



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

28
107

“CALIDAD DEL AGUA Y SUS USOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

LUIS ROMERO ARCE

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

- PROLOGO
- INTRODUCCION
- I. - CALIDAD DEL AGUA
 - PANORAMA NACIONAL
 - I.A.- A.- CONTAMINACION DE AGUAS
 - A.1. -CLASIFICACION DE CUENCAS
 - A.2. -CLASIFICACION DE LOCALIDADES
 - A.3. -CLASIFICACION DE ZONAS COSTERAS
 - B.- PLAN NACIONAL DE DESARROLLO URBANO
 - C.- CONFLICTO EN EL USO DEL AGUA
- I.1. - LEGISLACION RELATIVA A LA CONTAMINACION DEL AGUA
- I.2. - DISTRITO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA
 - I.2.1. -ZONAS SELECCIONADAS PARA LA IMPLANTACION DE DISTRITOS DE CONTROL.
- I.3. - DESARROLLO DEL INDICE DE CONTROL DE CALIDAD
 - I.3.1. -TECNICA GENERAL
 - I.3.2. -DEFINICION DE LA UNIDAD CUANTIFICADORA
 - I.3.3. -FACTORES DE CONTAMINACION
 - I.3.4. -TECNICA PARA CALCULAR LA "I"
 - I.3.5. -DESCRIPCION DE LAS ESCALAS DE CALIFICACION INDIVIDUAL
 - I.3.5.1. - OD OXIGENO DISUELTO
 - I.3.5.2. - DBO₅ (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO)
 - I.4. - BACTERIAS COLIFORMES
 - I.4.1. -COLIS TOTALES.
 - I.4.2. -COLIS FECALIS

- I.5.- MATERIA IONICA
 - I.5.1.-CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA
 - I.5.2.-CLORUROS
 - I.5.3.-DUREZA
 - I.5.4.-ALCALINIDAD
 - I.5.5.-p H (POTENCIAL DE HIDROGENO)
 - I.5.6.-GRASAS Y ACEITES
 - I.5.7.-SOLIDOS SUSPENDIDOS (S.S.)
 - I.5.8.-SOLIDOS DISUELTOS (S.D.)
 - I.5.9.-NUTRIENTES (NNO_3 , NMH_4 y PO_4)
 - I.5.10.- DETERGENTES
- I.6.- CARACTERISTICAS FISICAS
 - I.6.1.-COLOR
 - I.6.2.-TURBIEDAD
- I.7.- REPORTE DEL PROBLEMA
 - I.7.1.-EJEMPLO DE APLICACION

CAPITULO II

- II.1.- QUIMICA DEL AGUA E INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DEL AGUA
 - II.1.1.- DE LOS FACTORES A CONSIDERAR.
 - II.1.2.- REFERENCIAS A LA QUIMICA DEL AGUA E INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DEL AGUA.

- II.2.- ANALISIS DEL AGUA DE DESECHO
- II.2.1.- LA NOTACION DEL pH.
- II.2.2.- EMPLEO DEL MEDIDOR PARA LA $[OH^-]$
- II.2.3.- TEMPERATURA
- II.2.4.- COLOR
- II.2.4.a.-DETERMINACION EN EL CAMPO
- II.2.4.b.-DETERMINACION EN EL LABORATORIO
- II.2.5.- OLOR
- II.2.6.- TURBIEDAD
- II.2.7.- RESIDUOS
- II.2.8.- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
- II.2.9.- RADIATIVIDAD
- II.2.10.- REMOCION DE RADIONUCLEOS POR PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.
- II.3.- FACTORES QUIMICOS
- II.3.1.- OXIGENO DISUELTO (oD)
- II.3.2.- NITROGENO
- II.3.2.a.-NITROGENO AMONIACAL
- II.3.2.a.1.-METODO DE NESSLERIZACION DIRECTA
- II.3.2.a.2.-METODO DE DESTILACION
- II.3.2.b.- NITROGENO ORGANICO
- II.3.2.c.- NITROGENO DE NITRITO

- II.3.2.d. - NITROGENO DE NITRATO
- II.3.2.d.1. - METODO DEL ACIDO FENODISULFONICO
- II.3.2.d.2. - METODO DE LA BRUCINA
- II.3.3. - CLORUROS
- II.3.4. - DETERGENTES ANIONICOS
- II.3.5. ACIDEZ Y ALCALINIDAD
- II.3.6. DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO
- II.4. - FACTORES BIOLOGICOS
- II.4.1. - DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO
- II.4.1.a. - DETERMINACION POR EL METODO DIRECTO
- II.4.1.b. - DETERMINACION POR EL METODO DE DILUCION
- II.5. - BACTERIOLOGIA
- II.5.1 ANALISIS Y DESARROLLO
- II.5.2 ESTUDIO CUALITATIVO DE LA PRESENCIA DE AMIBAS DE VIDA LIBRE DEL GRUPO LIMAX EN AGUA DE ALBERCAS EN LA CIUDAD DE MEXICO.
- II.5.2.a RECOLECCION
- II.6. - NUMERO MAS PROBABLE (NMP)
- II.7. - ANALISIS MICROSCOPICOS PARA BACTERIOLOGIA
- II.8. - ALGAS
- II.8.1. - USO DE AYUDA-COAGULANTE PARA LA FLOCULACION DE ALGAS.
- II.8.2. PROCEDIMIENTO

II.8.2.1.- DESCRIPCION DE LA PRUEBA DE LA JARRA.

CAPITULO III

III.1.- USOS DEL AGUA

III.1.1.a.- AGUA PARA USO DOMESTICO

III.1.1.b.- RIEGO AGRICOLA

III.1.1.c.- AGUA PARA LA INDUSTRIA

III.1.1.d.- DESARROLLO Y PROTECCION DE LA FAUNA

III.1.1.e.- AGUA PARA PROPAGACION DE PECES Y VIDA ACUATICA

III.1.1.f.- AGUA PARA NATACION

III.1.1.g.- AGUA PARA CANOTAJE Y DISFRUTE ESTETICO

III.1.1.h.- AGUA PARA ENERGIA

III.1.1.i.- AGUA PARA NAVEGACION

III.1.1.j.- APENDICE B
REGLAMENTO PARA LA PREVENCION Y CONTROL
DE LA CONTAMINACION DE AGUAS.
TABLAS I, 2 y 3.

IV.- CONCLUSIONES

V.- BIBLIOGRAFIA.

- i -

P R O L O G O

Este trabajo escrito o tesis ha sido elaborado con el propósito de extraer un tema tan importante y poco conocido por colegas de Ingeniería Civil, demás licenciaturas y lectores en general, que sin ser especialistas en Ingeniería Ambiental puedan consultar de manera rápida y clara los parámetros que el agua potable ó desechos domésticos, desechos industriales, se apeguen a la calidad requerida para sus usos a la que está destinada el agua.

Al respecto se indican algunos métodos, tales como Método Estándar para el análisis del agua, otro método reciente del análisis del agua que es más práctico por su grado de dificultad que en general se usan en la vida cotidiana, es el llamado Índice de Calidad en "porcentaje" de los elementos o substancias que contiene, para dar la calidad del agua, de la cual se analiza y canalizar el destino de la misma.

INTRODUCCION

El agua como substancia para la solución de las necesidades de la humanidad, debe ajustarse a parámetros de calidad y cantidad, para lo cual se hará mención de los métodos de manera general como solución posible de la calidad del agua.

En México existen ciertas zonas críticas en las cuales están disminuyendo rápidamente los recursos hidráulicos como consecuencia de la demanda; a su vez, el deterioro de la calidad del agua ha venido aumentando cada vez más debido a la evacuación de aguas residuales en ríos, lagos y mares.

Por otra parte, México se encuentra en el umbral de un desarrollo acelerado, es indispensable la planeación de su desarrollo urbano, e inherente a ello, la planeación de los recursos para mejorar y preservar el medio ambiente de la población.

Para proteger nuestras aguas naturales contra la contaminación, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica ha elaborado el Plan Nacional de Distritos de Control de la Calidad del Agua, el cual nos permitirá lograr el máximo aprovechamiento del agua en los diferentes usos a los que se destina.

Este plan pretende mejorar y proteger la calidad del agua de nue
stros cuerpos receptores mediante el tratamiento de las aguas residuales
que se descargan a ellos, hacer más favorable el balance entre disponi-
bilidad y demanda mediante el reuso de las aguas residuales tratadas y -
mejorar el medio ambiente de los asentamientos humanos.

En este plan se han seleccionado y jerarquizado, para la implan
tación de Distritos de Control, las Zonas Urbano-Industriales más impor-
tantes, atendiendo en la mayoría de los casos, la división política del -
País, lo que hará posible su implantación.

Se tomará como parámetros de evaluación los problemas de con
taminación de aguas, el conflicto que las zonas tenga el uso y cantidad -
del reuso y el plan Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU).

La calidad sanitaria del agua, con respecto a la presencia de bacterias, se determina por medio del análisis de bacterias indicadoras de contaminación. Coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales, los cuales cumplen con las propiedades de un indicador bacteriológico de contaminación que són:

- Ser de origen animal
- Estar presentes en el agua siempre que los patógenos estén presentes.
- Su densidad debe tener relación directa con el grado de contaminación.
- Mayor supervivencia en el agua que los microorganismos patógenos.
- Desaparición rápida, posterior a los patógenos.
- Siempre ausentes en aguas bacteriológicamente seguras.
- Requerir de técnicas sencillas para su identificación.

Para la identificación de las bacterias indicadoras de contaminación se conocen dos técnicas: Tubos de Fermentación Múltiples y Filtro de membrana.

Estas técnicas a pesar de que proporcionan resultados para las mismas identificaciones, difieren totalmente en cuanto al procedimiento del análisis y la duración de los mismos.

La necesidad de encontrar un método uniforme y consistente para comunicar los niveles de calidad del agua, que sean suficientemente accesibles a gran parte de la población, es una tarea de las Autoridades encargadas de vigilar y controlar la calidad de las aguas, no solo porque el ciudadano tiene derecho a conocer la calidad del agua que utiliza, sino también el estar informado oportunamente, este puede concientizarse para colaborar en forma más eficaz en los programas de prevención y control de la contaminación.

Comunmente, el dictámen de la calidad del agua de un lago o río es hecho en base a los valores obtenidos en el campo y/o laboratorio por los expertos en agua; más esto solo refleja un proceso de juicio y el resultado final no da una comunicación efectiva.

Antes de que se ideara la unidad de parámetro, se tuvieron muchos problemas para ponerse de acuerdo con respecto a un patrón de medida que fuera uniforme y consistente, de tal forma que se compraba un pedazo de tela o terreno, el comprador no sabía con exactitud lo que le daban por su inversión. De la misma forma la inquietud en nuestro caso de encontrar una forma, modo, método, sistema, manera de medir la calidad del agua en tal forma que sea vista como una mercancía o artículo de consumo y que las encargadas de tomar decisiones acerca de los -

programas de abatimiento de la contaminación, cuenten con información objetiva sobre niveles de calidad y cambios de estos niveles.

Los términos generalmente utilizados como: limpio, sucio, turbio, hediondo, desagradable, fetido, etc. son vagos y poco informativos y además de los objetivos que persiguen de calidad del agua deben ser claros y de preciso entendimiento.

Por este motivo, la National Sanitation Fundation (NSF) desarrolló una expresión matemática comunmente descrita como "Índice de Calidad" ("I"), la cual responde a la influencia conjunta de parámetros físico-químicos y bacteriológicos).

La aplicación del índice ofrece una definida unidad de medición de calidad del agua, la cual responde a cambios en dicha calidad. Este método, dada la característica de su función de los parámetros, refleja un valor neto de calidad, el cual puede ser significativamente interpretado.

Al respecto se refiere el diseño que se realizó de un sistema estimativo de calidad del agua. El poder llevarlo a cabo requirió primero de la medición física de los parámetros de contaminación en el agua, en los términos usuales de unidades de medición, la cantidad de cada uno de estos parámetros fué convertida a una sola unidad de calidad, la conversión involucró el uso de una escala estandarizada de medición, la cual fué es-

tandarizada para expresar la relación entre la existencia de varios contaminantes en el agua y el grado de impacto que causa en los diferentes -- usos del agua.

El sistema en sí es más bien cualitativo, sin embargo, la pretención es desarrollar un método para dar información de contaminación del agua entendible a público en general.

De tal forma que, permita hacer comparaciones entre niveles de contaminación en diferentes áreas.

Por tanto poder ser o hacer posible el método debemos:

- Contar con una herramienta para tratar formalmente los datos de calidad del agua y presentarlos en términos de un solo valor numérico.
- Promover la utilización de un proceso para una comunicación más efectiva de las condiciones de calidad del agua.

Respecto al uso del agua:

La contaminación del agua ocurre cuando una calidad presente en el agua, impone ya sea una carga económica o un perjuicio estético sobre los usos a que ésta se destina. La medición del grado de contaminación es bastante compleja, debido a la variedad que resulta por los diferentes

usos a que el agua es sometida.

Consecuentemente las diferentes clases de usos tienen que ser - identificadas y tomadas en cuenta todas las preferencias, para cuando la escala de importancia relativa sea establecida.

Los diferentes usos del agua aquí referidos son:

- . Abastecimiento público
- . Natación y otros deportes acuáticos con completo contacto con el cuerpo.
- . Pesca, agricultura y vida acuática.
- . Industrial y agrícola.
- . Navegación.
- . Transporte de desechos tratados.

CAPITULO I
CALIDAD DEL AGUA
PLAN NACIONAL DE DISTRITOS DE CONTROL
DE LA CALIDAD DEL AGUA

I.1. - ANTECEDENTES.

Cuando los recursos naturales son limitados, es de indispensable necesidad proteger las aguas naturales contra la contaminación, para obtener el máximo aprovechamiento en los diferentes usos a los que se destina.

Los recursos naturales del agua han tenido que hacer frente a las demandas generados por el actual desarrollo urbano, agropecuario e industrial y, adicionalmente, han recibido los efluentes de aguas residuales luego que éstas áreas han utilizado este recurso insustituible.

En 1970 la población de México era de 48.2 millones de habitantes, de los cuales el 42% contaba con servicio de alcantarillado. En 1977, el caudal estimado de aguas residuales domésticas es de 3.9 millones de m³. por día, con una aportación de carga orgánica de 1073 ton. de D.B.O. por día; para el año 2,000 y de acuerdo con las metas oficiales de ampliación de los servicios de alcantarillado, el caudal de aguas re-

siduales aumentará a 25.4 millones de m³. por día.

Las descargas actuales de aguas residuales de los principales sectores de la industria de transformación se estiman en millones de m³. por día, con las siguientes cifras: azúcar 7.45; productos químicos 4.9; celulosa y papel 2.05; petróleo 1.12; hierro y acero (exclusivamente la industria integrada) 1.02 y textil 0.71'

México se encuentra en el umbral de un desarrollo acelerado, hoy, en una reorganización del capital y que es de primordial importancia la planeación de recursos para mejorar y preservar el medio ambiente que conforman los asentamientos humanos.

I-2. - PANORAMA NACIONAL.

A. - CONTAMINACION DE AGUAS.

En México existen ciertas zonas críticas en las cuales están disminuyendo rápidamente los recursos hidráulicos como consecuencia de la demanda, motivada por la expansión de los grandes centros urbanos, del mejoramiento de la calidad requerida por las normas de Salud Pública y la mayor complejidad de los procesos industriales.

Por otra parte, aumenta cada vez más la evacuación de aguas re

siduales en los ríos, lagos y mares a grado tal que ya no se puede confiar a los fenómenos de autodepuración el efecto de restablecer por sí so los las condiciones originales del agua, y dependiendo de ello para un uso continuado y confiable.

Esta serie de descargas y vertimientos incontrolados, representan un panorama indeseable en algunas zonas del país, lo requiere una aten ción inmediata.

A continuación se hace una clasificación general de las zonas del país con mayores problemas de contaminación.

A.1. - CLASIFICACION DE CUENCAS.

El análisis con respecto a su nivel de contaminación de las 218 - cuencas hidrológicas del Territorio Nacional; el cual cuenta con 320, - más importantes en base a indicadores físicos, sociales, económicos y - de contaminación, concluyó en las siguientes clasificaciones de priorida des.

a) Cuencas de 1er. orden.

Son 11 cuencas, en las cuales existen graves problemas de conta minación en cuerpos de agua, que requieren atención inmediata.

En ellas se encuentra el 54% de la carga orgánica del país, el 59%

de la población, el 52% de la superficie bajo riego y el 77% del valor bruto de la producción industrial. En la tabla 1 del anexo se enlistan éstas - 11 cuencas, su aportación de carga orgánica y sus principales fuentes de contaminación.

b) Cuencas de 2o. orden.

Son aquellas que por su población y la industria actualmente establecida, así como el desarrollo acelerado que en los últimos años han tenido, es de esperarse que en un periodo de 20 años aproximadamente, sus aguas residuales empiecen a producir niveles altos de contaminación que interfieran con los usos benéficos de las corrientes.

Dentro de esta clasificación quedaron 43 cuencas, en las cuales se encuentra el 41% de la carga orgánica del país, el 45% de la población y el 9% del valor bruto de la producción industrial.

c) Cuenca de 3er. orden.

Las 164 cuencas que quedaron dentro de esta clasificación, contiene el 6% de la población y el 7% del valor bruto de la producción industrial. Actualmente no se presentan niveles sequitativos de contaminación que interfieran con los usos benéficos de las corrientes.

Las cuencas restantes tienen una gran disponibilidad de agua, ba

ja densidad de población y baja producción, no presentan en las condiciones actuales y probablemente en el futuro problemas serios de contaminación de aguas.

A-2 Clasificación de localidades.

Al igual que para las cuencas hidrológicas, se llevó a cabo el análisis en cuanto a generación de contaminantes de las principales localidades del País. En tabla # 2 se muestra la clasificación de prioridades de las localidades, su aportación de DBO y sus fuentes de contaminación.

A-3 Clasificación de zonas costeras.

El turismo que acude a las zonas turísticas localizadas en los litorales de México es una de las principales fuentes de divisas para la economía nacional.

Por tal motivo, aún cuando la generación de aguas residuales están muy abajo de las localidades mencionadas como prioritarias, la sensibilidad del cuerpo receptor y del uso a que se destina los hace prioritarios. En la Tabla # 3 se mencionan las prioridades y los problemas principales de cada zona.

B. - PLAN NACIONAL DE DESARROLLO URBANO

Para México era de primordial importancia una planeación de -

desarrollo económico para evitar, disminuir y resolver los problemas - que éste pudiera ocasionar y contribuir a multiplicar sus efectos positivos.

La conformación de la anterior estructura urbana dificultaba la - eficiente dotación de servicios e infraestructura de apoyo a la producción, el eficaz aprovechamiento de recursos productivos y el justo mejoramiento.

El Plan Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU) nace como una respuesta a la necesidad de planificar el desarrollo. Los objetivos a largo - plazo son los siguientes:

- . Racionalizar la distribución en el Territorio Nacional de las actividades económicas y de la población localizandolas en las zonas de mayor potencial del País.
- . Promover el desarrollo urbano integral y equilibrado en los centros de población.
- . Propiciar condiciones favorables para que la población pueda resolver sus necesidades del suelo urbano, vivienda, servicios públicos, infraestructura y equipamiento urbano; y
- . Mejorar y preservar el medio ambiente que conforman los asentamientos humanos.

Zonas y Centros de población prioritarias.

En materia de desarrollo urbano existe un grán número de requere

rimientos que no pueden ser satisfechos en forma simultánea, por lo que resulta indispensable jerarquizar la aplicación de los recursos orientados de este propósito. Por ello se ha establecido un conjunto de zonas y centros de poblaciones prioritarias que deberán inicialmente recibir apoyo, para el logro de los objetivos y políticas del P.N.D.U.

Las zonas y centros de población considerados como prioritarios se proponen por los siguientes atributos: su capacidad de absorción de población, su ubicación respecto a los recursos naturales y su propósito favorable de generación de empleos, hoy restringido por economía mal distribuida y planeada.

En la tabla #4 se enlistan los centros de población prioritarios, se jerarquiza su prioridad para la aplicación de recursos para desarrollo urbano, por las letras A, B, C.

C. - Conflicto en el uso del agua.

Para la identificación de conflictos en el uso del agua en los centros de población considerados como prioritarios en el PNDU para el periodo 1976-2000, se realizaron balances hidrológicos considerando las demandas y la disponibilidad del agua.

Se identificarán las Ciudades con conflicto actual, las Ciudades sin conflicto hasta el año 2000, y las Ciudades que se estima tendrán con

flicto a partir de 1982, 1988, 1994, 2000, 2020.

Del propósito realizado en esas Ciudades sobre su abastecimiento futuro de agua, se derivan las siguientes conclusiones.

- . Esas Ciudades representarán en el año 2000, el 77.3% de la población urbana del país, y el 60.3% de la población total.
- . De las 92 Ciudades para las cuales se han realizado balances hidráulicos obtuvieron los siguientes resultados:
 - . 18 Ciudades (20% del total) tienen conflicto actual.
 - . 7 Ciudades (8% del total) tendrán conflicto a partir de 1982.
 - . 4 Ciudad (4% del total) tendrán conflicto a partir de 1988.
 - . 59 Ciudades (64% del total) no tienen conflicto hoy, ni tendrán conflicto en el año 2000 ó aún más.

En la tabla # 4 se enlistan estas Ciudades y se muestran su conflicto con el uso del agua; la letra A indica que la Ciudad en cuestión tiene conflicto actual; la letra B que se tendrá conflicto a partir de 1988, la letra C indica que el conflicto se tendrá a partir de 1994 o del año 2000.

3. - LEGISLACION RELATIVA A LA CONTAMINACION DEL AGUA

La legislación mexicana ha creado los instrumentos jurídicos necesarios para la lucha por la defensa del medio ambiente, siendo es-

tas: El Código Sanitario, Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, Ley Federal de Aguas y el Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua. Para esto se ha facultado a las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Salubridad y Asistencia (S.S.A.) y Marina (S.M.) entre otras, para afrontar la situación que prevalece en la contaminación ambiental, dentro de sus ambitos, procurando evitar en todo caso la contaminación que ponga en peligro la salud pública y degrade los sistemas ecológicos.

Mediante la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos se avoca a la observancia de la legislación mencionada, realizando un programa de prevención y control de la contaminación del agua, basado en el reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del agua.

