertes y bases débiles. En esta última categoría caen las sales de hierro y aluminio provenientes de las minas o de origen industrial.

El bióxido de carbono es un compuesto normal de las aguas naturales que lo toman de la atmósfera cuando

la presión parcial de CO_2 en el agua es menor que en la atmósfera de acuerdo con la Ley de Henry. Otra fuente de CO_2 es la descomposición biológica de la materia orgánica, que en su etapa final lo produce.

Las aguas ácidas poseen propiedades corrosivas haciendo necesario un tratamiento previo a su uso. Una de las principales causas de esto, es un alto contenido de CO_2 , pero en algunos desechos industriales es causada también por la acidez mineral, principalmente en la industria metalúrgica y en algunos por la producción de materiales orgánicos sintéticos. Ciertas aguas naturales pueden contener también acidez mineral.

La acidez se puede determinar por titulación potenciométrica, recomendándose este último cuando las soluciones son muy coloridas o turbias, puesto que afecta menos por estas causas. La acidez mineral es medida por titulación a un pH de 4.5 usando como indicador el anaranjado de metilo denominándosele "acidez mineral" o "acidez fuerte", porque cuantifica principalmente sólo los ácidos relativamente fuertes, tales como los ácidos minerales. La titulación de una muestra al punto final, a la fenolftaleína (pH = 8.3) mide tanto la acidez mineral como acidez debida a los ácidos débi---

les, las sales ácidas y la acidez producida por la hidrólisis, por ello se le llama acidez total.

Las muestras se deben tomar en frascos de polietileno o de cristal pyrex conservándose a baja temperatura.-- Las determinaciones se deben efectuar tan pronto como sea posible, de preferencia el mismo día que se tomó la muestra.

- c) Cloruros. Los cloruros son aniones que están presentes en el agua en diversas concentraciones y normalmente se incrementan con el contenido mineral. En las montañas y en tierras elevadas los abastecimientos de agua son bajos en cloruros, las aguas de ríos y de los abastecimientos subterráneos generalmente tienen una concentración mayor. En comparación con los casos anteriores, las aguas de los mares y océanos tienen una concentración más elevada por contener los residuos resultantes de la evaporación parcial de las aguas naturales que fluyen hacia ellos.

La excreta humana, particularmente la orina, contiene cloruros en cantidad aproximadamente igual a la consumida en la alimentación, la cantidad promedio es casi de 6 gr. por persona al día, incrementándose casi has-

ta 15 mg/lt en las aguas residuales. Las descargas industriales elevan mucho la cantidad de cloruros.

Los cloruros en proporciones razonables no son dañinos a la salud, en concentraciones superiores a 250 mg/lt. dan sabor salino al agua siendo desagradable para el consumo humano. Debido a esto se recomienda un límite de 250 mg/lt para uso doméstico. Altas concentraciones de cloruros aceleran la corrosión en los reactores, calentadores, etc., además de que interfieren en procesos industriales tales como refinación del azúcar, envasado de alimentos congelados, etc.

Para conocer posibles contaminaciones de las aguas subterráneas por aguas residuales, es necesario además de las pruebas bacteriológicas, contar con análisis de -- cloruros y de nitrógeno (en todas sus formas). Al seleccionar los abastecimientos de agua, es necesario tomar muy en cuenta la concentración de cloruros.

Los cloruros interfieren en la determinación de nitratos debido a su acción reductora.

La concentración de cloruros puede ser determinada por métodos volumétricos o potenciométricos. Este último-

se utiliza cuando el color de las muestras interfiere en la observación precisa del viró en la valoración.

- d) Oxígeno Disuelto (OD). Todo organismo vivo depende de oxígeno en una forma u otra para mantener los procesos metabólicos que producen energía para su crecimiento y reproducción. Los procesos aerobios son de particular interés por su requerimiento de oxígeno libre. El ingeniero, aparte de su interés por las "condiciones atmosféricas" de líquidos, siendo el agua el líquido de mayor abundancia e importancia. Todos los gases de la atmósfera son solubles en el agua hasta cierto grado. Tanto el nitrógeno como el oxígeno están clasificados como solubles, y como reaccionan con el agua químicamente, su solubilidad está en proporción directa con sus presiones parciales.

La solubilidad depende enormemente de la temperatura y la cantidad de sólidos disueltos en el agua.

La solubilidad de oxígeno atmosférico en agua dulce va de 14.63 mg/lt a 0 °C hasta 7.63 mg/lt a 30 °C. bajo una atmósfera de presión. Como es un gas poco soluble su solubilidad varía directamente con la presión atmosférica a cualquier temperatura. Esta es una considera

ción muy importante en lugares de mucha altura. Porque las proporciones de oxidación biológica aumentan con la temperatura y las demandas de oxígeno correspondientemente, las condiciones de temperaturas altas, -- cuando el oxígeno disuelto es menos soluble, son de mayor preocupación para los ingenieros sanitarios. La mayoría de las condiciones críticas relacionadas con la deficiencia de oxígeno disuelto ocurren durante los meses de verano cuando la temperatura es alta y la solubilidad del oxígeno está en su mínimo. Por esta razón se acostumbra considerar un nivel de 8 mg/lit de -- oxígeno disuelto como máximo durante las épocas críticas.

La baja solubilidad del oxígeno es el principal factor que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales y obliga al tratamiento de los residuos para remover los contaminantes antes de descargar las aguas residuales a los cuerpos receptores.

En los procesos de tratamiento biológico, la solubilidad limitada del oxígeno cobra gran importancia porque rige la proporción a la cual se observará el oxígeno y por consiguiente el costo de aeración.

En aguas residuales, el oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos se llevan a cabo por organismos aerobios o anaerobios. Los primeros usan oxígeno libre para oxidar la materia orgánica e inorgánica y producen productos finales inocuos, mientras que los segundos logran la oxidación mediante la reducción de ciertas sales inorgánicas como sulfatos, y los productos finales muchas veces son repugnantes. Como los dos tipos de organismos se encuentran ampliamente en la naturaleza, es muy importante mantener las condiciones favorables a los organismos aerobios, para evitar las condiciones indeseables provocadas por los organismos.

Para la determinación de oxígeno disuelto se consideró el efecto de las interferencias, los materiales oxidantes o reductores que pueden estar presentes en la muestra. La presencia de ciertos agentes oxidantes liberan yodo de los yoduros (interferencia positiva) y la presencia de ciertos agentes reductores reducen al yodo a yoduro (interferencia negativa). Ciertos compuestos orgánicos interfieren con la prueba impidiendo la sedimentación del precipitado oxidado de manganeso y oscureciendo parcialmente el punto final de la titulación yodométrica con indicador de almidón.

Para fijar el oxígeno se adicionan, a la botella de -- DBO conteniendo la muestra, 2 ml de sulfato manganoso- ($Mn SO_4$) con una pipeta graduada cuidando que la punta de la misma penetre aproximadamente 0.5 cm en el seno- del agua.

A continuación se agregan 2 ml del reactivo denominado alcali-yoduro-nitruro, que es una solución de hidróxi- do de sodio ($Na OH$); yoduro de potasio ($K I$) y nitruro de sodio ($Na N_3$); la adición se hace de la misma forma que el reactivo anterior.

Al hacer esta adición se forma un precipitado café, si hay oxígeno disuelto, en caso negativo el precipitado- será blanco. Una vez formado el precipitado café se - tapa la botella de DBO y se agita vigorosamente duran- te 30 segundos, después de lo cual se deja sedimentar- el precipitado. Finalmente se adicionan 2 ml de ácido sulfúrico ($H_2 SO_4$) concentrado y se agita hasta la to- tal disolución del precipitado. Con esto el oxígeno - disuelto queda fijado.

El manejo, transporte y conservación de las muestras, - de oxígeno disuelto. Evitar una exposición prolongada a la luz solar y transportarlas en cajas adecuadas pa-

ra evitar pérdidas de muestra por movimientos, mantenerlas en refrigeración a 20 °C de temperatura.

- e) **Demanda Química de Oxígeno (DQO).** La determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) proporciona la medida de oxígeno que es equivalente a la porción de materia orgánica, presente en una muestra de agua, capaz de oxidarse por procedimientos químicos.

Su mayor ventaja es la rapidez con que se efectúa, ya que se necesitan 3 hrs como máximo para su valoración, en lugar de los 5 días que se requieren para medir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Deben analizarse inmediatamente después de su colección, si no es posible, deben preservarse con 5 ml de ácido sulfúrico o refrigerarse a 4 °C.

La demanda química de oxígeno es un parámetro importante y rápido para determinar el grado de contaminación de corrientes y aguas residuales industriales y para el control de las plantas de tratamiento de aguas de desecho.

Transporte, manejo y conservación. Evitar que las --- muestras no tengan contacto con los rayos solares, ade cuarlas en cajas con refrigeración para su transporta- ción

III. Análisis Biológicos y Bacteriológicos

- a) Demanda bioquímica de oxígeno
- b) Bacterias (Coliformes)

a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Es una estima--- ción de la cantidad de oxígeno que se requiere para -- oxidar la materia orgánica de una muestra de aguas re- siduales, por medio de una población microbiana hetero- génea. Esta prueba es un procedimiento de bioensayos- que comprende la medida de oxígeno consumido por los - organismos vivos, para utilizar como alimento la mate- ria orgánica presente en un desecho en condiciones muy similares a las naturales.

La degradación de la materia orgánica efectuada por -- los organismos antes mencionados en condiciones aéro-- bias, es llevada hasta una oxidación completa, es de-- cir, hasta dióxido de carbono, agua y amoníaco.

La cantidad de oxígeno requerida para dicha oxidación se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días de incubación a 20 °C de temperatura.

- b) Bacterias. La calidad sanitaria del agua y su adaptabilidad o usos generales, con respecto a la presencia de bacterias, se determina por los análisis bacteriológicos.

Los estudios bacteriológicos del agua sirven para determinar focos de organismos de importancia para la salud pública, así como, establecer procedimientos que permitan descubrirlos, identificarlos y destruirlos.

Una gran variedad de microorganismos se presentan en todas las fases del ciclo hidrológico; el agua atmosférica contiene flora microbiana presente en pequeñas partículas que arrastra el aire, el agua superficial alberga infinidad de microorganismos naturales, extraños presentes por causa de contaminación, y los aportados por la precipitación pluvial.

Los gérmenes patógenos que con más frecuencia se propagan por el agua son generalmente causantes de infección.

nes intestinales.

La muestra ha de recogerse en un recipiente esterilizado, la muestra deberá ser representativa del abastecimiento del que proceda, deberá evitarse la contaminación de la muestra durante su recolección y transporte, deberá analizarse lo más pronto posible, y conservarse a temperatura de 4 °C.

Coliformes. Los análisis bacteriológicos que se practican habitualmente, están encaminados a la obtención y determinación de microorganismos, reveladores de contaminación fecal de procedencia humana o animal; ésto se logra dirigiendo la atención hacia especies bacterianas de origen fecal conocido, en especial del grupo coliforme; debido a varias ventajas.

Las bacterias coliformes existen en gran cantidad en el intestino humano, viven en el agua durante mas tiempo que los gérmenes intestinales patógenos. La presencia de bacterias coliformes en el agua es índice de eyecciones, lo que significa un inicio de precauciones y prevenciones contra posibles daños; por ejemplo, una persona enferma de tifoidea arrojará en sus eyecciones el microbio específico,

esto pudiera ser causa de una epidemia.

Las bacterias coliformes son bacilos aerobios y anaerobios - facultativos, gram-negativos, no esporulados, - que producen ácido y gas en la fermentación de la lactosa.

Las normas de agua potable estipulan que el número permisible de coliformes por cada 1000 ml de agua debe -- ser de 2.

Para determinar el número total de organismos presentes, se utiliza la técnica de recuento en placas con diluciones de 1 ml y 0.1 ml de muestra, incubando a -- 35 °C por 24 hrs. se hace el recuento de colonias y se calcula el número de bacterias por milímetro de muestra.

En las tablas 2.1 y 2.2 se presentan las instrucciones generales para los muestreos y los métodos estándar para el análisis de muestras de agua respectivamente.

TABLA 2.1. INSTRUCCIONES GENERALES PARA MUESTREOS

No.	Parámetro	Preservación y cuidado de muestras	Transporte y almacenamiento de muestras	Tiempo máximo de preservación
1	Nitrógeno amoniacal (NH_3)	Adicionar, por cada litro de muestra 0.8 ml de H_2SO_4 concentrado o 40 mg de HgCl_2	Refrigeración a 4°C	7 días
2	Nitrógeno orgánico	Igual al anterior	Refrigeración a 4°C	7 días
3	Nitrógeno de nitratos (NO_3)	Igual al anterior	Refrigeración a 4°C	7 días
4	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Adicionar suficiente H_2SO_4 concentrado -- hasta alcanzar un pH de 2 a 3	Se debe hacer sin demora la determinación, y las muestras que contengan sólidos sedimentables se deben homogeneizar adecuadamente.	6 horas
5	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	Se debe analizar lo más pronto posible, y las muestras se deben tomar con muestreadores especiales	Refrigeración a 4°C	6 horas
6	Oxígeno Disuelto (OD)	Adicionar inmediatamente: 2ml de MnSO_4 +2 ml de alcali-ioduro-nitrato. Agitar enérgicamente 15 veces. Dejar reposar hasta la formación del precipitado. Después, agregar 2 ml de H_2SO_4 (conc. 0.36 N). Agitar vigorosamente.	Tomar en frascos especiales de vidrio, con tapón esmerilado, de 300 ml de capacidad. Proteger de los rayos del sol y refrigerar a 4°C, evitando la formación de burbujas.	
7	Fosfatos (PO_4)	Agregar 40 mg de HgCl_2 por litro. Lavar los recipientes de vidrio con HCl diluido y caliente, seguido de varios lavados con agua destilada.	Usar recipientes de vidrio que no hayan sido lavados con detergentes. Refrigerar a 4°C	7 días

TABLA 2.2. DESCRIPCION DE LOS METODOS ESTANDAR PARA ANALISIS DE AGUAS

No.	Parámetro	Métodos estándar de determinación	Sensibilidad mínima del método mg/lit	Precisión	Exactitud	Posibles interferencias del método	Agua	Agua Residual	
							lacas tras	Alcali pales	Aguas colas
1	Nitrógeno amoniacal (NH ₃)	Destilación (Kjeldahl)	No lo reporta	40%	0.2%	Calcio, alcoholes, aminas alifáticas y aromáticas, cloraminas orgánicas, acetona, aldehídos		X	X
		Nesslerización directa	0.02	175%	2.6%		X		
2	Nitrógeno orgánico	Destilación (Kjeldahl)	1	60%	32.1%	Calcio, alcoholes, aminas alifáticas y aromáticas	X	X	X
3	Nitrógeno total por cálculo	$N_T = N_{H_3} + N_{org}$							
4	Nitrógeno de nitratos (NO ₃)	Acido Peroldisulfónico	0.01	62.2%	33%	Cloruros, nitritos, iones coloridos	X	X	X
5	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Dicromato a reflujo	10	7.9%	95% del valor teórico	Compuestos alifáticos de cadena abierta, hidrocarburos aromáticos, piridina, cloruros.	X	X	X
6	Demanda biológica de oxígeno (DBO)	Incubación (5 días a 20°C)	0.05	11%	No existe patrón	Nitritos, hierro ferroso Sulfito, tiosulfato, cloro libre, hipoclorito.	X	X	X
7	Oxígeno Disuelto (OD)	Winkler modificado	0.05	0.1mg/lit	No reporta	Nitritos, hierro ferroso Sulfito, tiosulfato, cloro libre, hipoclorito	X	X	X
8	Fosfatos Totales	Cloruro estannoso	0.03	15.8%	13.7%	Arsénico, germanio, lignina, cromatos, peróxido, hierro, color, turbiedad.	X	X	X
		Cloruro estannoso					X	X	X
	Poli por Cálculo	Poli=totales-orto							

CAPITULO III

El Nitrógeno y el Fósforo como Contaminantes

III.1 Origen del Nitrógeno

Se atribuye su descubrimiento a Daniel Rutherford en 1772, aunque Scheele, Cavendish y Priestley lo obtuvieron en --- aquel tiempo.

Rutherford había encontrado que cuando asfixiaba a un ratón o quemaba una vela en un volumen de aire confinado y se quitaba el gas carbónico ("aire fijo o mefítico") con un álcali, el "aire residual" ("aire nocivo") resultaba tóxico y apagaba dicha vela.

Lavoisier fué el primero en pensar que ese era una sustan--

cia simple y lo llamó azote ("sin vida"), nombre que todavía se le da en francés.

El nombre nitrógeno, que significa "El que toma nitro" del griego nitro y el sufijo geno, fué propuesto por Chaptal.

El nitrógeno constituye casi el 80%, existiendo en forma de gas en la atmósfera, solo unos pocos organismos, todos microscópicos son capaces de transformar el nitrógeno del aire en compuestos como: nitritos y nitratos, que pueden ser utilizados por los sistemas vivos.

Ciclo del nitrógeno. Toda la materia viva contiene nitrógeno ligado con otros elementos, para formar moléculas orgánicas. Cuando estos organismos mueren, la materia muerta pasa a ser inmediatamente una fuente alimenticia para las bacterias, las cuales transforman esas complejas moléculas orgánicas en formas más simples de materia nitrogenada, después en amoníaco, luego en nitritos y finalmente nitratos. Los nitratos son el producto final y la forma utilizable más simple en que existe del nitrógeno.