I.2. - DISTRITOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Tomando como base el Reglamento para la prevención y Control de la Contaminación del Agua que señala que los responsables de descargas de aguas residuales deben proporcionar el tratamiento necesario a sus aguas residuales para evitar la contaminación, pueden darse las siguientes formas de solución a este problema:

- a) Tratamiento individual de sus aguas residuales por cada responsable.

- b) Tratamiento conjunto de las aguas residuales, provenientes de un fraccionamiento, zona industrial o una Ciudad.
- c) Tratamiento conjunto a nivel regional de las aguas residuales generada por responsables "en bloque" y responsables aislados.

En la primera forma de solución, el pago del costo del tratamiento se realiza en forma directa y en los restantes el responsable paga una cuota al organismo encargado de la colección y tratamiento de las aguas residuales por el servicio que le proporciona, cuota que se establece en base a la calidad y cantidad de sus aguas residuales.

La Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica ha venido promoviendo esta última solución, ya que presenta las características de reducción en los costos de construcción, operación, mantenimiento y reposición de las obras de tratamiento por la economía de escala y además, la rapidez y facilidad con que resuelven integralmente los problemas de contaminación en una zona, al dar tratamiento en un solo lugar a un conjunto de descargas.

De esta consideración nace el concepto de Distrito de Control de Calidad del Agua; el cual se considera como un área perfectamente de - - -

limitada en la que se encuentran establecidos responsables de descargas de aguas residuales y en donde existe un régimen especial de control de la contaminación de agua.

I 2.1.1. - Elementos del Distrito de Control

El Distrito se encuentra integrado por los siguientes elementos:

1. - Usuarios o responsables de descargas de aguas residuales que pueden ser:
 - a) Ciudades
 - b) Fraccionamientos
 - c) Industrias
 - d) Otros establecimientos generadores de aguas residuales.
2. - Sistemas de colección de aguas residuales "en bloque" a la planta de tratamiento. Este sistema se ha denominado intersiduales.
3. - Planta de tratamiento común de aguas residuales.
4. - Un organismo administrador encargado de planear, construir, operar las obras de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales del Distrito en forma autosuficiente.

5. - Convenio que celebran por una parte la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y por la otra el organismo Administrador a llevar a cabo las actividades tendientes al control de la contaminación dentro del Distrito, bajo su dirección técnica y supervisión.

En suma, en un Distrito se cuenta con un sistema de control de la contaminación de aguas consistente en una red de interresiduales y una planta de tratamiento común de las aguas residuales.

Los usuarios que utilizan este servicio pagan una cuota al Organismo Administrador del Distrito de acuerdo a la cantidad y calidad de sus aguas residuales. El organismo contrata los créditos que se necesitan para la construcción de las obras, opera el sistema en forma autosuficiente y se hace responsable ante la Secretaría por las descargas de aguas residuales de los usuarios del sistema.

1.2.12. - Ventajas del Distrito de Control.

Las ventajas que proporciona el Distrito son las siguientes:

1. - Facilita al usuario el cumplimiento del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, ya que al contratar los servicios del Distrito y con solo pagar las cuotas requeridas, el usuario no tiene necesidad de vigilar ni la conducción ni el tratamiento de sus aguas resi-

duales, ya que ésto será responsabilidad del Organismo -
que opera el Distrito.

2. - Se reduce al mfnimo el número de plantas y el personal y -
se garantiza que se encuentra altamente capacitado para -
llevar a cabo un manejo y operación eficientes tanto de la
conducción como de la planta de tratamiento, de modo que
su efluente sea de la calidad requerida.
3. - Se evita que las industrias utilicen su capacidad de crédi-
to para ampliaciones e incremento de producción, en el -
funcionamiento de una planta de tratamiento.
4. - Se atiende y vigila una sola descarga en lugar de varias, -
con lo que se hace más fácil la vigilancia del cumplimien-
to del Reglamento, además de ahorro, de tiempo y dinero.
5. - Se obtiene un ahorro en los costos de capital y de opera--
ción debido a la economía de escala del sistema de trata-
miento. A mayores volúmenes tratados mayores costos -
unitarios resultantes.
6. - Se obtiene un mejor uso del suelo y de la fuerza y capaci-
dad del trabajo.
7. - Al tratar volúmenes mayores, se reduce la frecuencia y -
magnitud de los caudales máximos en relación con el cau-
dal medio a tratar.

8. - Se obtiene una mayor seguridad y flexibilidad en el tratamiento.
 9. - Se obtiene una mejor operación, ya que las plantas grandes son potencialmente mejor operadas que las pequeñas.
 10. - Al ser obras comunales se propicia un mayor acercamiento y una mayor comunicación entre los habitantes de la región.
 11. - La construcción, operación y mantenimiento es autofinanciable y como la inversión se recupera en mediano plazo, se facilita la obtención de créditos para realización de las obras.
- I.3. - ZONAS SELECCIONADAS PARA LA IMPLANTACION DE DISTritos DE CONTROL.

Hemos visto ya cuales son las zonas y localidades que tienen problemas en sus aguas, la prioridad que les da PNDU a su desarrollo urbano y los problemas que tiene para el abastecimiento de agua a su población.

En ellas es indispensable el tratamiento de sus aguas residuales municipales e industriales para mejorar y preservar la calidad del agua de sus cuerpos receptores y mejorar el medio ambiente de su población; estas aguas residuales tratadas ayudarán, mediante el reuso agrí-

cola, municipal e industrial, a hacer más favorable el balance entre disponibilidad y demanda del agua en la zona.

En base a lo anterior, nace el Plan Nacional Urbano de distritos de Control de la Calidad del agua que muestra en base a los parámetros ya analizados las obras similares ya proyectadas y las necesarias para cubrir en un periodo de 5 años los problemas del agua y su contaminación más urgentes de contaminación, de abastecimientos de agua y de desarrollo urbano.

En la tabla # 5 se enlistan las prioridades de las zonas para implantación de las zonas de control. La jerarquía se estableció en base a:

- a) Primeramente, a la urgencia de solución a sus problemas de contaminación.
- b) A sus problemas con el abastecimiento de agua, ya que mediante el receso de sus aguas residuales tratadas se tendrá un balance hidráulico más favorable a la zona.
- c) A sus problemas de desarrollo urbano, debido a que se tendrá un mejoramiento del medio ambiente de la población.

I.3 Desarrollo del índice de control de calidad.

I.3.1. - Técnica General.

TABLA 1. CUENCAS DEL 1er. ORDEN

<u>CUENCA</u>	<u>Carga Orgánica Ton. DBO/año.</u>	<u>Principales fuentes de contaminación</u>
PANUCO	334721	Población, productos químicos, producción de bebidas alcohólicas.
LERMA	134784	Población, productos químicos, industria azucarera.
BALSAS	92 294	Industria azucarera, población.
RIO BLANCO	60 472	Industria azucarera
GUAYALEJO	60 426	Industria azucarera.
SAN JUAN	60 287	Productos químicos, población, industria petrolera.
CULLACAN	48 682	Industria azucarera
FUERTE	48 163	Industria azucarera
COAHUA YANA	26 423	Industria azucarera
NAZAS	16 075	Producción de bebidas alcohólicas, población, productos químicos.
CONCHOS	11 911	Población, industria papelera.

Tabla 2. - Generación de contaminantes de las principales localidades del - País.

	<u>Ton DBO/año</u>	<u>Fuente</u>
Distrito Federal	310 535	Población 47%; productos químicos 24%.
Cosamaloapan	82 068	Azúcar 99%
Los Mochis	47 813	Azúcar 96%
Monterrey	47 053	Producción químicos 40%; población 32%.
Zacatepec	43 821	Azúcar 99%
Córdoba	43 769	Azúcar 95%
Coahuila de Zaragoza	34 543	Petróleo 60%; productos químicos - 33%.
Cd. Mante	33 110	Azúcar 98%
Guadalajara	29 431	Población 72%; productos químicos 12%
Xicoténcatl	27 315	Azúcar 99%
Tamazula	23 715	Azúcar 99%
Chietla	19 213	Azúcar 99%
Tepic	13 494	Azúcar 94%
Costa Rica	18 256	Azúcar 99%
Navolato	17 716	Azúcar 99%
Orizaba	15 650	Azúcar 77%; bebidas alcohólicas - 9%; población 8%.
Poncitlán	14 683	Productos químicos 99%
Casarano	13 011	Azúcar 99%
Salamanca	11 595	Petróleo 55%; productos químicos 36%

	<u>Ton DBO/año</u>	<u>Fuente</u>
Zacapu	10 895	Productos químicos 99%
Toluca	10 876	Productos químicos 77%; población 18%.
Cd. Valles	10 587	Azúcar 86%; bebidas alcoholicas 8%
Tampico	10 854	Petróleo 54%; población 36%
El Dorado	10 158	Azúcar 99%

Tabla 3. Prioridades para el Control de la Contaminación en la Zona Costera.

<u>Prioridad</u>	<u>Localidad</u>	<u>Problemas principales</u>
1	Veracruz	Contaminación de la playa con aguas residuales, contaminación del puerto por descargas de aguas residuales de la ciudad y de los barcos.
2	Mazatán	Contaminación de las playas con aguas residuales, contaminación del estero y el puerto con aguas residuales domésticas, industriales y de barcos.
2	Manzanillo	Contaminación de las playas con aguas residuales domésticas, contaminación del puerto por aguas residuales domésticas, industriales y de barcos.
2	Pto. Vallarta	Contaminación de las playas por aguas residuales y escurrimientos pluviales.
3	Guaymas	Contaminación del puerto por desechos industriales y escurrimientos urbanos.
4	Zihuatanejo	Alto potencial para contaminación futura de las playas con aguas residuales.
4	Ensenada	Contaminación del puerto por desechos industriales y de barcos
4	Lerma	Contaminación del puerto por desechos industriales y de barcos.
4	Salina Cruz	Contaminación del puerto por aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas.
5	Tuxpan	Contaminación del estuario por aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas.
6	Cozumel	Contaminación potencial de las playas con aguas residuales.
7	Topolobampo	Contaminación potencial por aguas residuales y aguas de retorno agrícola.

<u>Prioridad</u>	<u>Localidad</u>	<u>Problemas principales</u>
7	Chetumal	Contaminación potencial por aguas residuales
7	La Paz	Contaminación potencial de las playas y puertos por escurrimientos urbanos y de barcos .

Tabla 4; PRIORIDADES DE LOS CENTROS POBLACION SEGUN EL PNDU Y EL CONFLICTO CON EL USO DEL AGUA.

<u>Localidad</u>	<u>PNDU</u>	<u>Conflicto del Agua</u>	<u>Localidad</u>	<u>PNDU</u>	<u>Conflicto del Agua</u>
Acapulco	B	C	La Paz	A	A
Aguas calientes	B	B	Lázaro Cárdenas	A	C
Apizaco	C	C	León	A	A
Campeche	C	C	Los Mochis	C	C
Cancún	C	C	Manzanillo	A	C
Cárdenas	B	C	Matamoros	C	A
Celaya	C	C	Matehuala	C	A
Chetumal	C	C	Mazatlán	A	C
Chihuahua	A	C	Mérida	A	A
Chilpancingo	C	C	Mexicali	A	A
Cd. del Carmen	C	C	Monclova	C	A
Cd. Juárez	A	A	Monterrey	A	A
Cd. Mante	C	C	Morelia	B	C
Cd. Obregón	A	A	Navojoa	C	C
Cd. Sahagún	C	B	Nogales	A	A
Cd. Valles	C	C	Nueva Rosita	C	C
Cd. Victoria	B	C	Nuevo Laredo	B	A
Coatzacoalcos - Minatitlán	A	A	Oaxaca	B	C
Colima	C	C	Ocotlán	B	C
Córdoba	C	C	Orizaba	B	C
Cuauthemoc	C	C	Pachuca	B	C
Cuahtla	C	C	Piedras Negras	C	C
Cuernavaca	B	C	Poza Rica	C	C
Culiacán	B	A	Puebla	A	A
Delicias	C	C	Pto. Vallarta	A	C
Durango	B	B	Querétaro	B	B
Empalme	B	A	Reynosa	B	A
Ensenada	C	A	Salamanca	B	A
Fresnillo	B	C	Salina Cruz	A	B
Guadalajara	A	C	Saltillo	B	A
Guanaajuato	A	C	San J. del Río	C	C
Guasave	C	C	San Luis Potosí	B	B
Guaymas	A	A	San Luis Río - Colorado	C	A
Hermosillo	B	A	Tampico-Cd.M.	A	C
Hidalgo Parral	C	C	Tehuacán	C	C
Iguala	B	A	Tapa chula	C	C
Irapuato	B	C	Tepic	B	A
Azúcar de Mata- moros	B	C	Tijuana	A	C
Jalapa	B	C	Tlaxcala	B	C
Juchitán	C	C	Toluca	B	B
			Torreón-Gómez Lerdo	A	A

Continuación de la Tabla 4.

<u>Localidad</u>	<u>PNDU</u>	<u>Conflicto del Agua</u>	<u>Localidad</u>	<u>PNDU</u>	<u>Conflicto del Agua</u>
Lagos de Moreno	C	C	Tulancingo	C	C
Tuxtla Gutiérrez	A	C	Tuxpan	C	C
Valle de México	A	A	Uruapan	C	C
Veracruz	B	C	Villahermosa	A	A
Zacatecas	B	B	Zamora	C	C
Zihuatanejo	C	C			

DISTRITOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

PLAN NACIONAL

DISTRITO	PRIORIDAD			AÑO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO DEFINITIVO											
	CONTAMINACIÓN	COMPLEJO DE AGUA	PROY.	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	
VALLÉ DE MÉXICO	A	A	A												
MOTILILLOS	A	A	A												
COMARCA LAGUNERA	A	A	A												
TERREROS	A	A	A												
EDMUND PALACIO															
LEÓN															
ATOTZAC - ZAMUAPAN	A	A	A												
PUEBLA - CHOLULA															
TLASCALA															
APIZACO															
SAN MARCOS															
SIEMPRE AVAN															
ATLISCO															
BAJA CALIFORNIA	A	A	A												
MORQUE	A	A	A												
MICHUALLI	A	A	A												
TIJUANÁ	A	A	A												
ENSENADA	A	A	A												
SUR DE SONORA	A	A	A												
MICHUALLI	A	A	A												
GUAYMAS	A	A	A												
CIUDAD GUAYMAS	A	A	A												
LEÓN, GUANAJUATO	A	A	A												
CIUDAD JUÁREZ	A	A	A												
BAJO BRAVO	A	A	B												
REYNOSA															
NUÉVO LARENS															
MATAMOROS															
RIO BRAVO															
TOLUCA LERMA	A	B	B												
SAN LUIS RIOSAL	A	B	B												
AGUASCALIENTES	A	B	B												
MEDIO LERMA	A	C	A												
QUERÉTARO															
CELAYA															
SALAMANCA															
MARQUATO															
SALVATERRA															
PENJAMO															
COATZACOALCOS -	A	C	A												
MINATITLÁN															
GUADALAJARA	A	C	B												
TAMPICO - MADRID	A	C	A												
VERACRUZ - CENTRO	A	C	A												
VERACRUZ															
SALINA															
SUR DE CHIHUAHUA	A	C	A												
EMBUENDIA															
DELICIAS															
CAMARCO															
MIGUEL DEL PARRAL															
ICAPALCO	A	C	B												
RIO BLANCO	A	C	B												
ORIZABA															
RIO BLANCO															
CIUDAD MÉRIDA															
NORTE DE MICHOACÁN	A	C	B												
MORLIA															
ZAMORA															
URUAPAN															
ZACAPU															
APAZIMICÁN															
POZA RICA - TUXPAN	A	C	C												
MERIDA	B	A	B												
SALTILLO	B	A	B												
NORTE DE SINALOA	B	A	B												
EULICAN															
LOS MOCHIL															
EL FUERTE															
QUERÉTARO	A	B	B												
MATZARÁN	A	C	C												
LACOS DE MORENO	A	C	C												
NOGALÉS	C	A	A												
LA PAZ	C	A	A												
TULTEPEC	C	A	A												
MEDIO BALSAS	C	A	C												
CHAMPANCHE															
MEXALA															
TOPEL															
SALINA GRANDE	C	B	A												
TACÍCAES - TRESILLO	C	B	A												
VILLAHERMOSA	C	B	A												
COLIMA	C	C	A												
MANZANILLO															
LEONARDO RODRÍGUEZ	C	B	A												
TUXTLA GUERRERO -	C	B	A												
CHAPA DE CUZCO															
MORELOS	C	B	B												
GUERRERERO															
CHAPALA	C	C	B												
CHAPALA															
OCOTLÁN															
GUAYMAS															
LA BARRA															
JOCOTEPEC															
CAMPACHE	C	C	C												
CIUDAD QUINLAN	C	C	C												
TARAHUACA	C	C	C												
PUERTO MADERO															


 DISTRITO
 INVERSIÓN AUTORIZADA
 INVERSIÓN PROGRAMADA

El desarrollo de este sistema requiere de cinco etapas básicas:

1. - Selección de la unidad de medición
2. - Identificación de los factores de contaminación.
3. - Identificación de los usos del agua.
4. - Técnica para el cálculo de la unidad de medición.
5. - Forma de reportar la cantidad de contaminación en una -
cierta fecha así como los cambios de contaminación en el
campo.

1.3.2. - Definición de la unidad cuantificadora.

El grado de contaminación del agua es medido en términos del Índice de Calidad (I). "I" es definido como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje del agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un índice de calidad cercano ó igual 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones.

La "I" se menciona como un porcentaje promedio del efecto que causan los diferentes niveles de cada uno de los parámetros medidos en - un cuerpo de agua.

1.3.3. - Factores de Contaminación.

Los factores de contaminación del agua fueron clasificados dentro de cuatro grandes categorías: (1) cantidad de materia orgánica, (2) - cantidad de bacterias coliformes (3) cantidad de materia iónica y (4) ca--racterísticas físicas.

Se emplearon 18 tipos estandar's de análisis que regularmente son practicados en corrientes y lagos, mismos que fueron utilizados para identificar la cantidad de contaminación en las cuatro categorías.

El porcentaje de saturación de O D y la BO_5 miden la cantidad de materia orgánica presente. El conteo de coliformes (coli) y Escheridía Coli (E. Coli) miden la cantidad de la materia bacteriológica presente. La materia iónica es medida por la alcalinidad (ale) dureza (D), Cloruros (Cl), conductividad específica (CE), concentración de iones hidrógeno (pH), Grasas y Aceites (G y A), sólidos suspendidos (s. s.), Sólidos Disueltos (S.D.), Nutrientes (NNO_3 , NNH_3 , PO_4) y Detergentes (A.B.S., S.A.A.M.). Finalmente las características físicas son medidas por medio del color CC y turbiedad (T).

1.3.4. - Técnicas para calcular la "I".

El objetivo de "I" es proporcionar un medio para agrupar los resultados de los análisis químicos del agua a una forma de un porcentaje de contaminación comparable. Para demostrar la necesidad de esta conversión -- considerese la dureza (D), la cual es expresada en mg/l como $CaCO_3$; el agua puede contener de 0 a más de 1000 mg/l. Reportar D en unidades de -- mg/l tiene dos ventajas: (1) Poca gente entiende la significancia de los resultados, (2) la unidad dimensional de mg/l como $CaCO_3$, solo es comparable indirectamente, por decir algo con la unidad dimensional de microhoms/cm a 25°C, el cual es utilizado para medir conductividad específica.

Por lo tanto, si los resultados de los 18 parámetros son transformados al porcentaje de contaminación, el agua no está evaluada únicamente en términos que son más significantes y fácilmente entendibles por más gente, sino que también están en tal forma que se pueden interrelacionar algebraicamente todos los parámetros.

A continuación se describirá la técnica seguida para el cálculo del grado de contaminación en una muestra de agua en términos de I, esto es; para cada parámetro, procedimiento particular.

La primera etapa en el cálculo de I fue crear una escala de calificación general de acuerdo a los diferentes usos del agua.

La segunda involucró el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su contribución al grado de contaminación. Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon las ecuaciones para cada parámetro los cuales convertirían los datos físicos de las muestras de agua a "I", al cual se le añadió un subíndice con el nombre abreviado del análisis correspondiente, ejemplo I_{OD} representa la "I" de Oxígeno Disuelto.

Estas "I" individuales, son promediadas para darnos una "I" compuesta de la muestra del agua. Debido a que ciertas pruebas son más significantes para la calidad del agua que otras, fué añadida una tercera etapa en la que los 18 componentes de la fórmula fuerón pesados por orde importancia. El peso asignado a cada prueba se designo como W, al que le añadió el subíndice que representa la prueba, de tal forma que la fórmula que nos proporciona el índice de calidad es:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i \cdot W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

donde:

I = índice de calidad, $0 \leq I \leq 100$

I_i = índice de calidad para el parámetro i, $0 \leq I_i \leq 100$

W_i = peso de importancia del parámetro i, $0 < W_i < 5$

n = número de parámetros.

Esta I al final representa la calidad del agua en punto en el tiempo, o sea nos expresa tanto el nivel de contaminación como el cambio con el tiempo. Sin embargo hay que tener presente que tanto las ecuaciones individuales como los pesos deben ser revisados antes de ser aplicados a algún lugar específico; aún cuando la metodología general sigue -

siendo válida.

La función de la escala de calificación general es proporcionar un criterio estandarizado para transformar todas las mediciones individuales en una sola unidad de comparación "I". En la figura siguiente se muestran los efectos de diferentes niveles de contaminación sobre cada uso de agua descrito. Por ejemplo, si una agua es de suficiente calidad definida como "no requiere purificación" y estaría entre 90-100 % para abastecimiento público. Relacionando los porcentajes de contaminación para uso, fué designado el 50% como el punto después del cual estaría definitivamente contaminada. Observando la figura se puede ver que la descripción de contaminación es diferente en cada uso (agua de pureza aceptable, por ejemplo, varía con el uso.

INDICE DE CALIDAD	100	NO REQUIERE PURIFICACION	ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUATICO	ACEPTABLE PARA TODOS LOS ORGANISMOS	NO REQUIERE PURIFICACION	ACEPTABLE	ACEPTABLE	
	90	LIBERA PURIFICACION			LIBERA PURIFICACION PARA ALGUNOS PROCESOS			
	80	MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO	ACEPTABLE	EXCEPTO ESPECIES MUY SENSIBLES	SIN TRATAMIENTO PARA INDUSTRIA NORMAL			
	70		NO RECOMENDABLE	DUDOSO PARA ESPECIES SENSIBLES				
	60							
	50	DUDOSO	DUDOSO PARA CONTACTO DIRECTO	SOLO ORGANISMOS MUY RESISTENTES	CON TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA			
	40		SIN CONTACTO CON EL AGUA					
	30	INACEPTABLE	MUESTRAS OBVIAS DE CONTAMINACION	INACEPTABLE	USO MUY RESTRINGIDO			CONTAMINADO
	20							
	10							
0						INACEPTABLE		
	ABASTECIMIENTO PUBLICO	RECREACION	PESCA Y VIDA ACUATICA	INDUSTRIAL Y AGRICOLA	NAVEGACION	TRANSPORTE DE DESECHOS TRATADOS		

1.3.5 DESCRIPCION DE LAS ESCALAS DE CALIFICACION INDIVIDUAL.

a) Materia Orgánica e inorgánica.

Una escala de calificación individual fué preparada para correlacionar los resultados de cada análisis de agua con el impacto que causan en los diferentes usos del agua. El proceso de estas escalas se detallará únicamente para los componentes orgánicos para mostrar la técnica que se siguió, ya que para el resto es similar. Las fuentes principales de materia orgánica en el agua son los desechos municipales y efluentes industriales. Se hablará en las interpretaciones de los análisis individuales.

1.3.5.1.- OD (Oxígeno Disuelto)

La presencia de gran cantidad de materia orgánica causa bajo contenido de OD en el agua. Un bajo contenido de OD tiene poco efecto sobre la disponibilidad del agua para usos municipales ó para deportes acuáticos, pero es debilitante o aún letal para los peces, especialmente en el periodo de ovulación. El OD también es necesario para la oxidación en procesos de descomposición de materia orgánica y el cual será incapaz de absorber el suficiente oxígeno para rehabilitarse por si misma, cuando la carga de materia orgánica sea demasiada.

Niveles de O.D. los cuales son aceptables para los diferentes usos de agua, han sido reportados en muchas fuentes, pero nunca se ha llegado a un acuerdo al respecto entre las diferentes autoridades.

La selección de una escala de calificación individual, por lo -- tanto toma tonos subjetivos, no obstante se tuvo cuidado en alcanzar las -- opiniones de las autoridades sobre la evaluación de calidad del agua. Como se mencionó anteriormente, una mayor atención se le debe dar a las técnicas para desarrollar escalas, más que a los mismos resultados analíticos.

Un punto importante es que aunque los niveles de las escalas - de calificación están basados sobre opiniones, lo que lo hace ligeramente subjetivo, la aplicación de la escala de calificación final es completamente objetiva.

La preparación de la escala involucró la creación de un esquema preliminar (borrador) encabezado por los diferentes usos del agua, -- bajo los cuales fueron listadas, las diferencias de calificación por los ex-- pertos.

El contenido de este esquema fue cuidadosamente examinado y discutido; el tipo de uso que resultó más afectado por un contaminante en particular asumió especial importancia. ejemplo vida de los peces en --

las corrientes), no obstante todos los usos fueron considerados.

La idea es convertir las escalas de calificación de los expertos, expresadas en unidades usuales de medición, en la escala de calificación en términos "I". La escala de calificación general, fig. I.1, mostró el criterio estandar para esta conversión. "ASÍ" para el caso del O.D., un porcentaje de saturación del 78% le fué asignado un valor de 80% sobre la escala I y un por ciento de saturación de O.D. de 39 le fué asignado un valor de 40%, etc.

Los valores de I resultantes para cada análisis se graficaron sobre un plano de coordenadas cartesianas, con I sobre el eje vertical y en el horizontal el % de saturación de O.D.

La gráfica O.D. fué la más sencilla de todas y fué ajustada a una relación lineal. La figura I.1.1 muestra esta relación para evitar varias temperaturas.

La ecuación resultante fué expresada como:

$$I_{OD} = \% \text{ sat. O.D.}$$

1.3.5.2.- D.B.O₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

La figura I.3.5.2 muestra la relación de la escala de calificación con la D.B.O. La resultante se expresa como:

$$I.D.B.O. = 120 (D.B.O)^{-0.673}$$

donde:

D.B.O. es expresada mg/l.

I.4. - BACTERIAS COLIFORMES.

1.4.1. - Colis totales (coli).

$$I_{\text{coly}} = 97.5 (\text{coli})^{-0.27}$$

donde:

coli se expresa como colis/ml.

La figura L.1.3 muestra la gráfica correspondiente a esta función.

1.4.2. - Colis fecalis (escherichia coli)

Incluso en el grupo coliforme están las bacterias patógenas - correspondientes al grupo E. coli, las cuales se originaron principalmente en el intestino grueso del hombre.

La presencia e. coli es por lo tanto un indicador claro de contaminación fecal. La ecuación usando la técnica descrita anteriormente es:

$$I_{\text{c. coli}} = 97.5 (5 \text{ e. coli})^{-0.27}$$

donde la

e. coli es expresado como e. coli/ml.

La figura L.1.4. muestra la gráfica correspondiente a la escala de

calificación de este componente.

1.5.- MATERIA IONICA

La cantidad de materia iónica es medida a través de las siguientes pruebas:

Conductividad específica (C.E.) Cloruros (Cl), dureza (D) - Alcalinidad (Alc), pH, grasas y Aceites (G y AJ), Sólidos suspendidos (s.s.), sólidos disueltos (S.D), Fosfatos (PO_4), nitrógeno de nitratos (NNO_3) Nitrogeno amoniacal (NNO_4) y detergentes (SAAM).

1.5.1.- Conductividad específica (C.E.)

La escala de calificación para C.E. es lineal sobre papel log-log, en la figura L.51 se muestra la gráfica de ésta función en papel aritmético y la ecuación es como sigue:

$$I_{ce} = 540.(C.E.)^{-0.379}$$

donde:

CE está expresada en microhoms/cm.

1.5.2.- Cloruros (cl)

La ecuación para la escala de calificación para el Cl es:

$$I_{CL} = 121 (Cl)^{-0.233}$$

donde:

Cl esta expresada en mg/l.

La gráfica para esta función se da en la figura I.5.2.

1.5.3.- Dureza (D)

La escala de calificación para D fué lineal sobre papel se-mi-log, quedando la ecuación expresada como:

$$I_D = 10^{1.974 - 0.0017D}$$

donde:

D está expresada en mg/l como Ca CO₃.

en la figura 1.5.3. se muestra la gráfica para esta función.

1.5.4.- Alcalinidad (Alc)

La escala de calificación se muestra graficamente en la figura 1.5.4.- la cual representa la ecuación:

$$I_{alc} = 105 (alc)^{-0.186}$$

donde alc está expresada en mg/l como CaCO₃ .

1.5.5.- pH (potencial de Hidrogeno)

Las ecuaciones para pH son:

$$I_{pH} = 10^{0.2335 \text{ pH} + 0.440} \quad \text{si } \text{pH} < 6.7$$

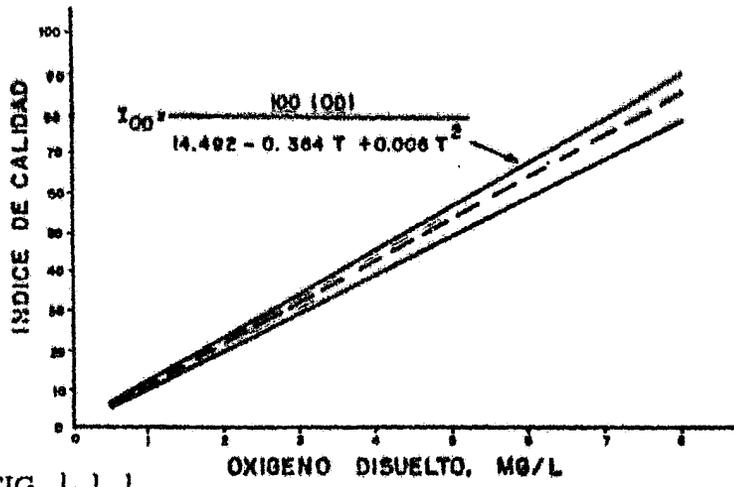


FIG. 1. 1. 1.

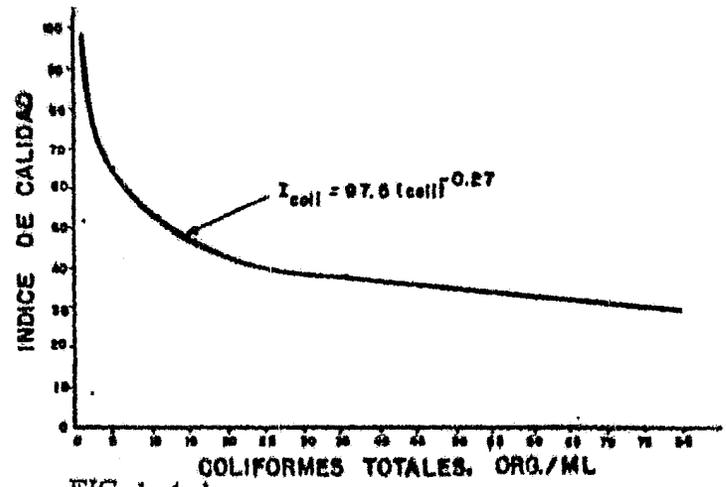


FIG. 1. 4. 1.

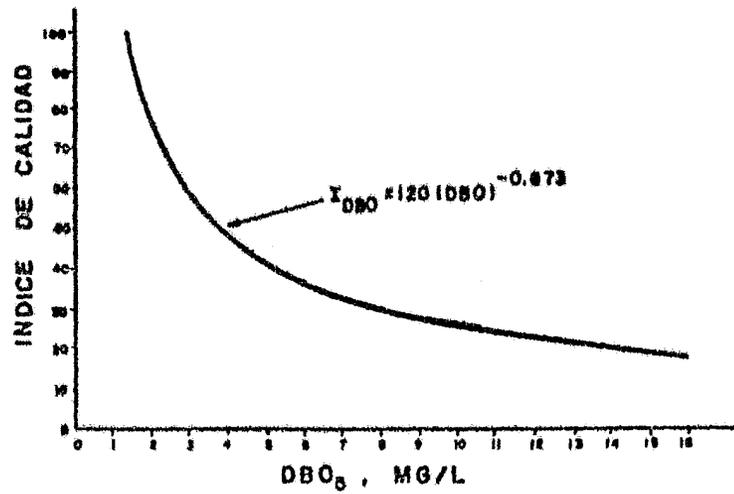


FIG. 1. 3. 5. 2.

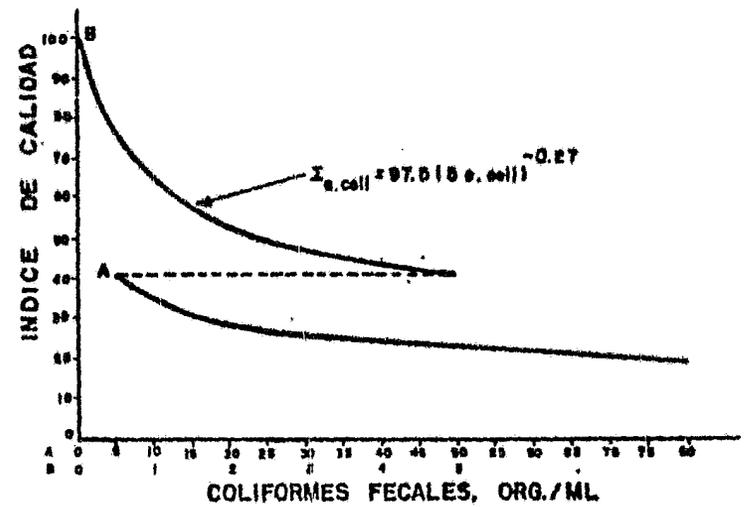


FIG. 1. 4. 2.

$$I_{\text{pH}} = 100 \quad \text{si } \text{pH} \geq 6.7, \quad 7.3$$

$$I_{\text{pH}} = 10^{4.22 - 0.293 \text{ pH}} \quad \text{si } \text{pH} > 7.3$$

La figura 1.5.5. - muestra la gráfica del comportamiento de estas funciones.

1.5.6. - Grasas y Aceites (G y A)

La figura 1.5.6. - muestra la gráfica de la escala de calificación para este parámetro. La ecuación encontrada para esta función fué:

$$I_{\text{G y A}} = 87.25 (\text{G y A})^{- 0.298}$$

donde:

G y A se expresan mg/l

1.5.7. - Sólidos Suspendidos (S.S.)

La figura 1.5.7. - muestra la escala de calificación para S.S. y la ecuación viene dada por la siguiente función:

$$I_{\text{ss}} = 266.5 (\text{S.S.})^{- 0.37}$$

donde:

S.S. esta expresada en mg/l.

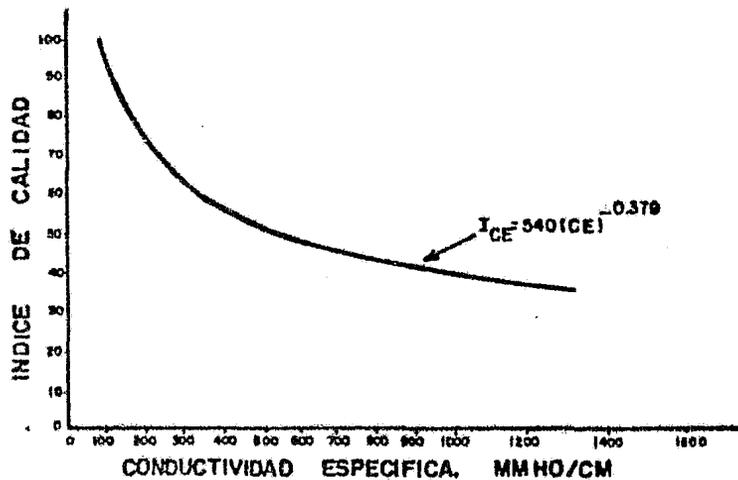


FIG. 1.5.1.

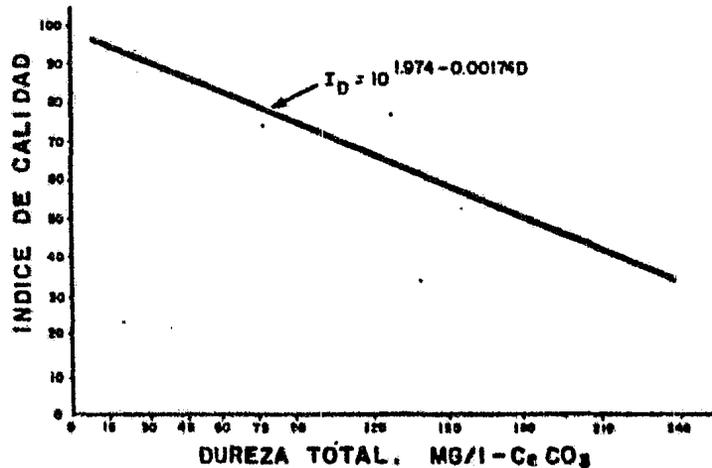


FIG. 1.5.3.

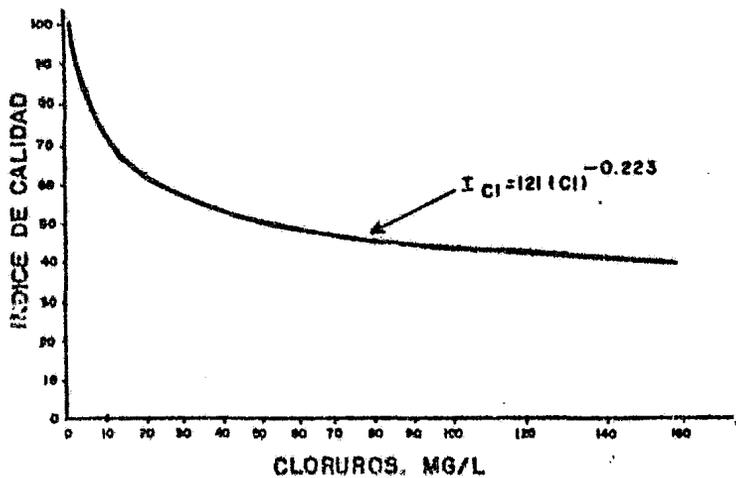


FIG. 1.5.2.

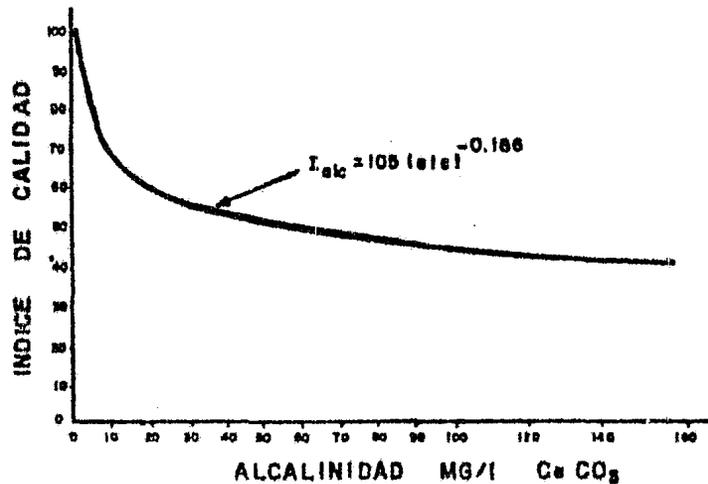


FIG. 1.5.4

1.5.8.- Sólidos Disueltos (S.D.)

En la figura 1.5.8. - Se muestra la gráfica encontrada para los S.D; la ecuación que define esta función es:

$$I_{SD} = 109.1 - 0.0175 (S.D)$$

donde:

S.D. se expresan en mg/l.

1.5.9.- Nutrientes (NNO_3 NNH_4 y PO_4)

La evaluación de nutrientes, fué en base al nitrógeno de nitratos (NNO_3). Nitrogeno Amoniacal (NNH_3) y Fosfatos totales (PO_4), cuyas funciones se encuentra graficadas en las figuras 1.5.9 (a), 1.5.9.(b), 1.5.9 (c) respectivamente. -

Las ecuaciones dadas en la siguiente forma:

1.5.9a $I_{NNO_3} = 162.2 (NNO_3) - 0.343.$

1.5.9b $I_{NNH_3} = 45.8 (NNH_3) - 0.343.$

1.5.9c $I_{PO_4} = 34.215 (PO) - 0.46$

donde:

NNO_3 , NNH_3 y PO_4 se expresan mg/l.

1.5.1g.- Detergentes (S.A.A.M.) = Substancias activos de azul de metileno.

La escala de calificación encontrada se muestra en la figura 3.3.10 y la ecuación resultante fué:

$$I_{SAAM} = 100 - 16.687 (SAAM) + 0.1587 (SAAM)^2$$

donde:

SAAM está expresado en mg/l

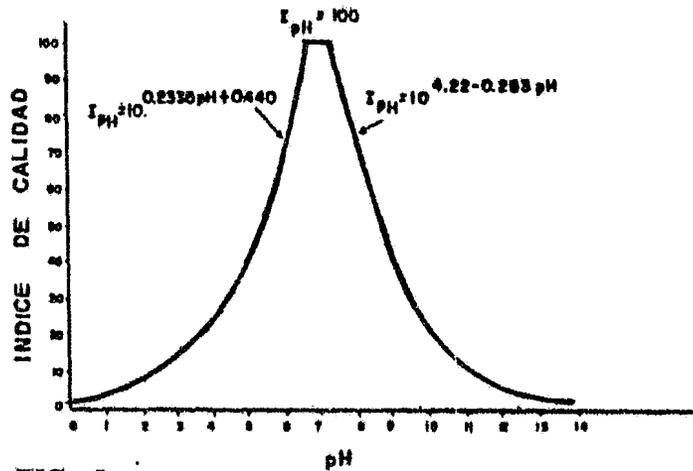


FIG. I.5.6

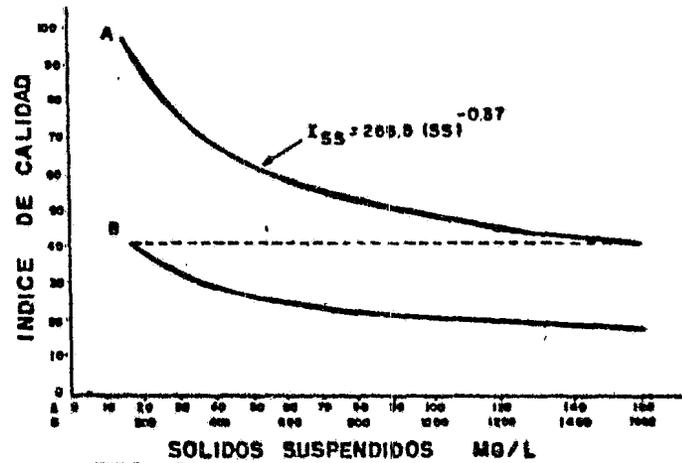


FIG. I.5.7

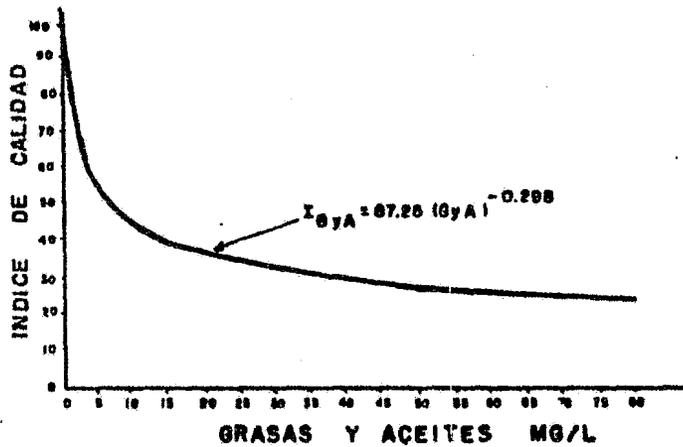


FIG. I.5.8

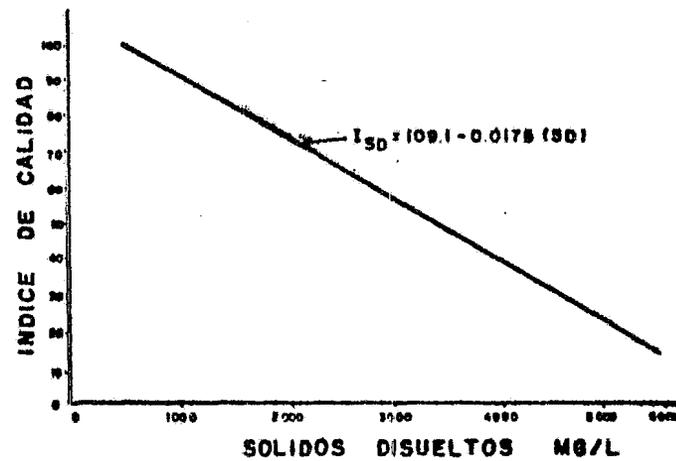


FIG. I.5.9

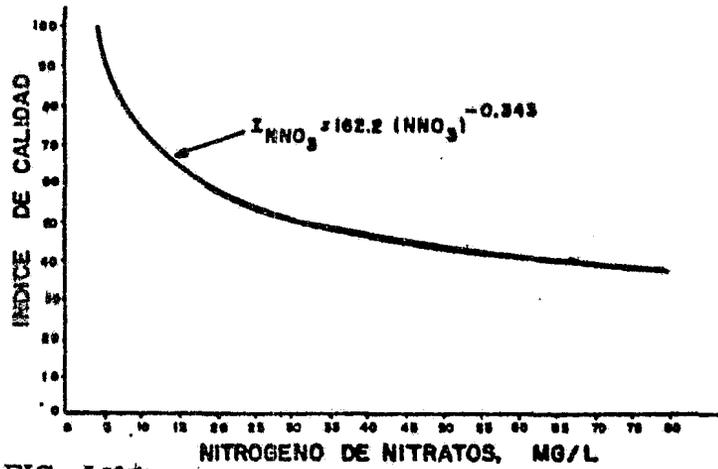


FIG. 1.51a

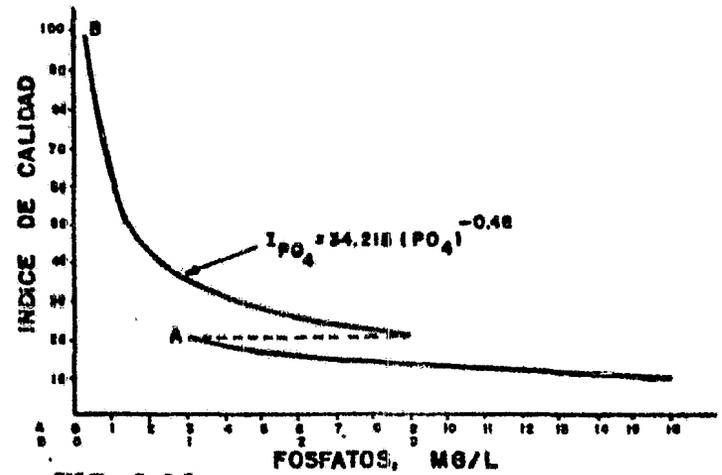


FIG. 1.51c

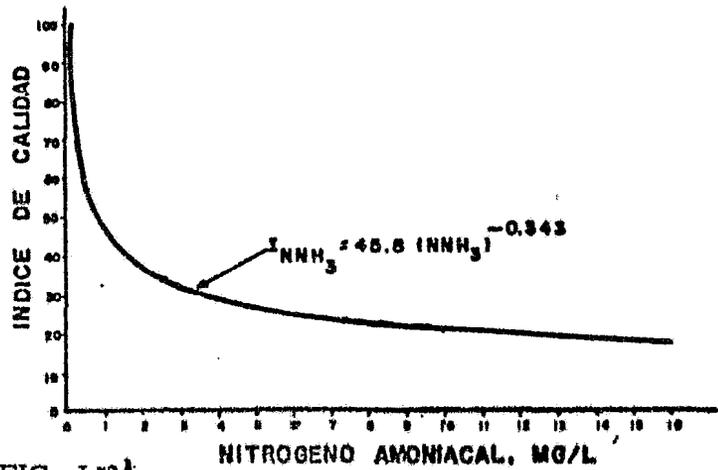


FIG. 1.51b

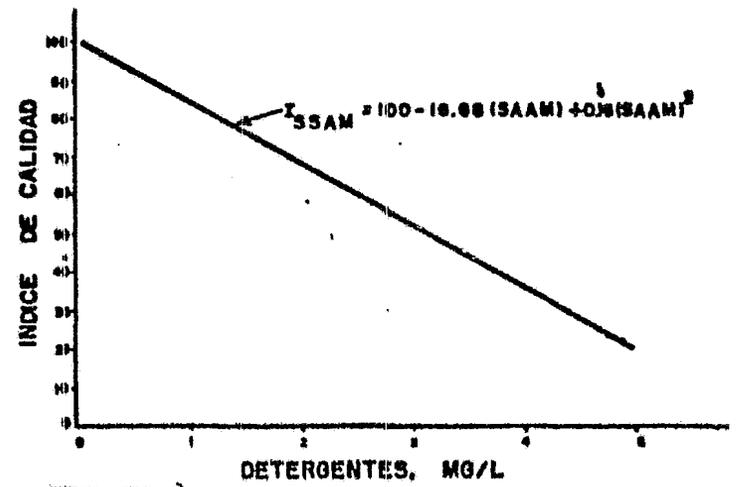


FIG. 1.51d

1.6.0. - Características Físicas.

Los parámetros de color y turbiedad fueron los únicos análisis incluidos aquí para las características físicas del agua. Su sistema aceptarían mediciones de otras propiedades como la temperatura, sabor, olor, etc., aún cuando en realidad estas características están consideradas en otros factores contaminantes ya mencionados.

1.6.1. - Color (c)

Según la escala de calificación mostrada en la figura I.6.1.

La ecuación para esta función es:

$$I_c = 123 (C)^{-0.295}$$

donde:

C es expresada con unidades de color

$$P_t = C_o$$

1.6.2. - Turbiedad (turb)

La figura I.6.2. muestra la gráfica de rango de calificación para la turbiedad.

La ecuación que nos define dicha función es:

$$I_{turb} = 108 (Turb)^{-0.178}$$

donde:

Turb está expresada en H T J.

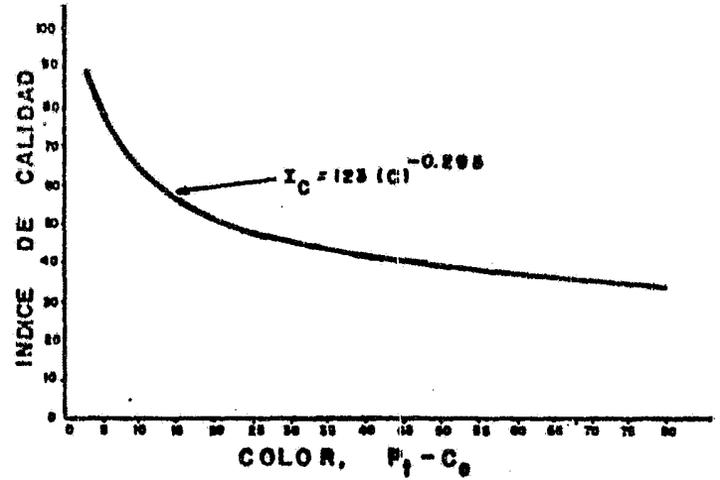


FIG. I.41

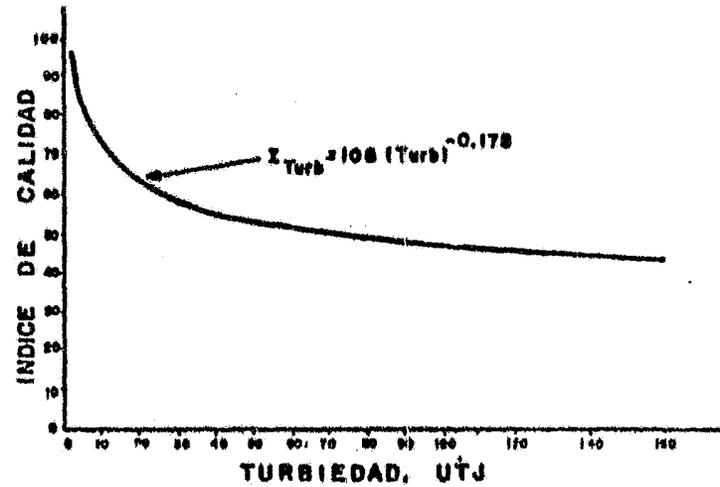


FIG. I.42

1.7. - Reporte.

1.7.1. - Ejemplo de aplicación:

La aplicación del índice es importante ya que además de obtener los niveles de calidad del agua, podemos determinar las tendencias de la misma en el tiempo.

Para ilustrar lo anterior, se presenta la evaluación de los resultados obtenidos en la Bahía de Acapulco para las estaciones ubicadas en las zonas de descargas (1) y costa de la Bahía (1) ver figura I.7.1 (a) para el periodo 1971-1977. Esta información esta tomada de las memorias del 2o. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria de 1980.

Los valores calculados usados en el índice de calidad para las estaciones mencionadas en la Bahía de Acapulco, están dados en la tabla I.7.1. (a) y I.7.1 (b). - Un análisis de re--gresión de los datos analizados indica un mejoramiento global de calidad del agua de 0.13 y 0.006 unidades del índice por mes para el periodo mencionado y para las estaciones ubicadas en la zona de cargas y costa de la Bahía respectivamente. (ver fig. I.7.1 (b) y I.7.1 (c)

Los resultados obtenidos de los análisis en cada estación - fueron promediados para obtener un solo valor global de cada parámetro por zona, con el objeto de simplificar la aplicación del índice.

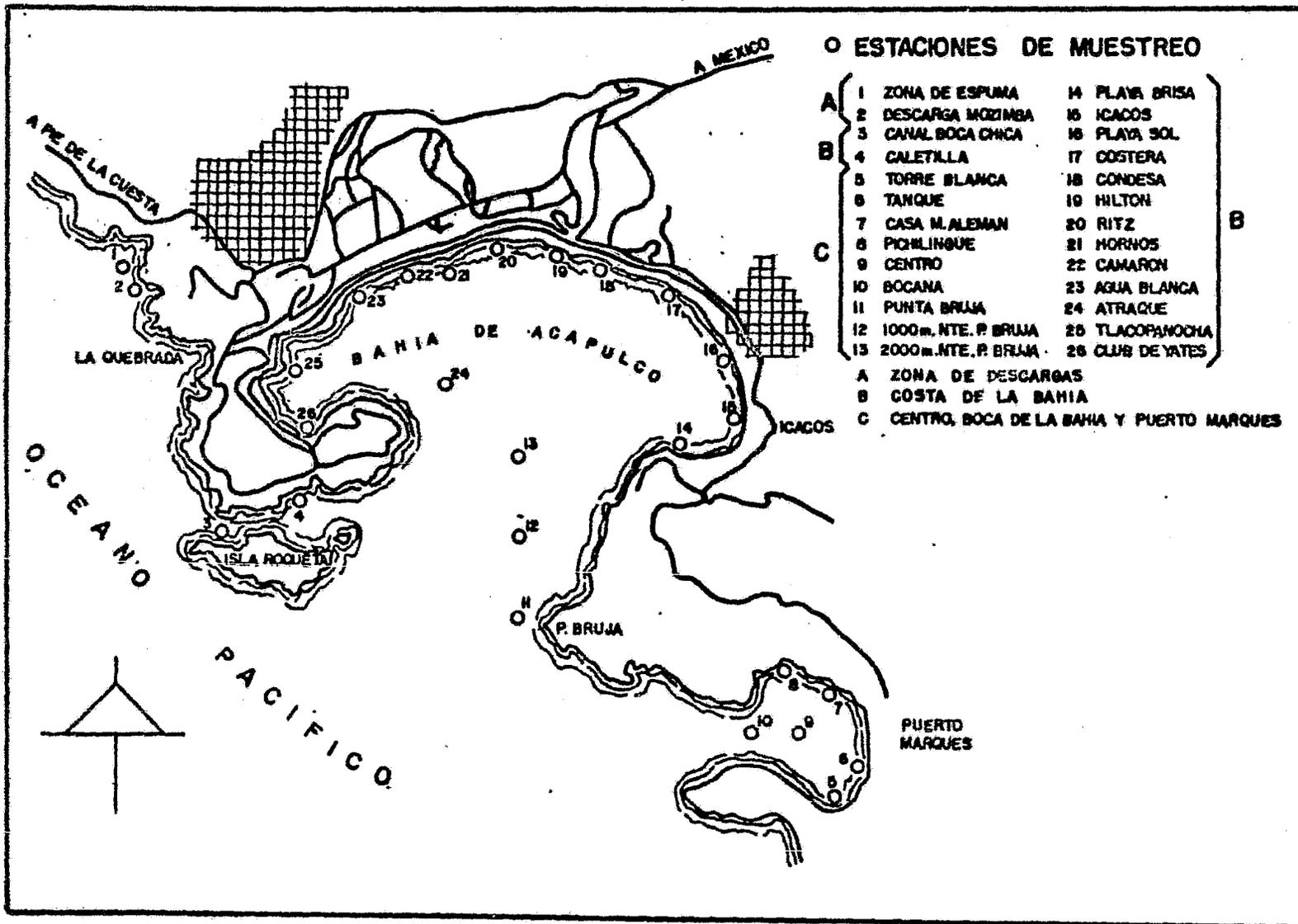


TABLA 4.1 (a)

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA
SISTEMA DE INFORMACION DE CALIDAD DEL AGUA

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.M. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : "RAMA DE ACAPULCO"

ESTACION ESTUDIADA : "ZONA DE DESCARGAS"

FECHA DE MUESTREO		FECHA CORRELACIONADA	INDICE CALCULADO
MES	AÑO		
12	1971	1	57.87
1	1972	2	46.73
2	1972	3	60.54
3	1972	16	42.85
4	1972	17	45.88
5	1972	18	42.36
6	1972	21	24.57
9	1972	22	55.28
10	1972	23	55.33
11	1972	24	47.20
12	1972	25	53.86
2	1974	27	53.13
3	1974	28	44.07
4	1974	29	45.79
5	1974	30	45.67
6	1974	31	53.12
7	1974	32	55.28
8	1974	33	48.93
9	1974	34	62.88
1	1975	38	48.58
2	1975	39	54.95
3	1975	40	51.93
4	1975	41	44.44
5	1975	42	47.76
6	1975	43	58.53
7	1975	44	48.95
8	1975	45	53.62
9	1975	46	53.32
10	1975	47	61.88
11	1975	48	53.88
12	1975	49	56.28
1	1976	50	47.11
2	1976	51	51.56
3	1976	52	41.75
4	1976	53	47.18
5	1976	54	53.59
6	1976	55	44.91
7	1976	56	57.83
8	1976	57	48.68
9	1976	58	46.69
10	1976	59	43.26
1	1977	62	59.27
2	1977	63	51.36
3	1977	64	50.85
4	1977	65	48.52
5	1977	67	53.41
7	1977	68	61.53
8	1977	69	72.68
9	1977	70	47.58
10	1977	71	43.92
11	1977	72	45.22
12	1977	73	45.76

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 53.36

CON MINIMOS CUADRADOS SE TIENE
LA REGRESION Q = 47.7875 + .1303 L

DISTRIBUCION DE STUDENT T = 2.317

ERROR TIPICO DE LA ESTIMACION 7.9731

COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL .2964

LA T LEIDA EN TABLAS ES 1.67688

DESVIACION ESTANDAR 8.6292

PARA EL 96% DE CONFIANZA CONCLUIREMOS QUE :

LA CALIDAD DEL AGUA HA BUENTAMEN...

TABLA 4.1 (b)

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA
SISTEMA DE INFORMACION DE CALIDAD DEL AGUA

RESULTADOS DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.M. DINIUS

NOMBRE DEL CUERPO RECEPTOR : "RAMA DE ACAPULCO"

ESTACION ESTUDIADA : "COSTA DE LA BAHIA"

FECHA DE MUESTREO		FECHA CORRELACIONADA	INDICE CALCULADO
MES	AÑO		
12	1971	0	66.06
1	1972	2	71.54
2	1972	3	53.79
3	1972	16	69.15
4	1972	17	82.44
5	1972	18	98.93
8	1972	21	10.70
9	1972	22	68.26
10	1972	23	59.17
11	1972	24	83.28
12	1972	25	60.35
2	1974	27	73.99
3	1974	28	87.65
4	1974	29	85.08
5	1974	30	89.74
6	1974	31	69.36
7	1974	32	71.76
8	1974	33	68.49
9	1974	34	72.08
1	1975	38	79.73
2	1975	39	58.54
3	1975	40	75.15
4	1975	41	87.55
5	1975	42	79.74
6	1975	43	62.56
7	1975	44	69.91
8	1975	45	74.93
9	1975	46	68.09
10	1975	47	73.74
11	1975	48	84.25
12	1975	49	86.19
1	1976	50	89.56
2	1976	51	87.46
3	1976	52	80.10
4	1976	53	87.77
5	1976	54	77.49
6	1976	55	70.42
7	1976	56	77.19
8	1976	57	78.42
9	1976	58	69.28
1	1977	60	78.11
1	1977	62	79.66
2	1977	63	10.38
3	1977	64	87.34
4	1977	65	74.77
6	1977	67	83.48
7	1977	68	89.88
9	1977	70	84.60
10	1977	71	81.97
11	1977	72	91.84
12	1977	73	98.85

INDICE MEDIO ENCONTRADO : 75.14

CON MÍNIMOS CUADRADOS SE TIENE
LA ECUACION $y = 75.3895 + .0004x$

DISTRIBUCION DE STUJENT $t = .256$

ERROR TIPICO DE LA ESTIMACION 10.8178

COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL .8359

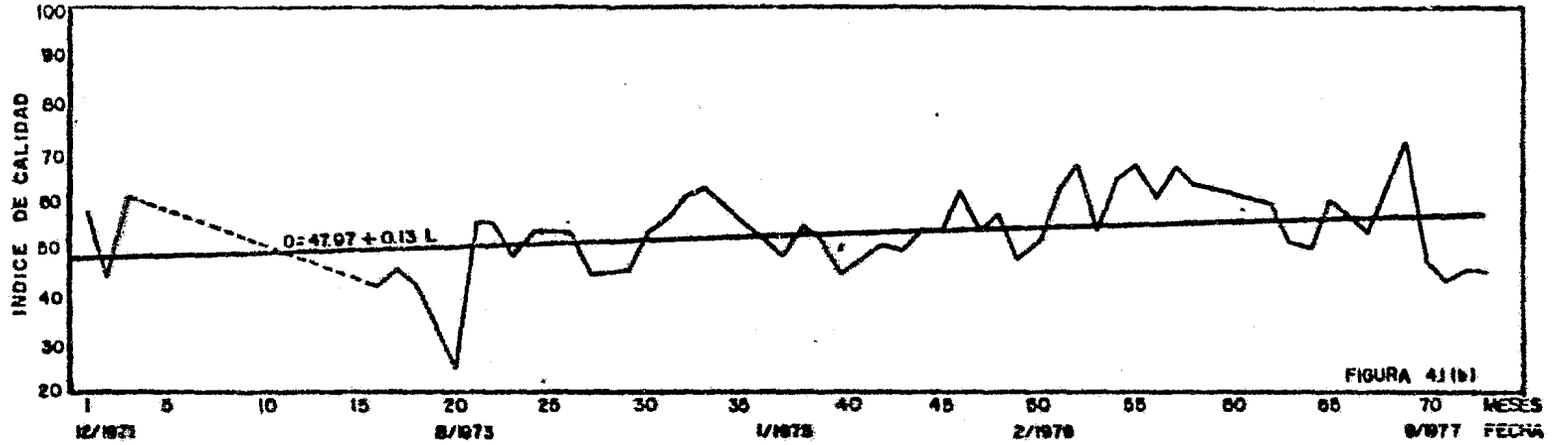
LA T LEFIDA EN TABLAS ES 1.67709

DEVIACION ESTANDAR 10.6326

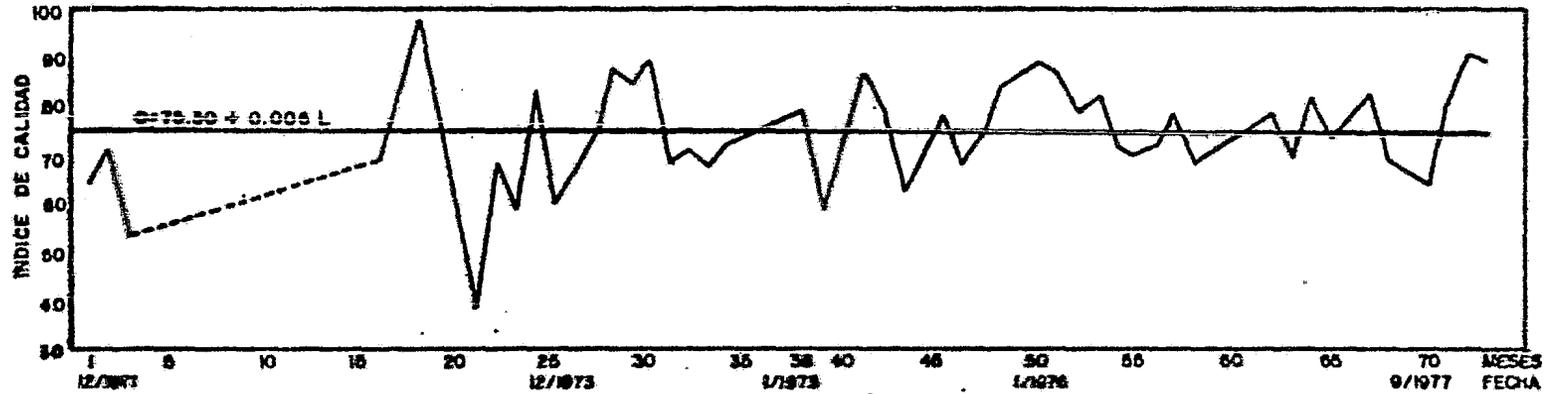
MODELO DE CALIDAD DEL AGUA POR EL METODO S.M. DINIUS
LA CALIDAD DEL AGUA EN LA ESTACION

BAHIA DE ACAPULCO

ZONA DE DESCARGAS



COSTA DE LA BAHIA



V. - CONCLUSIONES

1. El propósito del presente trabajo ha sido presentar un sistema de información para evaluar la calidad del agua, el cual sirva como herramienta para comunicar a gran parte de la población, el estado que guarda un cuerpo de agua.
2. La aceptación del concepto de Índice de Calidad, para reportar calidades de agua, ha sido buena en los E. U. A. y se ha aplicado satisfactoriamente en varios Estados de ese País.
3. La utilización del Índice de Calidad ayudará a las dependencias oficiales y al público, a evaluar los progresos logrados en los programas de manejo de calidad del agua y así mismo a establecer prioridades de atención, en cuerpos de agua regularmente muestreados.
4. Es importante notar que los resultados del Índice de Calidad son específicos para las condiciones existentes en el área de estudio únicamente, por lo que no pueden ser extrapolados para reflejar condiciones de otras áreas.
5. Los elementos tóxicos y los plaguicidas forman dos grupos de sustancias contaminantes, que se presentan en situaciones temporalmente limitadas, por lo cual no se consideran dentro del Índice, sin embargo, para estos dos casos se deberán establecer -

límites máximos permisibles para cada substancia, de tal forma -
que cuando el nivel de algún elemento tóxico o plaguicida exceda -
éste límite el índice automáticamente será cero.