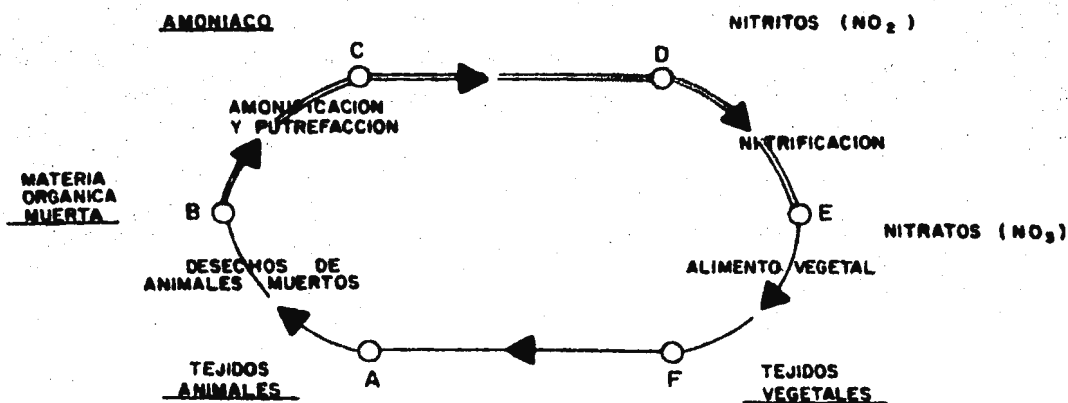
III.2 Fuentes de Nitrógeno

Los diferentes tipos de nitrógeno son de gran interés, debi

do a la importancia que tienen en los procesos de la vida - de plantas y animales.

El nitrógeno tiene varios cambios de valencia, positivas o negativas dependiendo de las condiciones previas aerobias ó anaerobias que existan.

La relación que existe entre las diversas formas de nitrógeno y los cambios que pueden existir en la naturaleza, se -- ilustran en el diagrama del ciclo del nitrógeno, que se pre -- senta a continuación:



EL CICLO DEL NITROGENO

Los desechos humanos y animales transportados por las aguas residuales contienen nitrógeno en forma orgánica. En condiciones aerobias, las bacterias autótrofas nitrificantes (nitrósomas) convierten el amoníaco a nitritos aprovechando la-

energía generada en tal oxidación.

En condiciones anaeróbicas, los nitratos y nitritos son reducidos mediante el proceso llamado desnitrificación. Posiblemente los nitratos son reducidos a nitritos y a continuación se efectúa la reducción de los nitritos.

Contadas bacterias reducen los nitritos a amoníaco; la mayoría de ellas lo reducen a nitrógeno gaseoso el cual escapa a la atmósfera. La ventaja de la desnitrificación, es la eliminación de nitrógeno de los desechos, cuando esto es requerido para la prevención del crecimiento indeseable de algas y otras plantas acuáticas en cuerpos de agua receptores.

Importancia sanitaria. Los análisis del nitrógeno ha sido practicado desde que el hombre se convenció que el agua puede transmitir enfermedades. Durante mucho tiempo el análisis de éste ha sido una base de juicio para determinar la calidad sanitaria del agua. Hoy en día, los análisis del nitrógeno se efectúan por diferentes razones. Se sabe que las aguas contaminadas tienen el poder de autopurificación en un período determinado de tiempo. La posibilidad de contraer enfermedades por la ingerencia del agua contaminada decrece con la temperatura.

Para las necesidades de la ingeniería sanitaria interesan -
únicamente cuatro tipos de nitrógeno:

- a) Nitrógeno amoniacal
- b) Nitrógeno orgánico
- c) Nitrógeno de nitritos
- d) Nitrógeno de nitratos

- a) Nitrógeno amoniacal. Su presencia dentro del agua indica generalmente que contiene materia orgánica, siendo un producto de la actividad microbiológica.

El contenido en aguas superficiales y en aguas profundas, sus concentraciones son variables, cuando se encuentran en aguas superficiales se acepta a veces que el nitrógeno amoniacal es una evidencia química de la contaminación de aguas residuales.

Su presencia en aguas profundas es bastante general, - como resultado de procesos naturales de reducción. En algunas plantas de tratamiento se agrega amoníaco para la cloración residual combinada del agua.

Si la muestra contiene cloro residual, pueden tener -- presentes monocloramina, dicloramina y tricloramina, -

la decoloración, previa al análisis las convierte en --
amoníaco.

Método de análisis. Método de Nesslerización directa --
es aconsejable que se haga en muestras claras que ten --
gan poco o ningún color y turbiedad, lo mismo que canti --
dades significativas de interferencias. Si se tiene --
estas, o se desea determinar nitrógeno orgánico, se --
destila la muestra seguida de una nesslerización direc --
ta.

- b) Nitrógeno orgánico. El nitrógeno orgánico incluye el --
nitrógeno de los aminoácidos, amins, amidas, imidas y --
nitroderivados. En las aguas residuales domésticas es --
tá en forma de protefinas o de sus productos de degrada --
ción; polipéptidos y aminoácidos. Muchos de los com --
puestos orgánicos que contienen nitrógeno se derivan --
del amoníaco, y de la destrucción de la materia orgáni --
ca por oxidación.

En la determinación del nitrógeno total, el método --
Kjeldhal cuantifica al nitrógeno amoniacal y orgánico, --
pero no incluye el de nitritos y nitratos. El método --
es el mismo que se usa para la determinación de nitró --
geno orgánico con excepción del paso de la remoción --

del nitrógeno amoniacal (el cual se excluye).

- c) Nitrógeno de nitritos. Los nitritos son una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno. Pueden estar en el agua como resultado de la descomposición biológica de los materiales proteícos. Cuando esta correlacionado con otros tipos de nitrógeno, puede indicar contaminación orgánica.

También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución, como resultado de la acción de distribución, como resultado de la acción bacteriana o por otros organismos sobre el nitrógeno amoniacal, que se domifica a altas temperaturas en el tratamiento del agua para obtener un cloro residual combinado.

- d) Nitrógeno de nitratos. Los nitratos presentan la fase más altamente oxidada en el ciclo del nitrógeno y alcanza, normalmente, concentraciones importantes en las etapas finales de oxidación biológica. Por lo general se presenta en aguas superficiales, pero también alcanza elevadas concentraciones en algunas aguas subterráneas.

Enfermedades que causan los nitratos. Entre las principales enfermedades tenemos; la cianosis de los nitratos o llamada también metahemoglobinemia y bocio.

La cianosis de los nitratos o metahemoglobinemia son provocadas por los suministros de agua potable por el contenido elevado de nitratos, en los que ataca principalmente a los niños menores de 6 meses en que se les dá leche preparada. Se debe a que los jugos gástricos de los niños son neutros en vez de ácidos, los nitratos se reducen a nitritos.

La adsorción de los nitritos por la corriente sanguínea, y su combinación con la hemoglobina, que no es portadora de oxígeno, priva a los organismos y tejidos de este elemento vital, provocando un envenenamiento en la sangre, los síntomas de ésta enfermedad, se manifiesta por una coloración azul en la piel.

Bocio. Esta enfermedad, también es causada por los nitratos y otras sustancias, provenientes del consumo de pozos profundos muy contaminados.

En el ganado es mortal una elevada concentración de ni
tratos, en aguas donde proliferan colonias de algas, -
verdiazules y de otras variedades.

Origen del Fósforo. Fué descubierto por Brandt en 1669 ---
mientras buscaba la piedra filosofal cuyo objeto era trans-
formar cualquier sustancia en oro.

Obtuvo fósforo a partir de la orina, luego de un proceso la-
borioso. Pero el primer trabajo publicado con cierto funda-
mento, científico pertenece a C. Krafft. El fósforo como -
elemento, fué reconocido por Lavoisier en 1777.

El fósforo no se encuentra libre en la naturaleza, pero sí-
combinado en forma de compuestos inorgánicos como fosforita
(fosfato de calcio) y la flourapatita (flourfosfato de cal-
cio).

El fósforo es el principal constituyente de los huesos y --
dientes; además se encuentra formando parte de los tejidos-
animales, y vegetales y constituye parte de las fosfoprotef
nas y otros compuestos orgánicos.

La sangre, la yema del huevo, la leche, los nervios y el ce-
rebro contienen fósforo en forma de lecitinas. Por ésta ra

són los animales y vegetales necesitan fósforo para desarro-
llarse.

Una parte del fósforo contenido en el organismo se elimina
diariamente por la orina y los excrementos, en la propor-
ción de 2 g. por cada 24 hrs.

III.5 Fuentes de Fósforo

El fósforo se encuentre en las aguas naturales casi única-
mente en forma de diversos tipos de fosfatos.

Estas formas son comúnmente ortofosfatos, fosfatos condensa
dos (piro, meta y polifosfatos) y fosfatos orgánicos. Puen-
den presentarse en forma soluble en partículas de detritus-
o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Las diversas formas de fosfato provienen de una gran varie-
dad de fuentes. Cantidades pequeñas de ciertos fosfatos --
condensados son agregados a algunos abastecimientos de agua
durante el tratamiento.

Cantidades mayores de los mismos compuestos pueden ser agre-
gados cuando el agua se usa para el lavado u otro tipo de -
limpieza, puesto que estos materiales son constituyentes --

principales de muchas preparaciones comerciales de limpieza. Los ortofosfatos aplicados en la agricultura como fertilizantes, son llevados a las aguas superficiales con las corrientes de desagüe y en menor grado con el deshielo. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en los procesos biológicos, por consiguiente llegan a las aguas de desecho como residuos de alimentos, o pueden formarse de los ortofosfatos en los procesos de tratamiento biológico o por la vida presente en el agua receptora.