CAPITULO II

QUIMICA DEL AGUA E INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DEL AGUA

La química del agua en su expresión más pura será la molecular H_2O , pero lo que aquí nos interesa es hablar de los componentes, o sea los factores Físicos, Químicos y biológicos; y respecto a la interpretación de los análisis del agua, incluye los factores citados y además exámenes microscópicos.

Es de primordial importancia que al analizar las aguas contaminadas, se determinen los constituyentes que puedan dificultar su tratamiento, así como lo que faciliten el tratamiento más conveniente. Se deben hacer análisis de muestras de líquidos en estudio, para comprobar el grado de contaminación y posteriormente análisis para ver el progreso, ya sea de contaminación o de depuración, bien esta última sea natural ó a base de un proceso acelerado.

Para realizar los análisis de agua es muy importante lo referente al muestreo, ya que un punto básico es que éstas son representativas del volumen del agua del cual se obtienen para que los resultados de los análisis, ya sean los efectuados en el campo o en el laboratorio, sean satisfactorios. Es importante por lo tanto que la recolección de muestras se haga en forma más cuidadosa y eficiente siguiendo las reglas y métodos establecidos.

Dependiendo de las características del examen del agua cada muestreo es diferente, incluyendo su forma de recolección, cantidades de - muestras, tipos de envases, limpieza de los mismos, etc.; todos estos - factores cambiarán también si los exámenes se hacen de aguas de poca o abundante contaminación, si son aguas negras o efluentes de plantas de tratamiento y désechos industriales.

Los análisis dan por resultado las cantidades que contiene el agua de lo que se determina. Para efectos comparativos independientemente - del laboratorio, personal o procedimiento empleado, se han establecido algunas normas que han adaptado la gran mayoría de los países en algu- - nos casos con ligeras modificaciones; éstas son las publicadas por va- - rias asociaciones de los Estados Unidos de Norte América bajo el título- de Método Estandar e Indices de Calidad para el Análisis de Aguas y Aguas Negras.

Al indicar el método que se sigue en el laboratorio para determi- nar los parámetros que se describen, se ha considerado que el Ingeniero no los va a efectuar, pero que debe conocerlos para apreciar el grado de confiabilidad de los resultados, el tiempo de elaboración, necesidades, - técnicas en cuanto al personal especializado, uso de equipo y aparatos - específicos, costo, manejo de las muestras, etc.

Debe también conocerlos para definir tipo y cantidad de análisis

por realizar de acuerdo al estudio y fines que se persiguen.

En un estudio preliminar de carácter cualitativo, en ocasiones es suficiente con los parámetros más simples y sin llegar a emplear técnicas ni equipo tradicional. Tal ocurre cuando se efectúa por primera vez una visita al lugar de trabajo en que deben comenzarse a fijar los sitios de muestreo. Basta, pues con efectuar pruebas tales como temperatura, pH, turbiedad, color, olor, materia orgánica y sólidos sedimentables.

Los principales criterios para evaluar el grado de contaminación de una corriente originalmente se basan en los siguientes factores:

Concentración de microorganismos coliformes, déficit de saturación de oxígeno, D B O y concentración de sólidos en suspensión. En la actualidad se adicionan parámetros como la concentración de petróleo, fenoles, o gases tóxicos y radiactividad.

La Comisión Internacional para la protección del Rin Contra la Contaminación, lleva a cabo diversas determinaciones fundamentales: Temperatura, O.D., Cloruro y fenoles y el consumo de permanganato de potasio.

La lista de determinaciones que efectúa la Comisión para el saneamiento del agua del Río Ohio es mucho más larga; allí se determinan Sulfato, Aluminio, fierro, magnesio, manganeso, sodio, potasio, bicarbonato

atos, sulfatos, calcio, cloruros, fluor, nitritos, fosfatos, cromo, níquel, cianuro, plomo, zinc, cobalto, arsenio, cadmio; además: dureza, acidez, fenoles, conductividad eléctrica, pH, color, turbidez y NMP de colis.

Cualquiera que sean los parámetros seleccionados, es siempre necesario conocer los valores medios y extremos, datos que no pueden proporcionar un análisis aislado.

Mencionase pues los factores a considerar:

a) Factores Físicos que comprenden:

- Temperatura
- Color
- Olor
- Turbiedad
- Residuos
- pH
- Conductividad eléctrica
- Radiactividad

b) Factores Químicos entre los que se hallan

- b.1) Gases disueltos
 - Amoníaco
 - Bióxido de Carbono
 - Cloro
 - Hidrógeno
 - Sulfato de Hidrógeno
 - Nitrógeno
 - Oxígeno
 - Bióxido de azufre

- b.2) Cationes:
 - Aluminio

Amonio
Bario y Estroncio
Calcio y Magnesio
Cobre
Cromo
Ion de hidrógeno
Hierro
Sodio y Potásio
Plomo
Manganeso
Niquel
Zinc

b.3) Aniones:

Bromo y Yodo
Carbonato y Bicarbonato
Cloruro
Cromato y Dicromato
Cianuro
Fluoruro
Hidróxido
Nitrato
Nitrito
Fosfato
Sulfato
Sulfuro
Sulfito

b.4) Varios

Acidez y alcalinidad
Demanda Química de Oxígeno
Requisito de cloro
* Dureza
Nitrógeno de kjeldahl
Nitrógeno orgánico
Materia aleoginosa y extractable
Fenol
Silice
Detergentes

c) **Biológicos**

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Demanda inmediata de oxígeno disuelto

Bacterias del hierro

Microorganismos

Bacterias seductoras del sulfato

Toxicidad aguda para peces de agua dulce.

Referente a la Química del agua e interpretación de los análisis del agua

Se dice que el denominador común de la mayor parte de los problemas del agua es la dureza. La dureza es uno de los términos del pasado y que se origina en el uso casero del agua para lavado.

Se encontró que algunas aguas eran duras para utilizarlas al realizar el lavado de la ropa familiar. Se necesitaba más jabón para producir espuma en estas aguas, tanto que en algunas casas tenían barriles o cisternas para recoger el agua de lluvia para el lavado. Esta relación entre la dureza y la espuma resultó tan fundamental que los químicos han desarrollado una solución estándar de jabón, la cuál la utilizó muchos años para determinar la dureza del agua. Por lo tanto, la tradición define LA DUREZA COMO LA CAPACIDAD DE CONSUMO DE JABÓN POR EL AGUA. Con fines prácticos es el contenido de CALCIO Y MAGNESIO DEL AGUA, aunque los metales pesados como el hierro y el manganeso también consumen jabón.

Entonces, la dureza es la solución en agua tanto de calcio como de magnesio en forma de Cationes, independientemente de la naturaleza de los aniones presentes. Esta se ha expresado por lo general en función $\text{CaCO}_3=100$ y su peso equivalente es de 50, proporcionándole una unidad conveniente de intercambio para expresar a todos los iones en agua, en vez de

mostrar a cada uno de ellos con su propio peso equivalente.

Los análisis de aguas utilizados están basados en el concepto de equivalencia a carbonado de calcio, una forma ampliamente utilizada, - aunque no universal, de describir los análisis de agua. Hay otras formas que también se utilizan en los Estados Unidos:(1) La mayor parte de los análisis del Geological Survey y de otras agencias gubernamentales describen los iones en la forma en que existen en la realidad, generalmente en ppm

TABLA II-1 Comparación entre los métodos de informes de los análisis de agua. Río Mississippi en Vicksburg.

Componente	mg/l	Ep m ⁺	mg/l como CaCO ⁺
Calcio	46	2.30	115
Magnesio	14	1.15	57
Sodio	32	1.39	75 6
Potasio	2.7	0.07	NR
Cationes totales	NR	4.91	247
Bicarbonato	134	2.52	126
Cloruro	67	1.40	70
Nitrato	34	0.96	48
	3.6	0.06	3
Anoniones totales	NR	4.94	247
Dureza total	172		
Sólidos disueltos	304		
	(mmohms)	304	
Conductividad (mmohms)	383		
pH	7.5		
Fierro (como Fe)	0.03		
Manganeso (Mn)	00		
Color	15		
Silice (SiO ₂)	8.3		

o mg/l; (2) Algunos químicos presentan los componentes iónicos en equivalentes por millón a los cuales se llega tomando la concentración de cada uno de los iones en ppm, como se muestra en el informe típico del GS de los Estados Unidos y dividiendo este valor entre el peso equivalente.

En la tabla II.1 Se comparan estos tres métodos de presentar un análisis de agua.

En la columna dos, la suma de todos los aniones determinados mediante el análisis es 4.91. Puesto que el agua debe ser eléctricamente neutra, la suma de los cationes debe ser igual a la suma de los aniones, pero no es raro encontrar una pequeña diferencia, debido casi siempre a componentes en poca cantidad, tal vez amonio (un catión) en este caso, que no se informan, o debido a las limitaciones de las pruebas individuales para los aniones.

En el método iónico de presentar los resultados, generalmente la sílice, el hierro y el manganeso no se dan en forma iónica. Estos materiales suelen ser coloidales. Hablando estrictamente, en el agua de un pozo profundo escaso de oxígeno, el hierro y el manganeso están solubilizados en la forma reducida (Fe^{+2} y Mn^{+2}) y deben presentarse como cationes si sus concentraciones forman una parte importante total. El Sílice puede ser un anión o concentraciones superiores a 50 mg/l.

La convención común de utilizar la forma equivalente a CaCO_3 es no tomar en cuenta el análisis del Sodio y del Potasio y presentar estos iones juntos como sodio, determinando como la diferencia entre la suma de los aniones totales y la dureza del agua. Esto mantiene la neutralidad eléctrica del sistema. (Si se determina amonio, debe presentarse como el catión y el contenido de Sodio se determina mediante la diferencia reducida de forma adecuada).

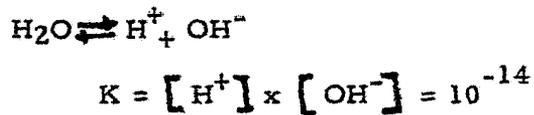
Un método conveniente de convertir una forma analítica se presenta en la Tabla II.2 en la cual las concentraciones se expresan, por lo general en mg/l.

ANALISIS DEL AGUA DE DESECHO

Generalmente las aguas de desecho contienen un cierto número de iones que no pueden mostrarse en este ejemplo.

La composición depende del tipo de operaciones industriales a través de las cuales ha pasado el agua hasta convertirse en desecho. Por ejemplo: los metales pesados, como el Zinc y el cobre pueden estar presentes en los desechos de las operaciones de metalizado, el cromo puede estar presente como un anión en los desechos de sistemas de enfriamiento por evaporación; el fluoruro puede estar presente como un anión o como un complejo aniónico en el agua de desecho de la fabricación de vidrios.

Tal vez el concepto más fundamental para comprender la "química del agua es la relación de ACIDEZ -ALCALINIDAD". El primer paso hacia la comprensión es entender la disociación de la molécula del agua en sí misma en iones de hidrógeno e iones hidróxido, de acuerdo con la ecuación:



Para mayor claridad se utilizará el ión hidrógeno, H^+ reconociendo que en realidad existe en una forma hidratada, el ión hidronio, H_3O^+ .

La notación del pH.

Puesto que la constante de disociación es muy pequeña, 10^{-14} , en la neutralidad en donde hay el mismo número de iones hidrógeno e hidróxido, sólo hay 10^{-7} moles por litro de cada uno de ellos. Esto es igual únicamente 10^{-4} milimoles por litro, que corresponde a una concentración real de 0.0001 mg/l de ión H^+ , equivalente a 0.005 mg/l de CaCO_3 . Debido a que se está trabajando con número tan pequeños en la disociación del agua en sus iones, es más conveniente en sustituir una expresión en donde se trabaje con potencias de 10. Esta expresión se define como pH y la relación es:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log [\text{H}^+]$$

La constante de disociación K, cambia con la temperatura y esto debe considerarse cuando se interpretan los datos que incluyen los iones H^+ y OH^- . Por ejemplo, muchas operaciones de tratamiento de aguas se llevan a cabo a temperaturas elevadas y las muestras que se toman para el análisis se suelen enfriar antes de realizarlas. Las concentraciones de H^+ y OH^- en la muestra enfriada, aún cuando sea diferente de aquellas en el sistema caliente, se utilizan en forma general para el control. Sin embargo, un fisicoquímico que necesita conocer las condiciones que prevalecen en el sistema caliente, debe utilizar la constante de disociación para la temperatura de ese sistema.

La concentración de ión hidrógeno puede medirse con un medidor de pH.

También puede titularse cuando la concentración es bastante grande para que sea detectada mediante el análisis químico. Puesto que el pH es una función logarítmica, la concentración del ión de hidrógeno aumenta el factor de 10 por cada unidad de reducción del pH.

Cuando el pH desciende hasta aproximadamente 5, el ión de hidrógeno empieza alcanzar los niveles de mg/l, lo suficientemente concentrado para determinarse por titulación utilizando el indicador orgánico correcto.

El indicador químico que al principio se seleccionó para este fin fué el naranja de metilo que cambia de color aún pH de 4.2 - 4.4. El cambio de color de este indicador es tan sutil, naranja en el lado alcalino a salmón en el lado ácido, que los investigadores buscan un sustituto que diese un cambio de color más pronunciado. El indicador que se desarrolla produce un color azul en la parte alcalina y rojo en la parte ácida, con un color gris en el punto final.

Aún cuando este indicador especial ha reemplazado al naranja de metilo, el químico de aguas aún sigue definiendo la alcalinidad como la alcalinidad con naranja de metilo (Alcalinidad "M") que existe por arriba de un rango aproximado de pH de 4.2 - 4.4. La acidez "M" es una acidez mineral que existe por debajo de este rango de pH. Una relación aproximada entre el valor del pH y la acidez mineral se muestra en la tabla II-3.

Entonces, la determinación del pH con un medidor de pH o (mediante un comparador colorimétrico adecuado) puede ser muy valiosa para determinar las concentraciones de iones hidrogeno e hidróxido en el rango de pH arriba de 4.2 - 4.4. También puede utilizarse por debajo de este pH en ausencia de reactivos para llevar a cabo la titulación ácida real.

EMPLEO DEL MEDIDOR PARA LA [OH⁻]

Puesto que la constante de disociación del agua es aproximadamente 10^{-14} y pH se ha definido como $-\log [H^+]$, también puede determinarse la concentración de iones hidroxilo con un medidor de pH puesto que se tiene la siguiente relación

$$pOH = 14 - pH$$

$$pOH = \log \frac{1}{[OH^-]}$$

ACIDEZ MINERAL

TABLA II-3

Vs pH

H ⁺ . mg/l como CaCO ₃	pH
2-3	4.3
4-5	4.0
6-7	3.9
8-9	3.8
10-11	3.7
12-13	3.6
14-16	3.5
17-20	3.4
21-25	3.3
25-30	3.2
31-40	3.1
41-50	3.0

* La acidez mineral es la presencia de iones H⁺ en concentraciones de mg/l.

Cuando el pH del agua aumenta y excede aproximadamente 9.6 - 9.8 empieza aparecer una concentración medible de iones hidroxilo. La alcalinidad hidroxílica (alcalinidad caústica u OH) puede determinarse utilizando un medidor de pH o (el comparador calorimétrico equivalente) o mediante titulación. En la tabla II-4 se muestra la relación entre la alcalinidad hidroxílica y el pH.

Es necesario entender estos conceptos para colocar las relaciones de acidez-alcalinidad en perspectiva. Para el químico teórico un pH de 7 indica la neutralidad; para el químico de aguas, un pH de 7 significa muy poco. Debe conocer qué alcalinidad total y cuanto CO₂ libre o combinado están presentes. Entonces para el químico de agua el punto divisorio entre la acidez y la alcalinidad no es el pH 7.0 sino el punto final de la alcalinidad "M" que corresponde a un pH de aproximadamente 4.4.

El químico de aguas también está interesado en la alcalinidad "p" (alcalinidad determinada con Fenolftaleína) que existe cuando el pH está por encima de un rango entre 8.2 - 8.4 que corresponde al cambio de indicador fenolftaleína de incoloro abajo de 8.2 a rosa o rojo arriba de 8.4. En la mayor parte de los suministros acuíferos naturales, el pH es menor de 8.2, de tal forma que no tiene alcalinidad "p". Muy pocas aguas naturales tienen un pH inferior a 5.0 aproxi

madamente, de tal forma que rara vez se encuentran ácidos minerales fuertes en el agua dulce. El rango del pH entre el punto final "M" y el punto final "p" define el rango de alcalinidad en donde existe la alcalinidad del bicarbonato y pueden estar presentes los ácidos débiles, entre los cuales el más importante es el ácido carbónico, dióxido de carbono en solución.

ALCALINIDAD CAUSTICA

TABLA II-4

<u>v v pH</u>		
OH, mg/l	como CaCO ₃	pH
2-3		9.7
4-5		10.0
6-7		10.1
8-9		10.2
10-11		10.3
12-13		10.4
14-16		10.5
17-20		10.6
21-25		10.7
26-30		10.8
31-40		10.9
41-50		11.0

TEMPERATURA

El agua en general adquiere la temperatura del ambiente y su variación con respecto a éste es muy poca. Está sujeta al clima local, la profundidad, velocidad y la fuente de abastecimiento.

La variación de la temperatura puede indicar indicio de contaminación, pudiendo afectar las actividades biológicas, la solubilidad de los gases y la viscosidad que influye sobre la sedimentación.

La temperatura del agua contaminada tiende a ser mayor que la natural en el mismo medio; la temperatura elevada indica que se han vertido residuos calientes. Es más fácil encontrar un agua contaminada con temperatura elevada que con temperatura baja con respecto a la medio normal.

El agua negra de una población se compone de los desechos del agua con temperatura normal, más la de los baños, calderas e industrias que generalmente desalojan las aguas a altas temperaturas; por eso es que la elevación de la temperatura es indicio de contaminación.

La medición de la temperatura, es una de las pruebas que tienen que hacerse forzosamente en el campo.

La temperatura se mide con termómetro de laboratorio que tiene una precisión apreciativa de 1/10 de grado.

Los muestreos se deben obtener preferiblemente con calendario fijo y variaciones pertinentes, haciendo una serie de análisis que representa en promedio el dato más cercano a la realidad.

Hay diversos tipos de termómetros para tomar la tempe

ratura en las aguas, ellos son: común, carátula, termófono, digital o control remoto, etc.

Se usará de preferencia un termómetro de laboratorio que se sumerge en el agua hasta la marca que con ese objeto tiene y se hace la lectura al medio grado; con mucha práctica se puede hacer al décimo. Dado que sería muy difícil en algunos casos tomar directamente la temperatura en el sitio deseado, la muestra se toma en frascos y de esta se toma, teniendo en realidad un error despreciable respecto al agua libre. Para detectar contaminación es conveniente conocer la temperatura en varios sitios y aplicando la estadística por media simple, desviación estandar, muestras pequeñas; según el destino del trabajo.

COLOR

El tono del agua es muy diferentes entre corrientes, pozos poco profundos, manantiales, lagos, o del mar; pueden observarse desde el cristalino hasta el gris casi negro. La variedad del color causa de contaminación sobre todo cuando se estima que son diferentes a los naturales. En general el color de pozos poco profundos son practicamente incoloras. Los colores notados en el agua usualmente varían desde el amarillo pálido al café amarillento y hasta el café oscuro. Los colores en aguas contaminadas se puede deber a descarga de tipo industrial.

no olvidando que existen sustancias incoloras que pueden producir iguales o peores efectos de contaminación, siendo necesario hacer una serie de análisis para poder comprobar su estado.

El color natural del agua es ocasionado generalmente por el humus de los bosques o la materia vegetal; por tanto se denomina "color verdadero del agua a aquel que está presente después de haber sido removida la materia suspendida; el color aparente, es el color verdadero modificado por sustancias en suspensión. La determinación precisa del color en el agua que contiene materia suspendida es imposible. Sin embargo el color en el agua en gran parte existe en la forma de suspensiones coloidales de partículas ultramicópicas". Algo del color puede ser debido a emulsiones coloidales. Una parte pequeña puede ser debido probablemente a material no coloidal, ácidos orgánicos y sales neutras en solución verdadera. La materia coloidal colorante ya sea en suspensiones o emulsiones, lleva una carga electrostática. Esta puede ser positiva o negativa dependiendo del carácter y origen del agua, y varía en diferentes aguas.

El color en el agua se debe usualmente a material coloidal cargado negativamente; puesto que estas partículas llevan una carga electrostática y está en suspensión coloidal, obedecen las leyes de la catoforesis cuando una corriente eléctrica demanda a través del

agua coloreada. Las partículas son atraídas hacia el electrodo de signo opuesto a la carga que ellas forman. Se descargan flocculan y precipitan con la reducción consecuente en el color del agua."Se describen métodos de análisis de color.

a) Determinación en el Campo.

Se usan cristales de colores montados en discos que permiten comparar éstos sobre agua destilada con la muestra directa. Este procedimiento es reconocido por el servicio Norteamericano (U.S. Geological Survey) que dan buenos resultados si se comparan con los métodos Platino-Cobalto usado en el laboratorio.

Estos discos se colocan en bases metálicas que contienen tubos para la muestra y el agua destilada. Los discos coloreados equivalen a 5, 10, 20, 40 y 70 unidades estandar de color y se obtiene el resultado con intervalos de cinco unidades entre 5 y 145 si se cambian los cristales.

b) Determinación en el Laboratorio

Se emplea el Método Platino-Cobalto que consiste en una escala preparada para definir unidades conocidas, usando tubos de nessler de 50 ml. de forma alta.

La escala de color se prepara a base de cloro-platinito de potasio y cloruro cobaltoso cristalizado, diluida en agua destilada.

da en proporciones establecidas, para que observada a través de una lámina de 200 mm. den la coloración estandar deseada.

En el caso que se tuviera un agua que excediera las unidades, la muestra se diluye con un agua destilada hasta que esté dentro de los límites establecidos, el factor de dilución se multiplica posteriormente a las unidades observadas para obtener el resultado real.

Las tolerancias para ambos métodos variaran con diferentes aguas y diferentes usos. En general, las tolerancias para color son bajas. La tolerancia propuesta por el "Technical Association of the pulp and Paper Industry" de alto grado, es unicamente de 5; para productos de grados menores es de 15. Las tolerancias para agua potable y servicios culinarios es dada en el "U S Public Health Service Drinking Water Standards" es como de 20 escala estandar.

REMOCION DE COLOR Y MATERIA ORGÁNICA.

La llamada materia orgánica soluble en el agua, es una mezcla compleja de sustancias, algunas de las cuales presumiblemente tienen un color alto y otras tienen color bajo o practicamente son incoloras. Ni la composición de estas sustancias ni las cantidades presentes se muestran por análisis. La intensidad del color se puede determinar por comparación contra una escala arbitraria, pero no muestra la cantidad de materia orgánica que produce tal color. Las pruebas de

oxígeno consumido son de valor para indicar si hay o no cantidad excesiva de materia orgánica presente, pero no se puede trasladar estos datos hacia una cantidad definida de materia orgánica.

Estos datos son meramente una medida de la cantidad de Perganato de potasio (que usualmente se expresa como un equivalente de oxígeno disponible) que se usa por un cierto volumen de agua bajo condiciones fijas de temperatura y tiempo.

La pérdida por ignición es extremadamente poco confiable y frecuentemente conduce a conclusiones absurdas respecto a la cantidad de materia orgánica presente.

En general, la remoción o reducción de calor y materia orgánica se lleva a efecto por coagulación, sedimentación y filtración. El coagulante más ampliamente usado es el sulfato de aluminio. Los coagulantes de hierro, sulfato férrico y coperas cloraminadas se usan también.

La coagulación se efectúa mejor a los mas favorables valores pH, los que determinarse por experimento: con sulfato de aluminio el tapon de punto óptimo varía de 5.5 a 6.8, para muchas aguas, pero este coagulante ha sido usado en algunos casos en pH q bajo de 5.0 y en aguas que tienen alto contenido de minerales, en pH tan altos como 7.5. Los coagulantes férreos tienen rango de 3.5 a 3.5 en este

rango son efectivos para remover color. Los coagulantes férricos precipitan bien a pH arriba de 9.0 pero los altos pH usualmente tienden a mantener el color en solución. La adición de arcilla, que no debe estar muy finamente molida, es muy buena en la coagulación de aguas soledadas de baja turbidez, esto amplía el rango del pH en el cual tiene lugar una buena coagulación.

OLOR

En general el olor se debe a la presencia de materia orgánica en descomposición o a compuestos químicos como son los fenoles y si además el agua contiene azufre la intensidad del olor aumenta.

Hay olores naturales específicos en algas, mares, canales, manantiales, balnearios, etc., pueden distinguirse de un olor producido por contaminación, siendo factible de medida; los desechos industriales pueden producir olores diversos pero diferenciados.

El olor en el agua es debido a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles y por la descomposición de la materia orgánica proveniente de microorganismos.

Los olores se gradúan de acuerdo a su naturaleza e intensidad y es muy variable, y los procedimientos analíticos no son satisfactorios para su medición, teniéndose que confiar en el sentido del

olfato, variando éste con el individuo. El uso de los sentidos son a veces incongruentes porque a veces sabe mal y el olor es bueno y al contrario. Por otro lado el sentido del olfato se atrofia rápidamente.

Sería ideal que las pruebas para el olor se realizaran inmediatamente después de la recolección de la muestra, pero si no es posible es conveniente almacenarlas, tomando 500 ml de muestra en un frasco de tapón esmerilado muy limpio, el cual se llena y se conserva en refrigeración hasta el momento del análisis, la muestra se debe enfriar en condiciones inodoras.

Para contaminación de aguas basta con una apreciación burda de esta prueba, siendo suficiente indicar a que huele y su intensidad en grados que van de ligero, regular, bastante hasta intensivo.

Para casos muy especiales se siguen los procedimientos de laboratorio que llegan a definir el número de olor incipiente.

Se llama número de olor incipiente al número de veces que una muestra se tiene que diluir con agua inodora para que su olor sea apenas perceptible en la prueba del olor.

Se acostumbra que el volumen total de la muestra y del agua de dilución sea de 200 ml.

El número de olor incipiente se calcula en la forma siguiente:

Número de olor incipiente = $\frac{\text{Vol. de muestra} + \text{Vol. de agua Inodora}}{\text{Vol. de muestra.}}$

"El número incipiente es la dilución en la cual apenas se percibe el olor, o en su caso también el gusto"

Se puede considerar como número incipiente el que corresponde al punto de percepción a partir del cual se tengan solo resultados positivos una vez ordenadas, las respuestas respecto al incremento de concentración.

La temperatura adecuada para pruebas de olor es de 60°C para el olor incipiente en caliente y de 40°C para el olor incipiente en frío.

Es necesario registrar las temperaturas a las que se haya efectuado la prueba.

TURBIEDAD

Cualquier impureza insoluble finamente dividida, cualquier que sea su naturaleza, que pueda ser suspendida en el agua y disminuir su claridad, se le conoce como turbidez. Estas impurezas suspendidas pueden ser de origen inorgánico tales como: arcillas, limos, carbonatos de calcio, sílica, hidróxido férrico, azufre, etc. o pueden ser de naturaleza orgánica, tales como: materia vegetal finamente dividida, aceites, grasas, microorganismos, etc. La turbidez puede deberse a una mezcla de sustancias.

Las aguas contaminadas normalmente son turbias, porque contienen mayor o menor número de materia sólida, ya sea ésta fija volátil o sedimentable.

La turbidez no es una determinación exacta de la masa de partículas suspendidas, más bien es la medida de la opacidad comparada con ciertos estándares arbitrarios.

La turbidez puede calcularse en el campo o laboratorio.

a) Determinación en el campo.

Dependiendo de la corriente o del tipo de agua, se usa un disco dividido en cuatro cuadrantes pintados de blanco y negro sujeto al extremo de un tubo. Este disco se sumerge en el agua hasta que desaparezca la imagen; en el tubo que lo sostiene existe una gradua - -

ción que dá la turbiedad en función de la longitud del tramo sumergido.

Este aparato se llama Turbidímetro de Disco o de Secchi; cuando no se cuenta con este disco, se usa un alambre de platino bien pulido, con el cual se sigue el mismo método de medición de la turbiedad observando la desaparición del brillo del alambre al sumergirse. La graduación del tubo es proporcional a la del disco y con igual calidad.

b) Determinación en el laboratorio.

Es deseable que la prueba se verifique el mismo día de la recolección, pero si esto no fuera posible, las muestras se conservan en la obscuridad por 24 hrs; si es necesario más tiempo, se usa un gramo de cloruro mercurico por litro. En ambos casos antes de hacer el análisis, la muestra se debe agitar. Se usan aparatos denominados Turbímetros.

El turbímetro de Jackson es un tubo de vidrio largo y graduado al que se le pone un poco de agua para analizar, se coloca en un soporte encima de la flama de una vela especial de esperma de ballena que no produce humo y que tiene una intensidad fija a 7.6 cm. o bajo del fondo del tubo de cristal.

A continuación poco a poco se le va vertiendo más agua hasta que ya no se vea la concentración luminosa de la vela, entonces

se leerá en la graduación del tubo la turbiedad del agua muestreada.

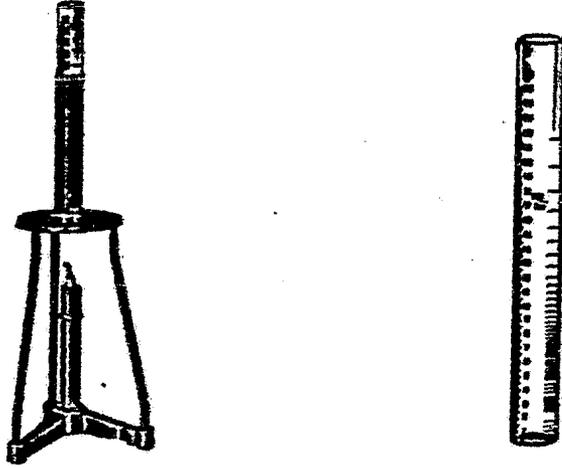
Se usa para turbiedades de 25 a 5000 unidades y su graduación está dada a partir del fondo del tubo, pudiendose leer directamente el valor de la turbiedad.

Para valores mayores de 1000 unidades, es necesario - diluir la muestra con uno o varios volúmenes iguales de agua destilada, hasta lograr que la dilución tenga una turbiedad menor de 1000 - unidades por consiguiente, la turbiedad original de la muestra se calcula partiendo de la turbiedad de la dilución y del factor de dilución.

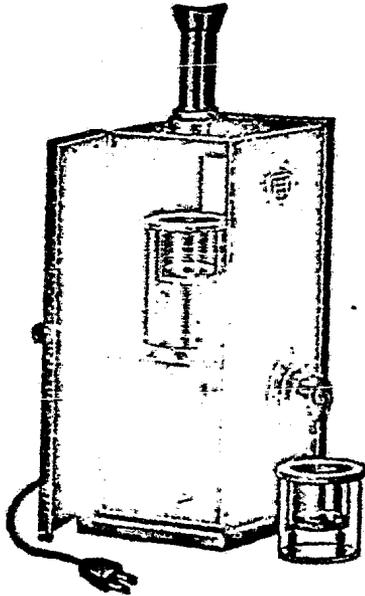
Los turbímetros de Balys y St. Louis Hallige son los - que se usan para turbiedades menores de 5 unidades y trabajan con el principio de la luz dispersa.

Los tubos que se usan son incoloros y transparentes y deben estar escrupulosamente limpios; se llenan con las muestras y con los patrones, siendo conveniente dejarlos reposar hasta la eliminación de las burbujas de aire; por concentración se determinan las - unidades de turbiedad.

TURBIDIMETRO DE JACKSON



TURBIDIMETRO DE HALLIGE



RESIDUOS

Se define como residuo total al material que queda en un recipiente después de la evaporación de una muestra de agua y de su secado subsecuente en estufa, a una temperatura definida. El residuo que se retiene al paso de un filtro que se denomina no filtrable y al que pasa filtrable. Se llama como suspendido y disuelto respectivamente, pero son más apropiados los primeros nombres.

La temperatura a la que seca el residuo influye en los resultados, así se llega a determinar los resultados fijos que son el remanente después de la calcinación a 600°C durante 10 o 15 minutos. La diferencia con el total es el residuo volátil.

Estos residuos pueden considerarse, aunque no con entera precisión, como equivalentes a los contenidos minerales y organismos respectivamente.

La materia sedimentable también se determina bien sea en volumen (ml/l) o en peso (mg/l); es aquella que se detecta después de dejar en reposo al agua durante una hora.

Determinación.

Los residuos por evaporación se obtienen al evaporar 100 ml. de la muestra a 103°C en una cápsula seca y tñrada. La diferencia de

pesos entre el registrado para la cápsula seca y limpia y el de la cápsula que contiene los residuos, dará el contenido de este material para esos 100 ml. que después se transforman a mg/l.

Los residuos totales volátiles y fijos se determinan calcinando los residuos totales de evaporación a 600°C en una muña durante 10 a 15 mín.; nuevamente por diferencia de pesos se conocen los contenidos. Directamente la diferencia da la parte fija y el resto el peso original, la volátil.

La materia suspendido volátil y suspendido fija, se determina calcinando el cristal gooch a 600°C durante 10 a 25 mín.

La materia sedimentable generalmente se determina en ml/l usando el cono Imhoff y un filtro de muestra.

Se deja en reposo 45 mín. después de los cuales se agita ligeramente para desprender los sólidos retenidos en la pared del cono y después de 15 mín. para completar una hora, se hace la lectura de los residuos directamente sobre la graduación del cono.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Mide la concentración de electrolitos debido a la conductividad tan alta que tienen los iones hidrogeno u oxhidrito; se neutraliza el agua antes de hacer la medición. Aunque no es preciso, la conductividad eléctrica se relaciona con la concentración de sólidos disueltos.

pesos entre el registrado para la cápsula seca y limpia y el de la cápsula que contiene los residuos, dará el contenido de este material para esos 100 ml. que después se transforman a mg/l.

Los residuos totales volátiles y fijos se determinan calcinando los residuos totales de evaporación a 600°C en una cuna durante 10 a 15 min.; nuevamente por diferencia de pesos se conocen los contenidos. Directamente la diferencia da la parte fija y el resto el peso original, la volátil.

La materia suspendida volátil y suspendida fija, se determina calcinando el cristal gooch a 600°C durante 10 a 25 min.

La materia sedimentable generalmente se determina en ml/l usando el cono Imhoff y un filtro de muestra.

Se deja en reposo 45 min. después, de los cuales se agita ligeramente para desprender los sólidos retenidos en la pared del cono y después de 15 min. para completar una hora, se hace la lectura de los residuos directamente sobre la graduación del cono.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Mide la concentración de electrolitos debido a la conductancia tan alta que tienen los iones hidrogeno u oxidrito; se neutraliza el agua antes de hacer la medición. Aunque no es preciso, la conductividad eléctrica se relaciona con la concentración de sólidos disueltos.

La temperatura influye en el resultado, por lo que se mide a 25°C o se corrige por este concepto.

Determinación:

Se usa un puente de Wheatstone que mide el paso de la corriente entre dos electrodos separados un cm. y con un área de un cm²., manteniendo el agua a 25°C.

La conductividad eléctrica o conductancia específica, como también se le denomina, es la recíproca de la resistencia entre los electrodos; por lo tanto se da en micro mhos/cm.

Para calibrar los aparatos de medición, se usa una solución de cloruro de potasio 0.0100 N que a 25°C tiene una conductividad eléctrica de 1411.8 mhos/cm.

RADIATIVIDAD

La contaminación de corrientes se ha incrementado debido a la instalación de plantas nucleares y al acelerado uso de radiosótopos.

Otra contaminación más importante que la desperdicios de reactores nucleares o de drenajes de laboratorios es la de los lodos de plantas que procesan elementos radioactivos.

Los desperdicios de estas plantas se almacenan en el suelo, teniendo un gran tiempo de reposo y de vida; algunos de estos desperdicios son acarreados por corrientes, llegando a contaminar lagos y mares.

Muchas de estas sustancias son de tal naturaleza que su desintegración nuclear es lo suficientemente rápida para que resulten inofensivas en poco tiempo. Otros materiales por el contrario pueden necesitar un almacenamiento de varios años antes de convertirse inofensivos.

Los isótopos como el Uramio (U^{238}), Radio (Ra^{226}), Cesio - - (Cs^{137}), Estroncio (Sr^{90}), Estroncio (Sr^{89}), Fósforo (P^{32}), Yodo (I^{131}) y (Sodio (Na^{24}) en concentración no tolerable afectan a todo el cuerpo.

La vida media de los isótopos que constituyen los principales desperdicios residuales son:

Bario 140	12 días
Cesium 144	28 días
Cesium 137	30 años
Estroncio 89	53 días
Estroncio 90	19.9 años
Iodo 131	8 días
Itrio 91	61 días
Niobio 95	35 días
Zirconio 95	65 días

Era práctica usual que los desperdicios de material radiactivo fueran tirados a las profundidades marinas.

Actualmente solo unos cuantos países siguen haciendolo pero - bajo condiciones cada vez más severas para el resguardo de la salud.

Pero las fallas de los coetes lanzados por Rusia o Estados Unidos, que se desintegran parcial o total en el vacio, caen sin problema alguno en agua o tierra; lo cual queda de manifiesto la secuela física - presente y futura congenitamente al humano, al agua, fauna marina -- consecuencia de la radiación del Uranio altamente letal al ser vivo y - agua. Por lo que es de recomendarse medidas o índice de calidad del - agua para su respectivo uso general.

Por lo tanto debe medirse cuando haya sospechas de que en dicha agua contengan desechos de este tipo. En ocasiones existen aguas denominadas radioactivas con tan bajo contenido, que no afectan a la - salud; en México la Comisión de Energía Nuclear, es la que se encarga de controlar los desechos de este tipo.

Los terminos tolerables e inofensivos, son tema de amplia discusión ya que en radiactividad el daño que produce al humano está en relación directa a la concentración y frecuencia recibida como sucede con las descargas en zonas cancerosas ó los mismos rayos "X". Entonces no se puede descartar la posibilidad ofensiva en menor escala.

A continuación se amplia la información porque el tema es int...

resante; así pues tomar soluciones políticas, porque las técnicas no las consideran definitivas

Remoción de radionucleos por procesos de tratamiento de aguas

Los materiales radiactivos entran a la parte estructural como descargas de instalaciones de energía atómica, de usos de radionucleos para supuesto beneficio y así la caída por precipitación, vaciado o envasado

Tratamiento Convencional.

1.- Coagulación y Reacomodo.

2.- Filtración en Arenas { Filtración rápida en arenas
Filtración lenta en arena

3.- Cal-Soda ceniza ablandando { a) Ablandamiento al contacto de sólidos
b) Proceso repetido de precipitación
4.- Descargas de Yodo { calor-cal-Soda filtración arenas

Tratamiento no Convencional

- 1) Coagulación de fósforo
- 2) Polvos metálicos
- 3) Tratamiento en arcillas

Remoción de nuclear de desechos de agua.

- 1.- Filtración activa de aguas negras
- 2.- Lodo activado

FACTORES QUIMICOS

FACTORES QUIMICOS

El análisis químico proporciona datos útiles y específicos respecto al estado de descomposición y fuerza de las aguas negras o corrientes contaminadas, para fines de tratamiento, evacuación y prevención. Se describen los factores que más influencia tienen en el conocimiento de la calidad del agua.

OXIGENO DISUELTO (OD)

Es muy importante la presencia de oxígeno disuelto en el agua, para que se lleve a cabo el proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica. Otra de las razones por lo que se busca que exista OD en el agua es la preservación de los peces.

Se sabe que los peces viven en aguas cuyo contenido de OD sea igual o mayor de 5 ppm; si tiene menos (por ejemplo 4) el pez puede vivir pero durante unas dos horas, es decir si puede resistir menores contenidos pero por poco tiempo si no se le restituye. La concentración de OD de las aguas puede también relacionarse con la corrosividad, con la actividad fotosintética, y con el grado de septicidad que posean, pues lo agota la materia orgánica al iniciar su transformación.

En el agua salada el oxígeno es menos soluble que en el agua dulce, en aguas negras la solubilidad es aproximadamente el 95% respecto a la de las aguas dulces.

La concentración del O.D. en una muestra puede expresarse en (mg./l); en (p.p.m.), o como porcentaje de Saturación.

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua está sujeta a las leyes de física para líquidos y gases en los que juegan un papel muy importante la presión y la temperatura. A continuación se transcribe una tabla que da la cantidad de O.D. en el agua dulce a nivel del mar, bajo presión atmosférica de 760 mm. de Mercurio, conteniendo la atmósfera seca - 20.9% de oxígeno.

Para otras latitudes, se considera que la solubilidad es directamente proporcional a la presión. En la Ciudad de México, a una altitud de 2,200 mt. y a una temperatura media de unos 20°C, la cantidad de O.D. de saturación del agua es aproximadamente 7 ppm.

La determinación de la prueba de O.D. es una de las más significativas, especialmente cuando se combina con la prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y de estabilidad relativa. Es posible que diferentes estratos de una misma masa de agua, tengan distintas concentraciones de oxígeno, pudiendo presentarse putrefacción en un estrato, antes que se haya agotado el oxígeno en otro.

SOLUBILIDAD DEL OXIGENO EN AGUA DULCE
A NIVEL DEL MAR

(Cantidad de O.D. en el agua pura)

T (°C)	O.D.(mg/l)	T°(c)	O.D.(mg/l)	T(°c)	O.D.(mg/l)
0	14.62	10	11.33	20	9.17
1	14.23	11	11.08	21	8.99
2	13.84	12	10.83	22	8.83
3	13.48	13	10.60	23	8.68
4	13.13	14	10.37	24	8.53
5	12.80	15	10.15	25	8.38
6	12.48	16	9.95	26	8.22
7	12.17	17	9.74	27	8.07
8	11.87	18	9.54	28	7.92
9	11.59	19	9.35	29	7.77
				30	7.63

Las causas que afectan la solubilidad del oxígeno en el agua son: la turbulencia en la superficie, la temperatura; la presión atmosférica; el porcentaje de oxígeno en la atmósfera; la deficiencia de oxígeno en el agua; el área de la superficie expuesta y otras condiciones más, que vale la pena estudiar en cada caso de decidir su evaluación según la naturaleza en estudio.

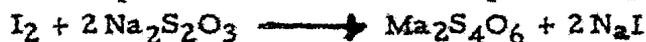
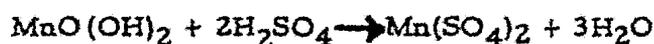
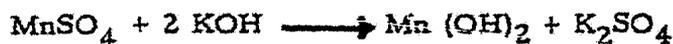
La determinación del oxígeno disuelto, es una de las pruebas que debe hacerse de inmediato por la pérdida o ganancia que hay de acuerdo con el contenido de materia orgánica, tanto productora como consumidora de oxígeno. Por lo menos debe fijarse en campo y determinarlo posteriormente en laboratorio.

Determinación

Se usa el método básico de Winkler con sus modificaciones para evitar interferencias; una de las más empleadas es la de Alsterberg que elimina la interferencia tan común de los nitritos.

Este método se basa en el hecho de que el oxígeno oxida el Mn^{++} a un mayor estado de valencia, bajo condiciones alcalinas; y que el manganeso a un mayor estado de valencia, es capaz de oxidar el Ión Yodo (I^-) a yodo libre (I_2), bajo condiciones ácidas. Entonces la cantidad de Yodo libre liberado, es equivalente al O.D. originalmente presente. El yodo es medido con una solución normal de tiosulfato de sodio e interpretado en términos de O.D.

Las reacciones incluidas son las siguientes:



Si no hay oxígeno presente se forma un precipitado blanco de $\text{Mn}(\text{OH})_2$ cuando se agrega el reactivo Alkali-Yoduro (KOH-KI) a la muestra; pero si hay oxígeno presente, entonces algo de Mn^{++} se oxida a una mayor valencia, precipitándose como un óxido hidratado de color café.