El fósforo es un elemento que es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser, a menudo, el nutriente -- que limita el crecimiento de ellos.

En casos en los que el fósforo es un nutriente limitante -- del crecimiento, la descarga de aguas negras crudas o tratadas, del drenado agrícola o de ciertos residuos industriales a una agua receptora puede estimular el crecimiento, en cantidades molestas de micro y macroorganismos acuáticos fotosintéticos.

Los fosfatos se presentan en los sedimentos bentales y -- lodos biológicos, como formas inorgánicas precipitadas e incorporadas en los compuestos orgánicos.

III.4 Importancia Sanitaria

El fósforo es cada vez más importante por ser un factor vital en el proceso de la vida.

Los fosfatos se usan en abastecimientos de agua pública como un medio para controlar la corrosión. También para ablandar el agua (quitar dureza).

III.5 Nitrógeno y Fósforo como Nutrientes

Las aguas residuales domésticas tienen un alto valor nutritivo por el nitrógeno y fósforo que contienen; pero si se encuentran en exceso, el crecimiento de algas produce condiciones desfavorables; se ha concluido que en cualquier lago estratificado en que se tenga más de 0.3 ppm de nitrógeno inorgánico y 0.1 ppm de fósforo inorgánico en el tiempo de inmersión primaveral, se provoca un crecimiento desmesurado de algas, con el consiguiente abatimiento del oxígeno disuelto que da lugar a una pronta acumulación de lodos productos de las mismas algas al morir, esto se conoce como eutroficación o envejecimiento prematuro de los lagos.

Todos los lodos provenientes de los procesos de tratamientos aeróbicos y anaeróbicos contienen cantidades significa-

tivas de fósforo y éstos se emplean como fertilizantes.

Los detergentes contienen de 12 a 13% de fósforo que equivale desde un 25% a 45% de polifosfatos medidos como fosfatos, el empleo de estas sustancias se ha incrementado notablemente en el uso doméstico, agravándose el problema de su eliminación en los tratamientos de aguas.

El nivel crítico de fosfatos es de 0.01 mg/lit y la cantidad de fósforo en aguas residuales domésticas es de 1.5 g/día -- por habitante.

CAPITULO IV

Control del Contenido de Nitrogeno y Fósforo

El control de la contaminación de aguas ha requerido de planes y programas a nivel tanto nacional como regional y local. Uno de los objetivos de estos programas es el de obtener un aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles, tanto públicos como privados para lograr dicho control. Este control esta basado y comprende la implementación y la aplicación del reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, publicado en marzo de 1973 y con aplicación en todo el país.

Dicho reglamento esta dividido en tres etapas convencionales de aplicación que consisten en:

1. Un inventario de las descargas de aguas residuales a excepción de las provenientes de casas habitación.
2. El tratamiento primario de las descargas que sobrepasan los límites permisibles de los siguientes parámetros: pH, temperatura, grasas y aceites, materias -- flotantes y sólidos sedimentables.
3. La clasificación de cuerpos receptores en función de sus usos y el establecimiento de condiciones o normas especiales de calidad a las aguas residuales que se descarguen a los cuerpos receptores ya clasificados.

Por estas razones se han establecido prioridades para el -- aprovechamiento de los volúmenes de agua disponibles y ha sido necesario establecer normas en cuanto a la conserva--- ción de la calidad.

Para que el agua natural pueda aprovecharse en uso doméstico será necesario que tenga una calidad tal, que con un tra tamiento convencional de potabilización el agua cumpla con determinadas normas. En la tabla 4.1 se presentan las normas para aguas superficiales de abastecimiento de agua pública.

En la tabla 4.2 se muestra un resumen de la "A.W.W.A", de la

calidad del agua requerida por varias industrias.

Las características químicas de los cuerpos de agua utilizados para abasto público de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud se presentan en la tabla 4.3.

Con el objeto de dar una idea de la variabilidad de la calidad requerida para los diferentes procesos y su relación -- con las aguas superficiales se muestra la tabla 4.4.

Las tablas 4.5 y 4.6 muestran la calidad requerida para agua - potable de acuerdo con diversos criterios.

El concepto más importante en la selección de la calidad -- del agua para la conservación de la piscicultura es el referido a la cadena alimenticia. Cualquier efecto que altere la cadena alimenticia a cualquier nivel, puede causar trastornos serios a organismos mayores de la cadena.

Los problemas principales son aquellos que causan toxicidad y asfixia de peces, producidos por compuestos y elementos - químicos y por la ausencia o poco contenido de oxígeno disuelto respectivamente ver tabla 4.7. La contaminación, -- bacteriológica también implica gran preocupación, no tanto por el efecto que pueda tener en los organismos acuáticos - mismo, sino por los peligros que pueda representar al hombre por la ingestión de peces y mariscos.

TABLA 4.1. NORMAS PARA AGUAS SUPERFICIALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICA.

CONSTITUYENTES	NORMAS PERMITIDAS	NORMAS DESIADAS
FISICAS:		
Color (unidad de color)	75	> 10
Olor	ausente	ausente
Temperatura		
Turbiedad	ausente	ausente
BACTERIOLÓGICAS:		
Organismos coliformes	10 000/100 ml	> 100/100 ml
Coliformes fecales	1 000/100 ml	> 20/100 ml
COMPUESTOS INORGÁNICOS:		
	mg/l	mg/l
Alcalinidad		
Amoníaco	0.05 (como N)	> 0.01
Arsénico	0.05	ausente
Bario	1.0	ausente
Boro	1.0	ausente
Cadmio	0.01	ausente
Cloro	250	> .25
Cromo hexavalente	0.05	ausente
Cobre	1.0	ausente
Hierro soluble	0.3	ausente
Plomo	0.05	ausente
Manganeso soluble	0.05	ausente
Nitratos más nitritos	10 (como N)	ausente
pH	6-8.5	
Selenio	0.01	ausente
Plata	0.05	ausente
Sulfatos	250	> 50
Sólidos totales disueltos	500	> 200
Ión uranilo	5	ausente
Cinc	5	ausente
Oxígeno disuelto	≥ 4	cerca de la saturación
COMPUESTOS ORGÁNICOS: (mg/l)		
Extractos de carbón en		
Cloroformo (CCE)	0.15	> 0.04
Cianuro	0.20	ausente
ABS	0.5	ausente
Grasas y aceites	ausente	ausente

TABLA 4.1 (CONTINUACION)

CONSTITUYENTES	NORMAS PERMITIDAS	NORMAS DEBIDAS
PESTICIDAS		
Aldrin	0.017	ausente
Clordano	0.003	ausente
DDT	0.042	ausente
Dieldrin	0.017	ausente
Endrin	0.001	ausente
Liridano	0.056	ausente
Fosfatos Orgánicos más Carbonatos	0.1	ausente
HERBICIDAS:		
2.4-D más 2,4,5-T más 2,4,5 TP	0.1	ausente
Fenoles	0.001	ausente
RADIOACTIVIDAD: (P c/l)		
Beta neta	1 000	> 100
Radio 226	3	> 1
Estroncio 90	10	> 2

TABLA 4.2 VALORES TÍPICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS

Tipo de Industria	Turbiedad	Color	Dureza	Alcalinidad	pH	Sólidos Disueltos totales	Po y Mo
Panadería	10	10	-	-	-	-	0.5
Calderas							
0-150 psi	20	80	75	-	8.0+	3000 - 1000	
150-250 psi	10	40	40	-	9.5+	2500 - 500	
250 psi	5	5	8	-	9.0+	1500 - 100	
Cervecería							
Clara	10	-	-	75	6.5-7	500	0.1
Oscura	10	-	-	150	7.0	1000	0.1
Enlatada							
General	10	-	-	-	-	-	0.2
Legumbres	10	-	25 - 75	-	-	-	0.2
Refrescos	2	10	250	50	-	850	0.3
Dulcerías	-	-	50	-	-	100	0.2
Enfriamiento	50	-	50	-	-	-	0.5
Hielo	1-5	5	-	30-50	-	300	0.2
Lavanderías	-	-	50	-	-	-	0.2
Plásticos transparentes	2	2	-	-	-	200	0.02
Papel y pulpa madera	50	20	180	-	-	-	1.0
K + a f t	25	15	100	-	-	300	0.2
Sulfito	15	10	100	-	-	200	0.1
Rayón							
Producción	5	5	8	50	-	-	0.05
Fabricación	0.3	-	55	-	7.8-8.3	50	0.0
Tenerías	20	10-100	50-135	133	8.0	-	0.2
Textilerías general	5	20	20	-	-	-	0.25
Tinturas	5	5-20	20	-	-	-	1.0
Lavado de lana		70	20	-	-	-	

TABLA 4.3 . CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN LOS CUERPOS DE AGUA UTILIZADAS PARA ABASTO PÚBLICO (OMS)

Compuestos que Afectan la Potabilidad del Agua	Límite Máximo Permisible
Sustancia	
Sólidos disueltos totales	1500 mg/l
Hierro	50 mg/l
Manganeso suponiendo que el contenido de Amoníaco es menor que 0.5 mg/l	5 mg/l
Cobre ^a	1.5 mg/l
Cinc ^a	1.5 mg/l
Magnesio más sulfato de sodio	1000 mg/l
Sulfonato de alquil-bencilo (ABS ^b)	0.5 mg/l
Compuestos Peligrosos para la Salud	
Nitratos (NO ₃)	45 mg/l
Fluoruros	1.5 mg/l
Sustancias Tóxicas	
Sustancias fenólicas	
Arsénico	0.002 mg/l
Cadmio	0.05 mg/l
Cobalto	0.01 mg/l
Cromo	0.05 mg/l
Cianuro	0.20 mg/l
Plomo	0.05 mg/l
Selenio	0.01 mg/l
Sustancias radiactivas (actividad total Beta)	1000 mg/l
Indicadores Químicos de Polución	
Límite Mínimo de Polución	
Demanda química de oxígeno	10 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	6 mg/l
Nitrógeno de NO ₃	1 mg/l
NH ₃	0.5 mg/l
Extracto de carbón por cloroformo (ECC Poluyentes Orgánicos)	0.5 mg/l
Grasa	1 mg/l

a) Estos son los valores máximos para la calidad de agua cruda y por esta razón son menores que los valores permisibles para agua potable donde la presencia de las sustancias metálicas probablemente son el resultado de la acción agreste del agua sobre la tubería metálica.

b) Este valor se ha establecido basado en la máxima sensibilidad de los procedimientos analíticos aceptados.

TABLA 4.4. CALIDAD DEL AGUA REQUERIDA PARA DIFERENTES PROCESOS

Uso	Normas de Calidad durante las sequías	Tratamiento de Agua requerido antes del uso Mostrado en la Columna 1	Tratamiento para aplicar a las aguas residuales antes de su descarga	
			Normal	Emergencia
1	2	3	4	5
I. Usos Industriales que no requieren agua de muy buena calidad, irrigación de cultivos no susceptibles de contaminación cuando se destinan a consumo humano; recepción de residuos sin originar molestias.	Ausencia de molestias; olores materia grasosa ó desgradable en suspensión ó flotante: $OD > 2$ mg/l, como promedio diario; siempre > 1.0 mg/l; $pH > 5.0 < 9.0$; Temperatura $95^{\circ}F$ ($35^{\circ}C$) Sólidos disueltos < 750 mg/l, - como promedio mensual siempre < 1000 mg/l	En algunas ocasiones ninguno; cloración cuando se requiera	Sedimentación y cloración	Cloración fuerte para remoción de ácido sulfúrico, adición de nitratos para suministrar oxígeno
II. Pesca; paseos en botes, cultivo de ostras para pie de cría, uso industrial después del tratamiento.	Ausencia de grasa, olores y sólidos visibles flotantes en suspensión; $OD > 5$ mg/l durante un mínimo de 16 hrs/día, siempre 3 mg/l $CO_2 < 40$ mg/l preferentemente < 20 mg/l; $pH < 9$; - promedio día preferentemente $6.5 - 8.5$ Temp. $< 93^{\circ}F$ ($33^{\circ}C$) - de mayo a nov. $< 93^{\circ}F$ ($22.8^{\circ}C$) - de dic. a abril sustancias tóxicas < 0.1 en el valor de la mediana de la tolerancia a 48 hrs.	No implica la segregación del agua	Sedimentación - precipitación - química ó tratamiento biológico, dependiendo del grado de dilución.	Aeración, adición del agua para disolución; cloración fuerte.

TABLA 4.4. (CONTINUACION)

1	2	3	4	5
<p>III. Baños recreo</p>	<p>Clara, sin materia visible de Aguas Negras; grupo coliforme <1000/100 ml (prom. mensual) - 20% >1000, ninguna >2400 en ningún día OD cercano a la saturación.</p>	<p>No implica la segregación del agua.</p>	<p>Sedimentación, precipitación química o tratamiento biológico dependiendo del grado de dilución, cloración del efluente.</p>	<p>Cloración fuerte</p>
<p>IV. Cultivo de Moluscos.</p>	<p>Mediana del NMP del grupo coliforme < 70/100 ml y < 10% de las muestras con NMP > 230 /100 ml para las áreas aprobadas y < 10 veces el valor del NMP para las áreas restringidas.</p>	<p>Los moluscos proceden de áreas restringidas se pondrán en el mercado después de una auto purificación en aguas ligeramente cloradas o por trasplante a agua limpia.</p>	<p>Sedimentación precipitación química o tratamiento biológico dependiendo del grado de dilución; cloración del efluente.</p>	<p>Cloración fuerte</p>
<p>V. Agua potable y para diversos usos domésticos.</p>	<p>Normas químicas para las sustancias no removibles por el tratamiento común de aguas; - OD cercano a la saturación; - norma bacteriológica para grupos coliformes por 100 ml; - promedio mensual <5000 <20% > 50000 < 5% > 20000; número de umbral de olor < 24 (a 60°C) como promedio diario.</p>	<p>Depende de la calidad del agua cruda cloración antes y después de coagulación, sedimentación y filtración.</p>	<p>Sedimentación precipitación química o tratamiento biológico, conforme al grado de dilución; cloración del efluente, sólidos disueltos < 500 mg/l en promedio siempre < 750 - mg. actividad y total < 10000 mg/l en ausencia conocida de Sr⁹⁰</p>	<p>Cloración fuerte las autoridades sanitarias darán ordenes de hervir el agua.</p>

TABLA 4.5

COMPARACION DE LOS CONSTITUYENTES QUIMICOS EN LOS ESTANDARES DE AGUA POTABLE DE LA ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD Y LOS SERVICIOS PUBLICOS DE LA SALUD DE ESTADOS UNIDOS.

Constituyentes Químicos	OMS Internacional (1958)				OMS Europa		U.S.P.H.S. (1962)	
	Límite		Máx. Tolerable		Límite		Límite	Máx.
	Tolerable	Máximo	1958	1963	Recomendable	Tolerancia	recomendable	recomendable
Sulfonato de alquil bencilo	-	-	-	-	-	-	0.5	-
Amonio (NH ₄)	-	-	-	-	0.5	-	-	-
Arsénico	-	-	0.2	0.05	-	0.2	0.01	0.05
Bario	-	-	-	1.0	-	-	-	1.0
Cadmio	-	-	-	0.01	-	0.05	-	0.01
Calcio	75	200	-	-	-	-	-	-
Extracto de carbón en cloroformo	-	-	-	0.5	-	-	0.2	-
Fluoruro	200	600	-	-	350	-	250	-
Cromo (hexavalente)	-	-	0.05	0.05	-	0.05	-	0.05
Cobre	1.0	1.5	-	0.05	3.0	-	1.0	-
Cianuro	-	-	0.01	-	-	0.01	0.01	0.2
Fluoruro	-	-	-	0.2	1.5	-	0.8-1.7	1.6-3.4
Hierro	0.3	1.0	-	-	0.1	-	0.3	-
Plomo	-	-	0.1	0.05	-	0.1	-	0.05
Magnesio	50	150	-	-	125	-	-	-
Magnesio+Sulfato de sodio	500	1000	-	-	-	-	-	-
Manganeso	0.1	0.5	-	-	0.1	-	0.05	-
Nitrato (NO ₂)	-	-	-	-	50	-	45	-
Oxígeno disuelto (mínimo)	-	-	-	-	5.0	-	-	-
Compuestos fenólicos	-	-	-	-	-	-	-	-
Comofenoles	0.001	0.002	-	-	0.001	-	0.001	-
Selenio	-	-	0.05	0.01	-	0.05	-	0.01
Plata	-	-	-	-	-	-	-	0.05
Sulfato	200	400	-	-	250	-	250	-
Sólidos totales	500	1500	-	-	-	-	300	-
Zinc	5.0	15	-	-	5.0	-	5.0	-

TABLA 4.6. CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS

Normas Bacteriológicas Clasificación	NMP/100 ml Bacterias Coliformes
I. Calidad bacteriológica aceptable solamente por tratamiento de desinfección	0 - 50
II. Calidad bacteriológica que requiere extenso tratamiento (coagulación, filtración desinfección).	50 - 5000
III. Polución considerable que requiere extenso tratamiento por diferentes procesos	5000 - 50000
IV. Polución muy alta, inaceptable, - al menos que se cuente con tratamiento especialmente diseñado para cada agua en particular, fuente para ser usado solamente cuando sea inevitable	mayor de 50000

TABLA 4.7

En general se puede decir que las descargas de aguas residuales en los cuerpos receptores pueden ocasionar la muerte de peces por:

- a) **Aumento de temperatura**
- b) **Agotamiento del oxígeno disuelto**
- c) **Cambios de pH**
- d) **Desarrollo de nutrientes indeseables**
- e) **Alteración de la salinidad**
- f) **Producción de reacciones tóxicas**

De los productos químicos más conocidos como tóxicos, se -- pueden mencionar los siguientes:

- a) **Acidos**
- b) **Cloro**
- c) **Cianuros**
- d) **Metales pesados**
- e) **Compuestos fenólicos**
- f) **Solventes orgánicos**
- g) **Sulfitos**
- h) **Compuestos orgánicos sintéticos**
- i) **Salmueras**
- j) **Pesticidas**
- k) **Detergentes**

Debido a que el principal contaminante en las aguas residuales es la materia orgánica, el efecto más evidente de contaminación de cuerpos receptores se observa en el abatimiento del oxígeno disuelto provocado por la degradación sin control de dicha materia orgánica.