La oxidación del Mn^{++} llamada a veces fijación de oxígeno, ocurre muy lentamente, sobre todo a bajas temperaturas, razón por la cual es necesario remover el material floculado a través de toda la solución para permitir que reaccione todo el oxígeno.

Esto se logra agitando vigorosamente la muestra por lo menos 20 segundos.

Después de agitada la muestra, se permite la sedimentación del flóculo hasta unos 5 cm. abajo del tapón del frasco; en este momento se agrega el ácido sulfúrico. A las condiciones resultantes de bajo pH (condiciones ácidas) el MnO_2 oxida I^- para producir I_2^* .

La muestra debe taparse y agitarse durante unos 10 segundos para permitir que se complete la reacción y se distribuya el yodo uniformemente en toda la muestra.



FRASCO PARA DETERMINAR
OXIGENO DISUELTO

Se procede a la titulación con la solución 0.025 N de tiosulfato de sodio, agregando un poco de solución de almidón para afinar el punto de equilibrio.

El uso de una solución 0.025 M = $L/40$ N, se basa en lo siguiente:

La normalidad de la mayoría de los agentes que se usan para las titulaciones en los análisis sanitarios, está ajustada de tal manera que cada ml es equivalente a 1 mg. de la substancia medida, por lo que debe usarse una solución $1/8$ N de tiosulfato ya que el peso equivalente de oxígeno es 8. Sin embargo tal solución es demasiado concentrada para permitir determinaciones precisas de oxígeno disuelto a menos que se titulen muestras demasiado grandes. Es práctica normal usar muestras de 200 ml. para la titulación, o sea $1/5$ de litro, entonces usando un agente con una concentración de $1/5$ como convencionalmente se usa, los resultados obtenidos en muestras de 300 ml. en términos de mililitros de titulante usado, son los mismos que si 1 litro de muestra haya sido tratado con un reactivo $1/8$ N, eliminando la necesidad de cálculos. Por otra parte cuando se usan botellas de 300 ml. para la prueba se agregan 2 ml. de $MnSO_4$ y 2 ml. de álcali-KI como reactivos que desplazan aproximadamente 4 ml. de muestra, por lo que debe hacerse una corrección.

Cuando se agregan los 2 ml. de ácido, no se desplaza nada del hierro oxidado entonces no necesita, por este motivo, ninguna corrección.

La corrección por desplazamiento sera:

$$\frac{300 - 4}{300} = 0.987 \qquad \frac{1}{0.987} = 1.013 \text{ (factor de corrección)}$$

Esto equivale a tomar para la titulación un volumen 2 ó 3 ml. de muestra tratada.

NITROGENO

Los principales componentes de la materia orgánica son: Carbón, Hidrogeno, Oxigeno, Nitrogeno y Azufre, además de otros en menos cantidades.

En los análisis de aguas negras se pueden hacer cinco tipos de determinaciones de nitrogeno: Amoniacal, orgánico o proteico, albuminante, nitritos y nitratos.

La descomposición del nitrógeno sigue un ciclo que es tan solo una concepción ideal, porque en la naturaleza existen muchos cortos circuitos y retrocesos que impiden la progresión continua del mismo. Se puede describir aproximadamente el siguiente modo: A la muerte de un ser vivo se inicia la descomposición. acompañada de la formación de urea que se descompone a su vez con amoniaco. Esto se llama fase de putrefacción del ciclo del nitrogeno. La fase siguiente es la nitrificación en la que los compuestos amoniacales se oxidan para formar nitritos y -

nitratos y prepararse de este modo para servir de alimento a las plantas. En la fase de la planta viva, los nitritos y nitratos sufren la desnitrificación y de este modo son utilizadas como alimento vegetal o animal. La fase superior del ciclo del nitrógeno es la vida animal en la que el Nitrógeno forma parte de la substancia del animal vivo o se transforma en urea, amoniaco, etc. por las funciones vitales del organismo animal.

A la muerte del animal, el ciclo vuelve a comenzar.

Por lo anterior, la presencia del amoniaco en el agua es frecuentemente interpretado como una contaminación reciente de productos nitrogenados; en aguas subterráneas puede provenir de la disolución de nitratos que contengan sales amoniacaes. Se considera de reciente contaminación su presencia porque rápidamente se oxida a través de ciertos organismos pasando a nitrato, pero con algún cambio del pH del agua.

Contenidos elevados de nitrógeno orgánico o proteico se relaciona con una contaminación de aguas negras o desechos industriales.

El nitrógeno orgánico y el amoniaco integran el nitrógeno total.

El nitrógeno albuminoideo es una medida aproximada del nitrógeno de origen proteico derivado de la vida animal y vegetal de los medios acuáticos; en aguas contaminadas es índice de la materia orgánica desdoblada en aminoácidos, polipeptidos y proteínas.

Los nitratos provienen generalmente de la materia orgánica ni-

trogenada de origen animal; la materia vegetal libera muy pocos nitratos.

Representan la fase final de la oxidación del ciclo nitrógeno

Los nitritos se relacionan con una contaminación de aguas negras o desechos industriales, sujeta a oxidación puesto que el proceso no ha terminado en nitratos.

Determinación

a) NITROGENO AMONIACAL.

a.1. - Método de Nesslerización Directa.

Las muestras se clasifican primero por medio de sulfato de Zinc e hidroxido de Sodio, después se obtiene una medida de la cantidad de nitrogeno amoniacal usado en el reactivo de Nesser que es una fuerte solución alcalina que reacciona con el amoniaco para formar una amina - - compleja de color café; por lo tanto produce colores que van del amarillo al café, para compararse con una escala valorada.

Se tienen interferencias producidas por alcoholes, aldehidos y acetona, así como aminas alifáticas y aromáticas y de otros compuestos indefinidos, los cuales al usarse el reactivo de Nesser dan turbiedad o coloración impropia.

a.2) Método de Destilación.

Este método es usado para separar el amoniaco de las sustancias interferentes, conservando la muestra en destilación a un pH de 7.4 usando

do una mezcla de fosfatos.

Para evitar las interferencias cuando las muestras contienen más de 205 mg/lt. se usa una solución amortiguadora de fosfato 0.5 M.; para los sulfuros que producen turbiedad después de la Nesslerización, se puede evitar agregando carbonato de plomo a la muestra antes de la destilación; las sustancias volátiles como el formaldehído se eliminan por abullición bajo pH pudiendose destilar y Nesslerizar la muestra.

b) NITROGENO ORGANICO

Se determina por diferencia entre el total Kjeldahl y el de amoníaco libre.

Se usa el ácido sulfúrico como agente oxidante al que se le ha agregado sulfato de potasio para elevar su punto de ebullición de 345°C a 370°C, además se usa el sulfato mercurico como catalizador. Se alcoholiza la solución después de la dilución con hidróxido de sodio y el amoníaco se destila sobre una solución diluida de ácido bórico.

El borato de amonio se titula con ácido sulfúrico valorado usando un indicador mixto.

Para la interferencia de materia orgánica exenta de nitrogeno, se usa un volúmen adicional de 50 ml. de la solución ácido sulfúrico-sulfato mercurico-sulfato de potasio por cada gramo de material sólido.

c) NITROGENO DE NITRITO

La interferencia que existe de metales pesados como el Oro, - plomo, hierro, mercurio, plata, etc. ocurre en forma de precipitación y otros por las formas de sales coloreadas; las aminas alifáticas reaccionan con los nitratos para liberar nitrógeno gaseoso; no debe haber - agentes oxidantes fuertes.

Se usa el método del Ácido Sulfanílico que no sufre interferen-- cias con cantidades elevadas de Níquel, Zinc, bromuro, fluoruro, clo-- ruro, etc. consiste en la diazoacción del ácido sulfanílico por medio del ión nitrito, seguida de un acoplamiento con alfa-naftilamina. Se lleva a cabo bajo un pH de 2.0 a 2.5. Se compara colorimétricamente.

d) NITROGENO DE NITRATO

La determinación del nitrógeno de nitrato en aguas negras y de-- sechos industriales es más difícil que en aguas naturales, debido a las interferencias por los cloruros y a su acción reductora.

Se cuenta con los métodos clororimétricos.

d.1) Método del ácido Fenodisulfónico.

Los nitratos reaccionan con el ácido fenodisulfónico para produ-- cir un derivado de nitro en una solución alcalina.

La interferencia producida por los cloruros, se puede eliminar usando el sulfato de plata.

Previamente se debe clarificar el agua con una solución de sulfato de zinc y de hidróxido de Sodio.

Se evaporará la muestra para que los residuos se mezclen con el ácido para que posteriormente a base de hidróxido de amonio y de potasio, se obtenga por filtración el líquido coloreado para su valoración.

d.2) Método de la Brucina.

Este método tiene una ventaja sobre el anterior, y es que en concentraciones normales, los cloruros no producen interferencias y la del cloro se elimina usando el arsénico de sodio siempre y cuando el cloro residual no sea mayor de 5 mg/l; producen interferencias los agentes oxidantes o reductores fuertes. El hierro ferroso y férrico en cantidades menores de 1 mg/lt. no interfieren; la interferencia del nitrito se evita por la adición del ácido sulfonílico.

Se basa en la formación de un color amarillo en la muestra al reaccionar el ión nitrato con ácido sulfúrico concentrado y con una solución de cloroformo del alcaloide brucina.

La reacción entre el nitrato y la brucina produce un color amarillo-azufre; la intensidad del color varía inversamente con la temperatura y la velocidad del desarrollo del color varía más o menos directamente con la temperatura.

CLORUROS

Los cloruros se deben a combinaciones del cloro con otros elementos; no deben ser confundidos con el cloro que se encuentra a menudo en forma de residuos en las aguas negras. Los cloruros son sustancias inorgánicas comunmente en la orina del hombre y de los animales; no son afectados por los procesos biológicos ni por la sedimentación, pero sí por ciertos desechos industriales como son los de las fábricas de hilados o los procesos de salado de carnes.

Los cloruros se hallan en aguas de las regiones costeras o en terrenos salinos. También se debe su presencia a contaminación con alimentos o con aguas negras; el cloruro de sodio es un artículo común de la dieta y pasa sin modificación a través del sistema digestivo. En las costas se pueden encontrar los cloruros en altas concentraciones, por las infiltraciones de aguas marinas en los sistemas de agua potable y alcantarillado.

Cuando se presentan en elevadas concentraciones son tóxicos a las plantas. Se confirma la contaminación del agua por presencia conjunta con nitritos, nitratos y amoniaco.

Determinación:

Se emplea el método de Mohr que usa una solución neutra o alcalina (con pH de 7 a 10) y para la titulación una solución de nitrito de pl

ta, 0.0141 M; como indicador de Vire, el cromato de potasio.

En la prueba no interfieren los bromuros, yoduros y Cianuros - que registran en concentraciones equivalentes al cloruro, sin embargo interfiere el sulfuro, Tiosulfato y Sulfito, aunque el sulfuro y el tío sulfato se eliminan usando el peróxido de hidrógeno al 30% en una solución alcalina; el sulfito se elimina usando la misma substancia en una solución neutra.

Para la prueba se usa una muestra de 100 ml.

DETERGENTES ANIONICOS

Los detergentes sintéticos (A. B. S.) que son una cadena Alquil-- Benceno-Sulfonatos de Sodio, conducen a ciertas perturbaciones sobre las aguas de los ríos que se traducen en producción de espuma; son productos de difícil desdoblamiento biológico.

Existe otra cadena lineal (L. A. S.) que es fácilmente desdoblable, pero aún no se difunde en forma comercial por problemas de producción.

Son características en aguas negras de origen doméstico por lo -- que su presencia indica contaminación con éstas. El problema directo es la producción de espuma; los indirectos provienen de su particularidad para abatir la tensión superficial del agua, ésta eliminada la grasa o aceite del plumaje de las aves marinas que ya no pueden flotar por la saturación del agua.

Determinación.

Existen varios métodos entre los que se amplía frecuentemente el azul de metileno. Está basado en la reacción que se efectúa entre el azul de metileno y los agentes aniónicos; la sal formada es soluble en cloroformo produciendo una coloración proporcional al contenido.

ACIDES Y ALCALINIDAD

La acidez y alcalinidad es la medida de la capacidad del agua para reaccionar con los iones hidróxilos y los iones hidrógeno respectivamente. Debido a la relación que tiene con el pH y que no es congruente con esta última escala, algunos químicos prefieren hablar de concentraciones de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos en lugar de alcalinidad.

Valores comprendidos entre pH 3.5 y 9.0 se consideran resultado de la presencia de ácidos o bases débiles. Si la alcalinidad sobrepasa este límite o la acidez está abajo de él, se debe a la presencia de bases o ácidos fuertes respectivamente.

En general el dato que se proporciona de los análisis, es la alcalinidad.

Importancia Sanitaria

A un pH de 7.0 se obtiene la neutralidad de la solución.

Valores mayores de 7.0 indican un incremento en la alcalinidad

y valores menores de 7.0 muestran un incremento de acidez. La corrosividad del agua se incrementa cuando disminuye el pH. Sin embargo la excesiva alcalinidad en el agua puede producir efectos deseables en los metales.

Determinaciones:

1)	<u>Método empleado</u> <u>Instrumental</u>	<u>Reactivos</u>	<u>Eq. empleado</u>	<u>Cálculos</u>
pH	(potenciámetro)	a) solución- buffer b) solución- problema.	Potenciámetro	Lec. Directa (esc. de 0-14)

2) Se determina por titulación con una solución 0.02 N de H_2SO_4 y de reporta en términos de $Ca CO_3$. Los indicadores que se usan responden en el ámbito de pH de 4 a 5.

Se emplean frascos de muestras de 100 ml. como indicadores. Se usa la fenolftaleína en el primer paso de la titulación hasta una ligera = coloración rosa cuando el pH está cerca de 8.3; en el segundo paso de la titulación, se usa un anaranjado de metilo para valores inferiores a 4.5, ya que para valores más altos es mejor usar el indicador mixto - verde bromocresol y rojo de metilo.

Usando el anaranjado de metilo como indicador final, se tiene lo siguiente:

Alcalinidad a la fenolftaleína	Alcalinidad caustica	Adición de 0.02 NH ₂ SO ₄ reduc. al pH
	mitad de la - alcalinidad <u>no</u> nominal de carbo nato.	pH de 8.3 al final de la titula- ción con fenolftaleína.
	Mitad de la alca linidad nominal de carbonato	
	Alcalinidad de bicarbonato.	pH de 4.6 al final de la titula- ción con anaranjado de metilo.
Alcalinidad con anaranjado de - metilo=alcalini dad total		

Además de la interferencia producida por el cloro que se elimina usando una solución de tiosulfato de sodio, se tienen otras interferencias causadas por el carbono de calcio y el hidróxido de magnesio que se encuentran finalmente divididos y que originan desviaciones en el cambio de coloración (vire) por lo que se recomienda que antes de la titulación, la muestra se filtre en un papel fino.

Si la alcalinidad total se determina de la misma porción que se usa para la alcalinidad a la fenolftaleína, hay que tener en cuenta el volumen del ácido usado en la fenolftaleína e incluirlo en el volumen total del ácido consumido.

Las formas de alcalinidad en el agua, expresado en mg/lit de - CaCO₃ que relacionan la alcalinidad a la fenolftaleína y la alcalinidad

total o alcalinidad de anaranjado de metilo son:

Resultado de la Titulación	Alcalinidad de Hidróxidos (OH^-) en CaCO_3	Alcalinidad de Carbonato (CO_3^{2-}) en CaCO_3	Alcalinidad de bicarbonato (COH^-) en CaCO_3
$F = 0$	0	0	T
$F < 1/2 T$	0	2 F	T - 2 F
$F = 1/2 T$	0	2 F	0
$F > 1/2 T$	2F - T	2(T - F)	0
$F = T$	T	0	0

en donde

F = alcalinidad a la fenolftaleína

T = alcalinidad total.

El sistema de esta clasificación se basa en lo siguiente:

- a) Hay alcalinidad de carbonatos cuando la alcalinidad a la fenolftaleína no es nula pero es menor que la alcalinidad total.
- b) Hay alcalinidad de hidróxidos cuando la alcalinidad a la fenolftaleína es mayor a la alcalinidad total.
- c) Hay alcalinidad de bicarbonatos cuando la alcalinidad a la fenolftaleína es menor de la mitad de la alcalinidad total.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

Es una prueba muy usada para detectar contaminación de origen industrial, valora todo lo que es oxidable y no solamente la materia orgánica; de manera que siempre es mayor el valor de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con respecto al valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), variando los resultados de acuerdo con la composición del agua, con concentraciones del reactivo, temperatura, periodo de contacto y otros factores. Además, para ciertos desechos que contienen sustancias tóxicas esta prueba es el único método para determinar la carga orgánica, su mayor ventaja es el corto tiempo que se requiere para su valoración siendo necesario tan solo 3 hrs. Esta prueba complementa a la DBO puesto que refleja algunas sustancias no detectables por ésta, sin embargo en ausencia de un catalizador el método comúnmente empleado para DQO, no llega a incluir algunos compuestos orgánicos como el ácido acético que biológicamente se encuentra disponibles para los organismos de las corrientes, mientras que se detectan algunos compuestos biológicos como la celulosa.

Esta prueba es complicada y peligrosa por las sustancias que se emplean; se ha estandarizado y adaptado extensamente para pruebas de desechos industriales.

Determinación:

El método para la prueba es el de Bicromato al Reflejo, debido a que se aplica a una amplia variedad de muestras sin necesidad de modificación.

Este método se usa cuando se tengan valores de 50 mg/lit o mayores de D. Q. O.

Se usa en matríz aforado esférico de 300 ml. con cuello comensurado 24/40 y un refrigerante Friedrichs.

En el matríz se vierte a muestra el bicromato y posteriormente H_2SO_4 mezclando cuidadosamente para evitar calentamientos locales que provoquen la explosión del matríz. El matríz se coloca en el refrigerante y se somete a reflujo por 2 horas o a veces menos según el tipo de desecho.

Se cambia la muestra tratada a un matríz cónico y después de diluir se titula el exceso de bicromato con sulfato ferroso amoniacal.

Se procede en igual forma para destilada en lugar de la muestra como testigo y tomada en cuenta en el cálculo final.

FACTORES BIOLÓGICOS

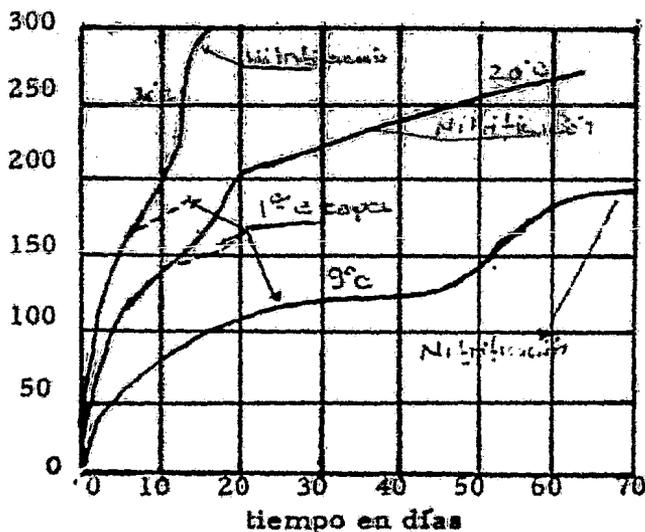
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (D. B. O.)

La demanda bioquímica de oxígeno de una agua negra o contaminada, es la cantidad de oxígeno requerida por la materia orgánica disuelt

ta para su descomposición biológica en condiciones aerobias en un tiempo y a una temperatura determinada. El agua muy contaminada no contiene el oxígeno suficiente en solución para mantener condiciones aerobias durante la descomposición y autodepuración.

Esta prueba esta basada en determinaciones sucesivas de O.D y es una de las más importantes, ya que es la que cuantifica mejor la contaminación.

Como la prueba de la D. B. O. se basa en la cantidad de O.D. consumido por la materia orgánica, natural que conforme pasa el tiempo se vaya consumiendo más el oxígeno y agotando el que tiene el agua. La cantidad consumida de O.D. conforme el tiempo, da como resultado una gráfica como la siguiente.



Curva de la demanda bioquímica de oxígeno a 9°, 20° y 30°C de temperatura.

Se observa de las gráficas de que la D.B.O. varía de acuerdo a la temperatura a la que se esta haciendo la prueba con la misma cantidad de materia orgánica, mayor temperatura es más activa la descomposición y a menor temperatura la misma cantidad de materia orgánica se va descomponiendo más lentamente, o sea, consume menos cantidad de oxígeno. Por eso es que se especifica para la prueba una temperatura fija.

En la curva típica se marcan dos etapas; primera muestra cómo se satisface la D.B.O. de la materia carbonacea y la segunda como tiene lugar la nitrificación. Esto se observa mejor en la gráfica que muestra por separado las curvas de C y de N.

Esta prueba de origen Ingles se verifica a 5 días y a 17°C, posteriormente se uniformó internacionalmente a 20°C para el mismo tiempo.

A 20°C la demanda de oxígeno de las materias nitrificantes, comienza entre los 8 y 10 días, pasando el nitrógeno a forma de amoníaco, ácido nitroso y ácido nítrico en cantidades que introducen serios errores en los trabajos de D.B.O. Esta es una de las principales razones para la selección de un período de incubación de 5 días para la prueba regular.

La primera fase de la curva representa la descomposición de la materia orgánica principalmente de los compuestos carbonaceos, llama-

mandose a esta primera curva de CARBONATACION o CARBONACEA y la siguiente de NITRIFICACION, donde continúa descomponiéndose principalmente la materia nitrogenada. La primera fase o etapa de la D.B.O. se apega a una ley matemática exponencial que supone o puede admitirse para mayor facilidad, que la velocidad de consumo de oxígeno en cualquier instante, es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica oxidable presente.

La segunda etapa de la D.B.O., no ha sido suficientemente estudiada; los organismos nitrificantes que se desarrollan en esta etapa son más difíciles de aislar y cultivar, de tal manera que las experiencias de laboratorio son escasas en relación a la primera etapa. La observación del consumo del oxígeno está sujeta a un mayor número de errores que la primera etapa. Las características químicas del agua tal como los fosfatos, cloruros, etc. tienen un efecto muy pronunciado en el avance del proceso correspondiente a la segunda etapa.