Los sistemas de tratamiento convencionales están enfocados primordialmente a remover la materia orgánica degradable -- (DBO); sin embargo los nutrientes orgánicos pueden permanecer, y de hecho así sucede, en los efluentes de dichos procesos de tratamiento. Estos nutrientes descargados a los cuerpos receptores causan el efecto llamado eutroficación ó hiperfertilización que produce crecimiento desmedido de --- plantas acuáticas tanto microscópicas como macroscópicas -- que para efectos prácticos representan materia orgánica degradable. O sea que la presencia de los nutrientes (N, P y S) en forma inorgánica o no degradable con presencia de luz solar provocan la creación de materia orgánica degradable - que va a consumir oxígeno en su degradación. El abatimiento del oxígeno disuelto se debe en este caso a tres factores:

- a) Degradación de la materia orgánica degradable en forma de plantas acuáticas (algas y plantas mayores).

- b) Limitación del estrato fotosintético que la capa de plantas acuáticas limita la penetración de la luz se reduce; y
- c) La misma capa de plantas acuáticas limita tanto el -- mezclado como la transferencia de oxígeno de la atmósfera.

Por las razones expuestas se considera importante controlar la descarga de nutrientes biológicos a los cuerpos receptores. En esta parte del estudio se pretenden analizar algunos métodos de control prácticos que pueden utilizarse para remover estos elementos de las aguas a descargar.

Sistemas de Tratamiento

La necesidad de proporcionar una eliminación más completa de los compuestos orgánicos y nutrientes (nitrógeno y fósforo) que contiene el agua residual ha vuelto a despertar el interés hacia la precipitación química. Se han desarrollado unos cuantos procesos para el tratamiento completo del agua residual cruda que incluyen la eliminación de nitrógeno y fósforo mediante precipitación química, se utilizan -- juntamente con un tratamiento biológico. También se han desarrollado procesos para eliminar el nitrógeno y el fósforo

de los efluentes secundarios.

En la figura 4.1, se presenta el diagrama para el tratamiento completo de agua residual cruda, donde se incluye la eliminación de fósforo y nitrógeno. Como en él se indica, después de la precipitación con cal en primera fase el agua residual se hace pasar a través de una torre de arrastre para eliminar el amoníaco (NH_3); a continuación se reduce el pH del agua residual por carbonatación, y el carbonato cálcico se separa por una precipitación en segunda fase. Seguidamente el agua pasa por un filtro multicapa para eliminar -- flóculos residuales y, por último, a través de columnas de carbón activado para eliminar la materia orgánica disuelta, antes de su evacuación al medio receptor o de su reutilización. Como se indica la cal requerida será función de la alcalinidad del agua residual cruda. Puede utilizar la dosis requerida en la mayoría de las aguas residuales. Según el funcionamiento de la torre de arrastre.

Las dosis necesaria solamente puede determinarse por ensayos de planta piloto con las aguas residuales a tratar.

Eliminación del Fósforo. Los productos químicos utilizados en la eliminación del fósforo son: cal, sulfato de alúminio y cloruro férrico. También se han usado con éxi

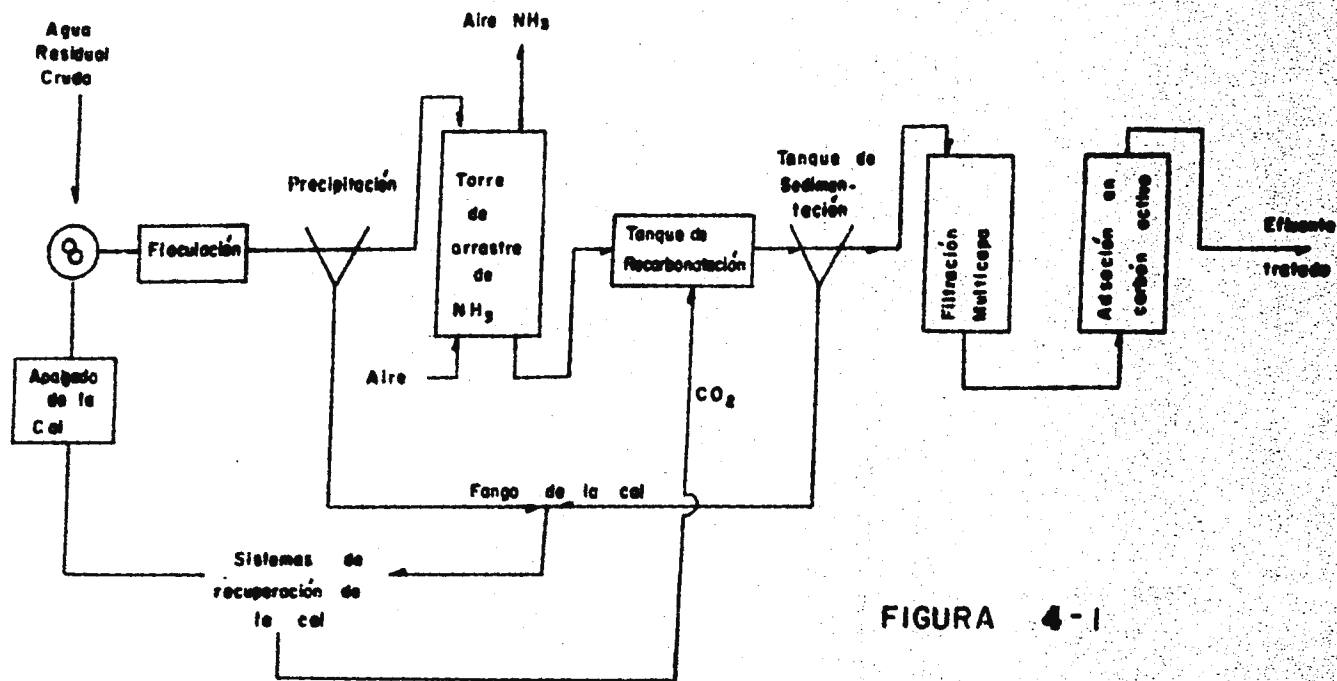


FIGURA 4-1

DIAGRAMA DE FLUJO DE TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO
 COMPLETO DE UN AGUA RESIDUAL QUE INCLUYE LA ELIMINACION
 DE NITROGENO Y FOSFORO

to ciertos polimeros junto con cal y el sulfato de alumi--
 nio. Normalmente, estos productos quimicos se añaden al ---
 agua residual sin tratar y los precipitados que contienen -
 al fósforo son separados en los tanques de sedimentación --
 primaria. El efluente de estos tanques se somete seguida--
 mente a un tratamiento biológico convencional.

En algunos casos se han añadido productos quimicos al tan--
 que de aireación o en la tubería que conduce a los tanques-
 de sedimentación del fango activado.

La aplicación del arrastre con aire en el tratamiento del -
 agua residual sin tratar y de la capa sobrenadante en el di-
 gestor se muestra en la figura 4.2.

Se añade cal al agua residual sin tratar para precipitar el
 fósforo.

El agua residual sedimentada se pasa seguidamente a través-
 de una torre de arrastre de amoníaco a contracorriente. El
 líquido separado se recarbonata y se vuelve a sedimentar. -
 También se incluye un sistema de recuperación de cal.

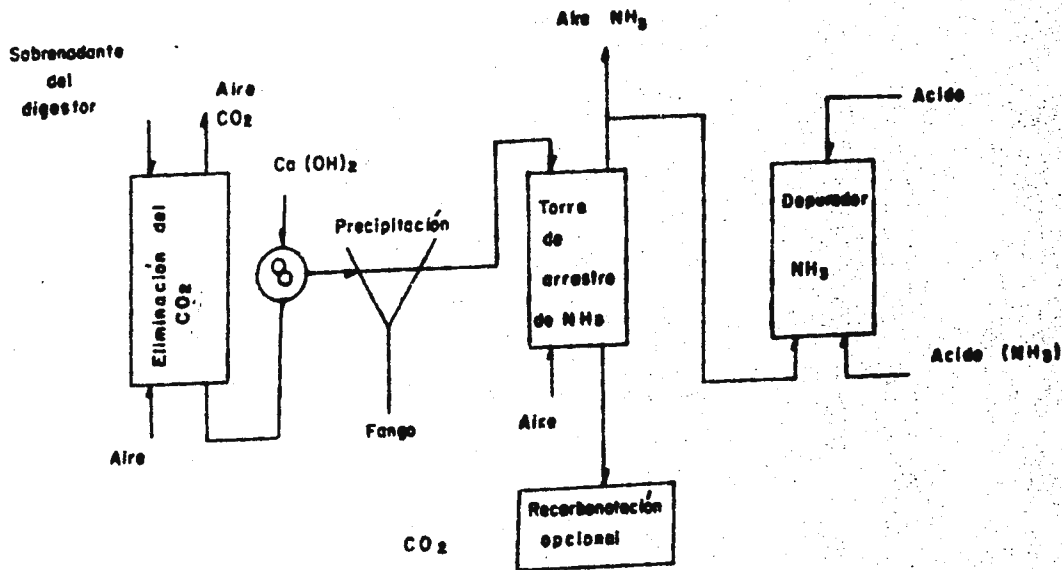


FIGURA 4 - 2

DIAGRAMA TIPICO DE ARRASTRE DEL AMONIACO DEL SOBRENADANTE DEL DIGESTOR

Procesos Biológicos

Los procesos biológicos que, concretamente, se analizarán -
son:

- Asimilación bacteriana
- Cultivos de algas
- Nitrificación-desnitrificación

Estos procesos han sido principalmente utilizados para la -
eliminación del nitrógeno en distintas formas e, indirecta-
mente, para la eliminación de fósforo.

Asimilación bacteriana. La eliminación del nitrógeno y del
fósforo mediante tratamiento biológico depende del hecho de
que el crecimiento normal y continuado de los microorganismos
requiere de la disponibilidad de ciertos elementos y nu-
trientes así como de una fuente de energía. Si la composi-
ción total del tejido celular biológico se representa como
 $C_5 H_7 NO_2$, tendremos entonces que se requerirán aproxima-
mente 0.13 Kg. de nitrógeno por cada Kg. de células produci-
das. La cantidad de fósforo requerida es una quinta parte-
de la del nitrógeno. Si la fuente alimenticia se ajusta y-
selecciona convenientemente, será posible convertir todas -
las formas solubles del nitrógeno y fósforo en las formas -

orgánicas contenidas en las células bacterianas.

Cultivo de Algas. El nitrógeno del agua residual puede eliminarse mediante cultivos de algas, aunque este proceso es--realizable teóricamente, deberá suplementarse el residuo --crudo con anhídrido carbónico para completar la eliminación del nitrógeno en aquellos casos en que deban eliminarse ---grandes cantidades de nitrato.

Nitrificación - Desnitrificación. De los métodos de trata--miento biológico para la eliminación de nitrógeno, el proce--so de nitrificación - desnitrificación parece ser el más --prometedor. Las razones para afirmar esto:

1. Gran eficiencia potencial de eliminación
2. Estabilidad, fiabilidad del proceso
3. Control sencillo del mismo
4. Necesidad pequeña relativamente de terreno
5. Costo moderado

La eliminación del nitrógeno con este proceso se lleva a cabo en una o dos fases, según la naturaleza del agua resi---dual. Si la que ha de tratarse contiene nitrógeno en forma de amoníaco, se requerirán dos fases. En la primera de ---

ellas, el amoníaco es convertido por vía aerobia a la forma NO_3 de nitrato (nitrificación). En la segunda fase, los nitratos son convertidos por vía anaerobia a gas nitrógeno -- (desnitrificación) si el nitrógeno del agua residual se hallase ya en forma de nitrato como sucede en el caso de agua recuperada tras su uso en irrigación, sólo se requerirá la fase de la desnitrificación.

IV. 5 *Lirio Acuático*

El lirio acuático ha sido tradicionalmente considerado como una plaga que afecta numerosos cuerpos de agua en las regiones tropicales del país, sin embargo, estudios experimentales realizados en otros países han descubierto una capacidad realmente asombrosa del lirio acuático para remover con taminantes de las aguas residuales. Este revolucionario -- sistema de tratamiento ofrecerá grandes atractivos técnicos y económicos en numerosas comunidades de nuestro país.

El sistema de tratamiento de aguas residuales con lirio --- acuático consta esencialmente de una laguna convencional de estabilización de tipo facultativo en la que se propicia o promueve el crecimiento del lirio acuático, seguida de una laguna de pulimento sin plantas acuáticas, los resultados obtenidos sin ser innovativos, si sirvieron para confirmar la

calidad del sistema en las condiciones climatológicas. Se anexa fig III de modelo de laguna de estabilización con --- plantas acuáticas.

Procesos Involucrados

Uno de los principales problemas que plantea el empleo de lirio acuático en el tratamiento de aguas residuales es el de su cosecha y procesamiento. En lo referente a la recolección, la NASA tiene en elaboración un proyecto para el desarrollo de una recolectadora con una capacidad de 14 a 18 toneladas diarias; si la capacidad reproductiva estimada es de 10 ton/Ha-día, cada unidad de éstas podrá dar servicio a 1.4 a 1.8 Ha de laguna. Una vez cosechados los lirios, el siguiente paso en el procesamiento estudiado es el desmenuzado de las plantas en secciones no mayores de 2.5 cm. Después de ser desmenuzadas las plantas puede ser digeridas anaeróbicamente, el gas generado se puede emplear para generar energía y el lodo residual puede servir como fertilizante agrícola. Otra alternativa de procesamiento del lirio desmenuzado la constituye su aprovechamiento como alimento para ganado, para lo cual es necesario reducir el contenido de humedad de las plantas por medio de secadores solares o secado artificial. Otras alternativas de aprovechamiento del lirio se encuentra bajo consideración V.S. complementos alimenticios para consumo animal y humano.

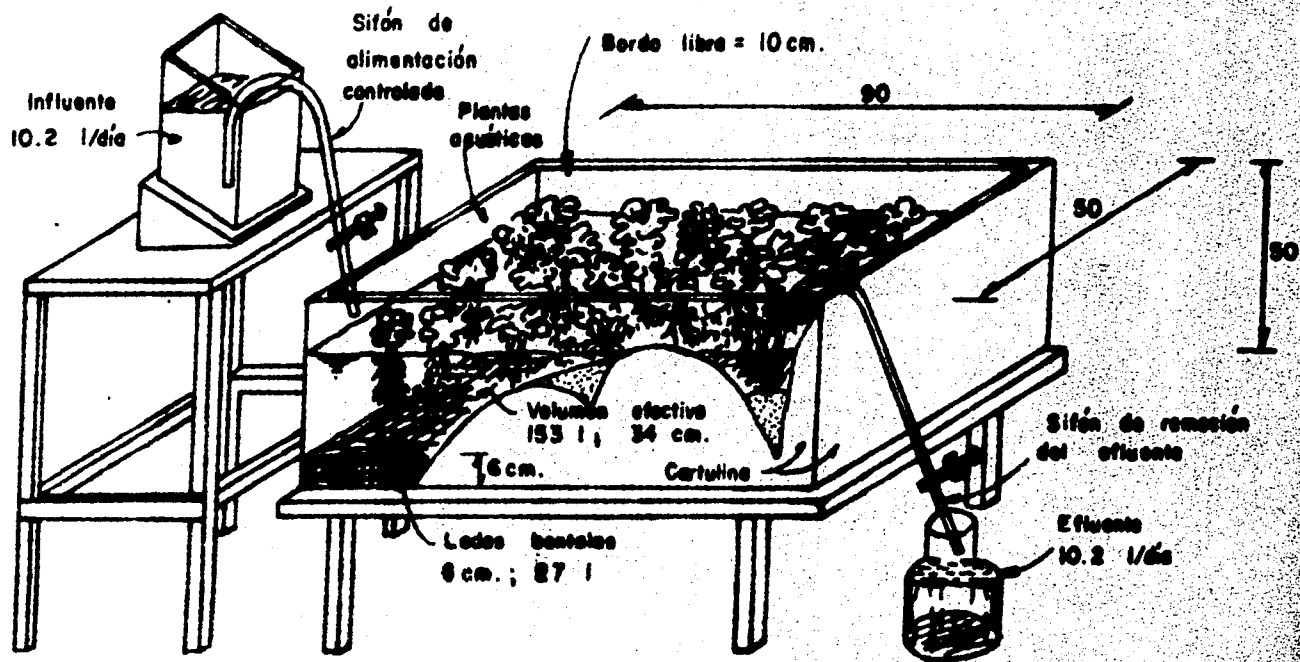


FIGURA III

**MODELO DE LAGUNA DE ESTABILIZACION CON
 PLANTAS ACUATICAS**

96

Las eficiencias de remoción de nitrógeno total Kjeldhal y fósforo son igualmente altas; el autor propone como norma una capacidad teórica de remoción de nutrientes no mayor -- que la contenida en el rendimiento o cosecha de las plantas acuáticas.

La capacidad de remoción de fósforo y nitrógeno fue también estudiada en E.U.A., los resultados indican una capacidad asimilativa de fósforo del lirio acuático de 5.5 mg por gramo de peso seco de lirio en un período de 3 semanas y remociones prácticamente totales de nitrógeno amoniacal presente originalmente en concentraciones de 50 y 100 mg/l en 15- y 21 días.

IV.6 Filtro Biológico

Nitrógeno total de Kjeldhal. Otro sistema recientemente investigado estaba formado por un filtro biológico con juncos acuáticos de diversas especies en la superficie. El filtro lo formaba un lecho inferior de arena de 15 cm. de espesor, seguido de un lecho de grava gruesa de 30 cm. de espesor y un lecho de grava fina de 30 cm. que servía de soporte a -- las raíces del junco.

El agua escurría libremente por la superficie del filtro y-

Las eficiencias de remoción de nitrógeno total Kjeldhal y fósforo son igualmente altas; el autor propone como norma una capacidad teórica de remoción de nutrientes no mayor -- que la contenida en el rendimiento o cosecha de las plantas acuáticas.

La capacidad de remoción de fósforo y nitrógeno fue también estudiada en E.U.A., los resultados indican una capacidad asimilativa de fósforo del lirio acuático de 5.5 mg por gramo de peso seco de lirio en un período de 3 semanas y remociones prácticamente totales de nitrógeno amoniacal presente originalmente en concentraciones de 50 y 100 mg/l en 15 y 21 días.

IV.6 Filtro Biológico

Nitrógeno total de Kjeldhal. Otro sistema recientemente investigado estaba formado por un filtro biológico con juncos acuáticos de diversas especies en la superficie. El filtro lo formaba un lecho inferior de arena de 15 cm. de espesor, seguido de un lecho de grava gruesa de 30 cm. de espesor y un lecho de grava fina de 30 cm. que servía de soporte a -- las raíces del junco.

El agua escurría libremente por la superficie del filtro y-

era recogida por medio de drenes en la parte inferior, los tiempos empleados de retención variaron de 5 horas a 10 --- días.

Las eficiencias de remoción de nitrógeno total de Kjédhal y fósforo son igualmente altas, el autor propone como norma - una capacidad teórica de remoción de nutrientes no mayor -- que la contenida en el rendimiento o cosecha de las plantas acuáticas.

La capacidad de remoción de fósforo y nitrógeno, los resultados indican una capacidad asimilativa de fósforo del lirio acuático de 5.5 mg/l en 15 a 21 días.

Se muestra la fig 4.4 de esquema de los procesos bioquímicos en las lagunas de tratamiento.

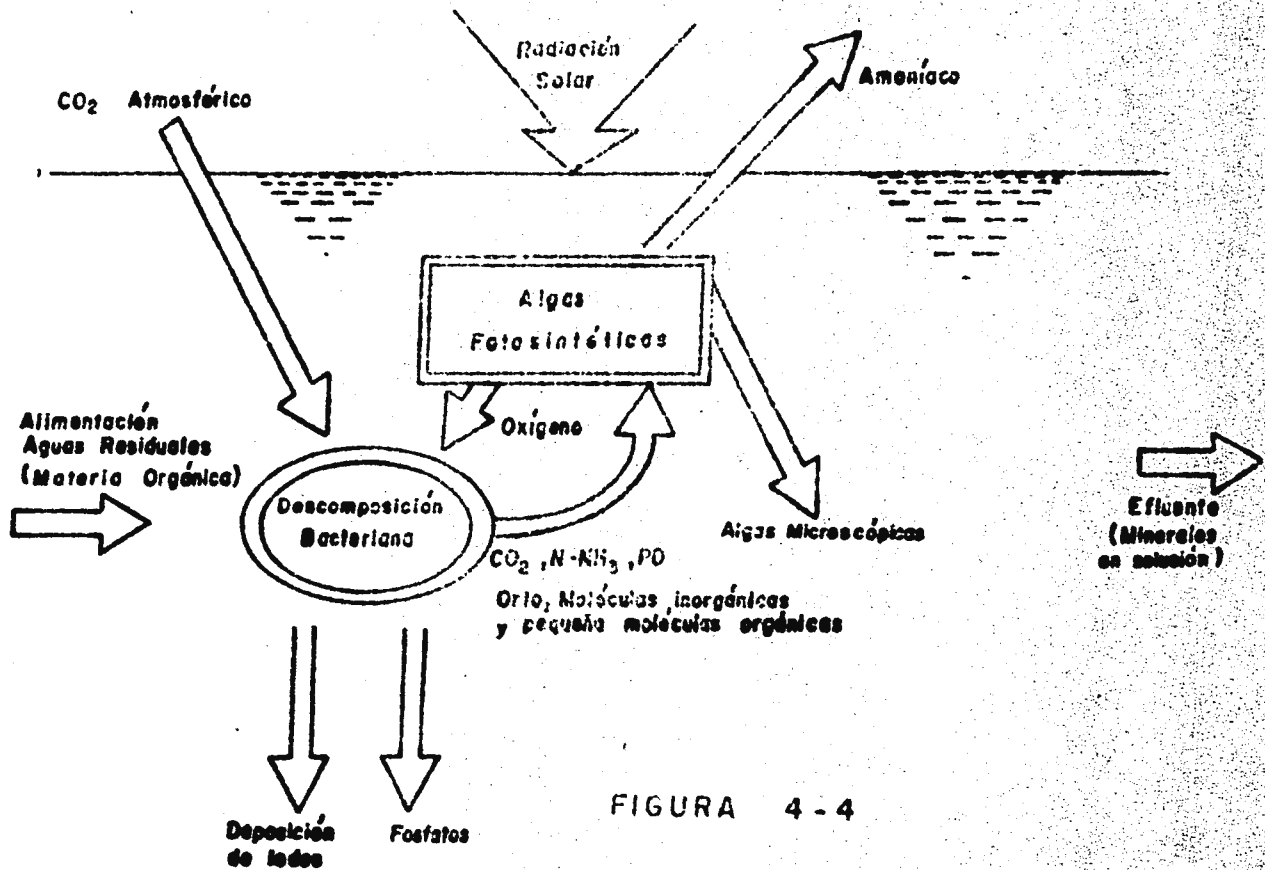


FIGURA 4 - 4

ESQUEMA DE LOS PROCESOS BIOQUIMICOS EN LAS LAGUNAS DE TRATAMIENTO

CAPITULO V

Conclusiones

Con el fin de asegurar agua de buena calidad para los distintos usos es extremadamente importante que todos los factores que contribuyen a la contaminación sean cuidadosamente controlados:

1. Identificación de los diferentes tipos de contaminación existente y su localización.
2. Localizar y caracterizar las aguas residuales industriales, municipales y urbanas.
3. La calidad de las aguas pluviales.

4. Capacidad de autopurificación en función del OD y la longitud de recuperación, si se trata de un río.
5. Los estudios de campo se realicen en las áreas metropolitanas con el objeto de recabar información de las descargas residuales.
6. Las estaciones de muestreo de cualquier estudio de polución de corrientes depende, en su mayor parte de la selección adecuada de las estaciones de muestreo.
7. El número y frecuencia de muestreos que se obtengan - sean los necesarios.
8. Las variaciones de temperatura pueden influir seriamente a la estratificación y otros.
9. Las aguas residuales domésticas son las que mayor can tidad de fósforo contienen.
10. El nitrógeno y el fósforo son nutrientes de los vegetales acuáticos.
11. Un exceso de fosfatos en aguas negras, produce un crecimiento elevado de algas.

12. Eutroficación uno de los problemas más importantes en la contaminación de aguas superficiales, por el elevado crecimiento de algas y los cambios indeseables por este fenómeno.
13. Las concentraciones de *OD* ajustadas para la temperatura y presión atmosférica.
14. El nitrógeno y fósforo en algunos casos pueden ser reguladores de productividad biológica.
15. Las funciones fotosintéticas sean cuidadosamente reguladas.
16. Los tratamientos elegidos sean conforme a las necesidades que se requieran en el uso del agua.
17. Los costos de los tratamientos sean económicos.
18. Nuestras autoridades de alguna manera concientizar a los habitantes de que cualquier foco de contaminación afecta nuestra salud.
19. Los desechos de basuras domésticas son problemas de - contaminación para alcantarillas y riberas de los ---

ríos o cualquier depósito de agua.

20. El aire es un propagador de infecciones para todo ambiente, si no se toman precauciones, de las industrias y otros que produzcan contaminación.

BIBLIOGRAFIA

1. Barnes, H.E.A.R. Folkard., "The Determination of Nitrites Analyst". (1951).
2. Bremes, J.M.E. Dr. Keeney., "Steam Distillation Methods for Determination of Ammonium, Nitrate and Nitrite". Anal. Chim. (1965).
3. Apha, Awwa, Wpcf., "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". Fourteenth Edition., - American Public Health Association Washington (1976).
4. Fortaine, T.D., "Spectrophotometric Determination of Phosphorus". Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. (1942).
5. Nichols, M.S. E.M.E. Foote., "Distillation of Free Am-

monia from Buffered Solutions". Ind.

6. Greenberg, A.E., J.R. Rossum, N. Moskowitz E. P.A. Villarruz., "Study of Methods for the Determination of Nitrates". J. Amer. Water Works Ass, (1958).
7. Astm Standars - Water; "Atmospheric Analysis". (1973).
8. Metcalf - Eddy., "Tratamiento y Depuración de las --- Aguas Residuales".