El tiempo en que teóricamente la primera etapa de la demanda bioquímica de oxígeno alcanza un valor constante, varía en las aguas negras de 15 a 22 días para la incubación a 20°C.

La demanda de oxígeno de las aguas negras, efluentes de plantas de tratamiento y desechos industriales, tienen su origen en tres factores.

1) Materiales orgánicos carbonosos que son usados como alimen

to por organismos más aerobios.

2) Materiales nitrogenados oxidables derivados de compuestos de nitritos, amoniaco y nitrógeno orgánico y que son usados como alimento por determinadas clases de bacterias.

3) Compuestos químicos reductores como hierro ferroso, sulfatos y sulfuros que reaccionan con el oxígeno molecular disuelto.

Cuando se trata de aguas negras domésticas crudas o tratadas, la demanda de oxígeno se debe a la primera clase de organismos.

Si los desechos consistieran en este tipo de aguas, la medición de la demanda de oxígeno se podría realizar por medio del Método Directo (incubación 5 días a 20°C) pero como los desechos son de naturaleza compleja, es necesario usar generalmente el Método de Dilución.

a) Determinación por el Método Directo.

El procedimiento es tener la muestra a 20°C y aerada cerca de la saturación; a 2 frascos se le determina de inmediato su oxígeno (DBO_0) y a otros dos incubarlos durante 5 días no exceda de 7mg/l a 20°C.

Después de 5 días se determina la cantidad de O.D. en las muestras ($D.B.O_5$) y la D.B.O. es calculada por la sustracción a la $D.B.O_5$ de la $D.B.O.$

Se usan dos frascos para sacar promedio y por seguridad, a veces 3, en caso de que los valores de los primeros sean muy distintas.

$$a) \quad D.B.O. (mg/l) = \left[O.D._b - O.D._i \right] \frac{100}{\%} - O.D._b - O.D._s$$

$$b) \quad D.B.O. (mg/l) = \left[O.D._b - O.D._p \right] \frac{\text{Vol. de la botella}}{\text{ml de muestra}} - (O.D._b - O.D._s)$$

O.D._b = Oxígeno disuelto en el blanco

O.D._i = Oxígeno disuelto en las muestras incubadas

O.D._s = Oxígeno disuelto en la muestra original

b) DETERMINACIÓN POR EL MÉTODO DE DILUCIÓN.

Se agregan elementos nutritivos al agua de dilución en cantidades conocidas para que la materia orgánica no muera; dependiendo del agua por analizar, se usa un inóculo satisfactorio: para desechos industriales alimenticios, se usa el líquido sobre nadante de aguas negras domésticas que se han mantenido por 24 a 30 horas a 20°C; para desechos industriales que contengan desechos orgánicos, se emplean inóculos cultivados en laboratorio, o el agua de la corriente receptora tomada a unos 3 a 8 km. en aguas abajo del punto de descarga de desecho.

Generalmente se usan 2 ml. de desecho por 1 l. de agua de dilución, ésta puede tomar una gama de pH de 6.5 a 8.5 y debe conservarse tan cerca a 20°C como sea posible.

Para el control del agua de dilución, se llenan 2 frascos para D.B.O de esta agua inocular; uno de ellos se tapa y se incuba y en el -

otro se determina el O.D. antes de la incubación; los resultados del O.D., darán una idea de la calidad del agua dilución que se está usando sin oculación. El abatimiento no debe ser mayor de 0.2 ml. y de preferencia de 0.1 ml. Se usan sok niones testigo que sirvan como referencias para todos los calculos de la D.B.O.

BACTERIOLOGIA

Las bacterias contaminadas principalmente con aguas negras, contienen incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles o simple vista. Son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas y su determinación es de suma importancia porque practicamente pueden dar la historia de la contaminación del agua.

Los microorganismos pueden clasificarse en: algas, hongos, bacterias, protozoos y formas superiores de vida; el conocerlos es muy importante para el análisis, porque con ellos se puede clasificar mejor el tipo de agua que se está estudiando; pues además indica el grado de contaminación con aguas residuales que puede tener el agua en el momento de tomar la muestra.

Las bacterias constituyen la clase Schizomycetes, considerando como las más primitivas la de los vegetales; son típicamente unicelula-

res y llegan a medir entre una y ocho micras.

La forma de las bacterias pueden ser la esférica o la alargada; - las de forma esférica reciben el nombre de "coccus" las alargadas en forma de barra recta "bacillas", y la alargada en forma de barra curva "Spirillum"

Las células están formadas de protoplasma y observadas al microscopio electrónico acusan la presencia de un núcleo.

Casi siempre las bacterias presentan pigmentación, pero no tienen el color verdoso de la materia clorofilica por no existir en éstas. Algunas bacterias tienen movimiento propio como los flagelados; estos y otros fenómenos motivaron que se le considerara como intermedias entre la vida vegetal y la vida animal.

Es frecuente en algunas bacterias la formación de esporas; estas son generalmente muy consistentes a las condiciones desfavorables tanto de humedad como de temperatura; la esterilización se funda en la eliminación total de esta forma.

En algunas ocasiones se puede identificar a las bacterias por los metodos de reproducción.

Las bacterias tienen la particularidad de reproducirse muy rápidamente; algunas formas pueden crecer y dividirse en solo 15 minutos. El aumento en número se presenta bajo determinada ley de crecimiento

en la cual se observan distintas fases de acuerdo con el medio en que se reproducen.

De acuerdo a las temperaturas óptimas para el desarrollo de las bacterias, éstas se dividen en Psicrofilicas cuando viven entre los 15° y 20°c; mesoflicas entre 25° y 45°c y termofilicas entre 45° y 55°c. Todas ellas pueden vivir dentro de una variación de temperatura mínima a máxima, pero bajan su actividad en todos sentidos cuando se hallan fuera de las acostumbradas. Algunas bacterias registran temperaturas tan bajas como las del aire líquido (-250°c) y otras resisten temperaturas tan altas como 70°c.

Las bacterias que producen enfermedades al hombre se denominan patógenas y en general son parásitos que viven a la temperatura del cuerpo humano.

Las principales enfermedades causadas por bacterias y transmitidas por el agua son: la fiebre tifoidea, la disentería, el colera y ciertos tipos de trastornos gastrointestinales.

Con el examen bacteriológico se obtiene una determinación aproximada del número total de bacterias y así comprobar la presencia o ausencia de bacterias intestinales sobre todo el tipo patógeno o procedentes de aguas de albañal.

Lo que se investiga en realidad es la presencia de ciertos micro

organismos no patógenos, que son característicos en los excrementos de los animales de sangre caliente, incluso el hombre y que por consiguiente sirven de indicadores de contaminación de aguas negras. Entre los organismos seleccionados para este objeto, está el grupo de bacterias coliformes que tienen su desarrollo natural en el conducto intestinal del humano; también el estreptococcus faecalis es indicador de la contaminación fecal del agua y de la posible presencia de los parásitos intestinales o de los patógenos.

El grupo coliforme, cuyo nombre viene de colon (intestino grueso) y al que sirve de tipo la Escherichia coli, incluye a todas las bacterias no formadoras de esporas y Gram negativas, en forma de bastón, que fermentan a la lactosa con producción de gas a 35°C en 48 horas. La adición de una muestra de agua a un caldo nutritivo que contenga lactosa, incubandola y observando el desprendimiento de gas, proporciona una evidencia de que se encuentra presente una de las coliformas. Debido a que existen otras bacterias que pueden formarse a la lactosa, la presencia del grupo coliforme se debe confirmar mediante reacciones verificativas.

De acuerdo al medio de desarrollo las bacterias se dividen en:

1. - Naturales de agua.
2. - Provenientes del suelo

3. - De origen intestinal o de aguas negras.

Las naturales del agua en general se menciona que no son patógenas y estas las Pseudomonas, la Serratia flavobacterium y choromobacterium.

Las provenientes del suelo tampoco son patógenas y son frecuentes las bacillas y aerobacillas

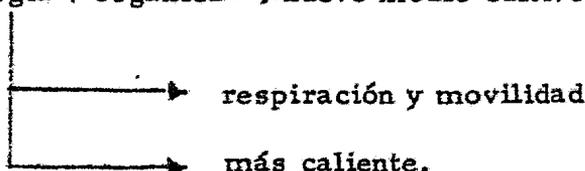
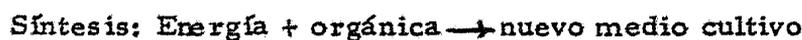
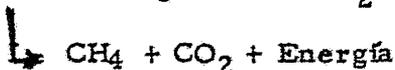
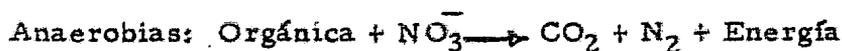
Las bacterias de origen intestinal o de aguas negras pueden ser o no patógenas: entre las no patógenas se hallan la Escherichia Coli (típica del hombre), aerobacter y protecis. Entre las patógenas la Escherichia coli, hiotolftica alojado en sangre, hígado y cerebro humano, produciendo fallecimiento hepático, parálisis cerebral por quistes, etc. La salmonela y la Shigella; bastante peligrosa, el bacillus Clostridium.

En general este tipo de bacterias viven poco tiempo en el agua al no encontrarse en un medio natural de temperatura, luz, presión, etc. - indican contaminación con aguas negras. La turbiedad provocada por los sólidos al ser arrastrados por escurrimiento del agua, ayudan a la eliminación de bacterias, pegándose estas a los sólidos y transportadas rápidamente al fondo.

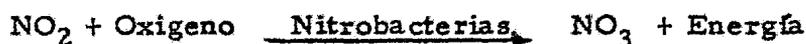
Clasificación general al medio

Organics.

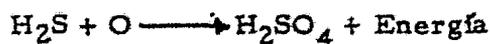
Aerobias: organica + oxígeno \rightarrow CO₂ + H₂O + Energ.



Bacteria Autotrofiada por compuestos inorgánicos, por energía y uso de dióxido de carbono como un carbón sucio. Nitrogenando, azufre y fierro son bacterias de gran significación. Nitrogenando bacteria oxidada con nitrogeno de amonio y nitrato en dos etapas la reacción es la siguiente:



Una común superforma es la bacteria de azufre:



Bacteria de fierro son autotrafidas que oxidación soluble ferroso inorgánico y férrico, también férrico insoluble.



Cabe aclarar que no se ha dado importancia a cierto tipo de protozoarios tales como: Protozoarios de vida libre dulce acuicolas -

exciben una distribución cosmopolita.

Dado que los protozoarios pueden contaminar el agua potable que fluye a través de los sistemas de distribución de una ciudad, se justifica plenamente un estudio que como éste se realiza en un país como México, donde el conocimiento de los protozoarios de vida libre es escaso, y en la mayoría de los casos superficial.

ANALISIS Y DESARROLLO.

Material y métodos. - Se obtuvieron aleatoriamente 25 muestras de unos cuatro litros cada una, a partir de los grifos de otras tantas casas-habitación ubicadas en el área norte y este del D. F.

A continuación se filtraron 951 muestras a través de una columna de arena de Ottawa de 4 cm. de longitud y 1.5 cm. de diámetro. Una malla de algodón estéril en la base de la columna. Los protozoarios -- concentrados fueron extraídos de la arena y lavados con agua destilada. Enseguida se inoculó a los organismos en infusiones de trigo estériles, cubiertas con torundas esterilizadas de algodón e incubadas a temperatura ambiente (15°-25° C) durante 7 días.

La identificación y el conteo de los organismos aislados en los cultivos, se realizó diariamente, usando un fotomicroscopio (contraste de fases, 40x y 100x) y una cámara cuenta glóbulos de Neubauer.

Resultados. - La identificación y la frecuencia de los espécime-

nes concentrado por ml, así como las variables de temperatura y pH de las 25 muestras de agua de grifo. En esta tabla solo se considera la fase trófica y activa de los organismos observados, aunque también se encontró la fase quística de algunos ciliados, glagelados y amibas así como también estadios particulares de algunos fitoflagelados.

Se incluye también en la tabla el número total de organismos y el porcentaje para cada especie.

Las aguas de grifo más contaminadas fueron del, área de Oriente, poniente de la zona explorada del Distrito Federal, siguiendo sucesivamente por las áreas norte, centro y Sur. Los protozoarios más comúnmente encontrados fueron los flagelados, seguidos por las amibas y los ciliados. Entre los flagelados las formas más abundantes fueron Bodoedax, B. Saltans y Ochromonas sp. Dentro del grupo de amebas los organismos más frecuentemente encontrados correspondieron a miembros de la familia Vahlkampfiidae (estadios quísticos y tróficos) principalmente Vahlkampfia Vahlkampfi. Entre los ciliados más abundantes fueron Colpidium colpoda, Colpoda steine y Tetrahymena pyriformis.

ESTUDIO CUALITATIVO DE LA PRESENCIA DE AMIBAS DE VIDA LIBRE DEL GRUPO LIMAX EN AGUA DE ALBERCAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

TABLA Núm. I

CARACTERIZACION DE LAS MUESTRAS DE ALBERCAS DE SEIS CENTROS DEPORTIVOS EN LA CIUDAD DE MEXICO*

Alberca	Tipo	Cloro ** potencial (mg/l)	Cloro *** activo (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Volumen (ml)
1	Interior (con jardín)	1.0	0.71	28	7	8 000
2	Interior	1.0	0.70	30	7	8 000
3	Interior	1.5	1.0	28	7	8 000
4	Interior (con jardín)	1.0	0.70	30	7	8 000
5	exterior	1.0	0.63	25	7.2	8 000
6	exterior	1.0	0.63	25	7.2	8 000

* El monitoreo no incluye la determinación del número de amibas por ml.

** Concentración calculada por el método sugerido por Palin (1957)

*** Valor obtenido multiplicando el valor de cloro potencial (mg/l), por el coeficiente correspondiente y considerando el pH y temperatura (Derreumaux et al., 1974).

ESPECIES, NUMERO DE CEPAS AISLADAS EN CADA ALBERCA Y SOBREVIVENCIA DE LAS CEPAS DURANTE 4 SEMANAS A 25 y 37° C.

ESPECIES	ALBERCA*	Núm. de Cepas**	Sobrevivencia de la cepa durante 4 semanas	
			25°C	37° C
<u>Naegleria gruberi</u> Schardinger, 1899	1	1	+	-
<u>Naegleria gruberi</u> Schardinger, 1988	2	1	+	-
<u>Naegleria gruberi</u> Schardinger, 1899	3	1	+	-
<u>Naegleria gruberi</u> Schardinger, 1899	4	1	+	-
<u>Acanthamoeba astronyxis</u> Ray y Hayes, 1954	5	1	+	-
<u>Acanthamoeba astronyxis</u> Ray y Hayes, 1954	6	1	+	-

* El número de la alberca corresponde al mismo en la Tabla I,

** Clasificadas a través de un estudio estadístico poblacional y análisis tipológico que incluye el estudio morfométrico de 100 organismos por cepa y considerando las siguientes variables: a) Forma trófica: longitud de la amiba lista para la locomoción, diámetro del núcleo, diámetro del nucleólo, número y diámetro de vacuolas contráctiles. b) Estado quístico diámetro total del quiste, diámetro del núcleo y nucleólo; c) Estado flagelar (Para N. gruberi): intervalo del diámetro máximo, número de flagelos, tiempo requerido para iniciar la transformación ameboflagelar.

RESUMEN

Se realizaron estudios para identificar amibas de vida del grupo LIMAX que contaminan las albercas de la Ciudad de México y Centros Turísticos en general de esta índole.

El estudio se llevó a cabo empleando muestras obtenidas de albercas y centros deportivos.

Los organismos se encontraron a través de técnicas de filtración. Los especímenes aislados se cultivaron monoclonal y monoxénicamente en placas de agar inoculado con ESCHERECHIA COLI. Los cultivos fueron observados durante 4 semanas y se realizó una identificación taxonómica hasta el nivel de género y especie.

El 100% de 48 muestras de agua estudiada en las albercas presentaron amibas. De estas muestras, seis cepas fueron aisladas y analizadas estadísticamente.

Los organismos encontrados pertenecen a sólo dos especies, Noegleria gruberi y Acanthamoeba Astronyxis (Estados de quiste y trofozoito). A pesar de que ningún organismo aislado de las seis cepas fue tolerante a 37°C durante dos semanas, la presencia de estos organismos de agua empleada para la recreación del hombre es indeseable, dado que, Jadin y Willaert (1972) han reportado que N. gruberi es patógena para el hombre.

En México, el estudio de protozoarios de vida libre ha sido casi nulo, debido a que la mayoría de las investigaciones nacionales se hallan orientadas preferentemente al estudio de los protozoarios patógenos hecho que se justifica por ser México un país donde la parasitosis por protozoarios no es únicamente de salud pública sino también de carácter social y económico.

Este trabajo es, de hecho, uno de los primeros estudios monográficos en nuestro medio sobre las amibas de vida libre del grupo limax, fundamentalmente es una infraestructura que permitirá así en lo futuro realizar un estudio más elaborado y más profundo de la amiba limax locales, y desde el punto salud pública es de suma importancia. Estas amibas de vida libre en condiciones especiales pueden invadir al hombre causando la muerte, de hecho, este grupo no mereció gran atención por investigadores sino a raíz de la detección de su patogenicidad para el hombre (Carter 1968).

En nuestro país aún no han sido detectados ni casos meningoencefalitis amibiana primaria ni cepas que exhiban el poder patógeno para producir esta enfermedad.

Para el trabajo citado se consideran los siguientes criterios taxonómicos para la diagnosis de ambas especies encontradas, Naegleria Gruberi y Acanthamoeba astronyxis; forma locomótriz, forma pseudopódica patrón de división nuclear, forma quística, capacidad de trans

formación ameboflagelar, ultraestructura y analisis bioestadístico poblacional.

Además de los aspectos taxonómicos y de potogecidad, no podemos descartar los de tipo ecológico. Desde este punto de vista, las dos especies estudiadas se encuentran adaptadas no solo a sus hábitos naturales, sino además a los artificiales como aguas de grifos y piscinas cuya cloración es también conocida. En este sentido las dos especies pueden aceptar el apelativo de "Amibas de Habitación Clorados" pues está sobreprobada su resistencia en la fase quística (Jadin 1974, Willart, 1976) y en la quística y trofozoide en este trabajo, encontrando una cepa resistente (cepa Pi-4 de N. Grubeire) a concentraciones de cloro activo de 0.70 mg/l, cifra que Derreumauxet al (1974) consideran amebicida para la fase trofozoide.

A continuación se dan los resultados para su interpretación:

Tabla No. 1 y Tabla No. 2

NUMERO MAS PROBABLE (NMP)

La estimación de conjunto de bacterias del grupo coliforme presentes en un determinado volumen de agua, será un índice de la intensidad de la contaminación.

Cualquier prueba de fermentación positiva en caldo lactoso, es decir, que muestra formación de gas después de 24 o 48 horas indica la

TABLA I

FRECUENCIA DE ORGANISMOS POR ML EN 25 MUESTRAS DE AGUA DE GRIFO EN EL DISTRITO FEDERAL

ORGANISMOS	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Bodo edax</i> Klebs							546	690	5	547		12			4,546
<i>Bodo saltans</i> Ehrenberg							97	560							
<i>Euglena viridis</i> Ehrenberg			2												
<i>Anisonema truncatum</i> Stein							2								
<i>Anisonema emarginatum</i> Stokes								5							
<i>Ochromonas</i> Wyssotzki															
unidentified species						2	17	122	42	22	27				
<i>Trentonia flagellata</i> Stokes							2	2							
<i>Paranema trichophorum</i> (Ehrenberg)								2							
<i>Acanthamoeba astronyxis</i> Ray & Hayes								5							
<i>Acanthamoeba castellanii</i> Douglas															
<i>Amoeba verrucosa</i> Ehrenberg			10												
<i>Flabellula mira</i> Schaeffer								2							
<i>Hartmannella exandans</i> Page			12	2			26	15							
<i>Naegleria gruberi</i> (Schardinger)															
trophozoite stage		2													
flagellate stage		2						12				5			
<i>Vahlkampffia vahlkampffii</i> Chatton			22					44		5		174			
<i>Colpidium colpoda</i> (Ehrenberg)								70							
<i>Colpoda cucullus</i> O.F. Muller						2									
<i>Colpoda steini</i> Maupas			7					2							
<i>Sathrophilus agitated</i> (Stokes)													2		
<i>Scylonychia pustulata</i> Ehrenberg			2												
<i>Tetrahymena puriformis</i> (Ehrenberg)															
<i>Chilodonella cucullulus</i> O.F. Muller								5							
<i>Chilodontopsis vorax</i> (Stokes)								32							
<i>Platyophrya lata</i> Kahl								5							
Total number of organisms per sample		4	55	2	0	4	690	1,573	47	574	27	193	0	0	4,546
Percent		0.03	0.40	0.02	0	0.03	5.84	13.31	0.4	4.86	0.23	1.63	0	0	38.49
Temperatura (C)		20	22	21	20	24	21	20	19	23	17	17	19	19	20
pH		7	7	6	7	6	7	7	8	7	7	7	7	7	7

132

TABLE I
Continuación

ORGANISMOS	MUESTRA	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Porcentaje
<i>Bodo edax</i> Klebs		2,250									40		8,636	79.18
<i>Bodo saltans</i> Ehrenberg													657	5.56
<i>Euglena viridis</i> Ehrenberg													2	0.02
<i>Anisonema truncatum</i> Stein													2	0.02
<i>Anisonema emarginatum</i> Stokes													5	0.04
<i>Ochromonas</i> Wysoczki unidentified species											452		684	5.74
<i>Trentonia flagellata</i> Stokes													4	0.09
<i>Peranema trichophorum</i> (Ehrenberg)													2	0.02
<i>Acanthamoeba astronyxis</i> Ray & Hayes							2						7	0.06
<i>Acanthamoeba castellanii</i> Douglas												80	80	0.68
<i>Amoeba verrucosa</i> Ehrenberg													10	0.08
<i>Flabellula mitra</i> Schaeffer													2	0.02
<i>Hartmannella exundans</i> Ege		2											57	0.48
<i>Naegleria gruberi</i> (Schardinger) trophozoite stage													2	0.02
flagellate stage							7						26	0.22
<i>Vahlkampffia vahlikampffii</i> Chatton							40					1,122	1,407	11.91
<i>Colpidium colpoda</i> (Ehrenberg)													70	0.60
<i>Colpoda cucullus</i> O.F. Muller													2	0.02
<i>Colpoda steini</i> Mauas							36						45	0.38
<i>Sathrophilus agitarus</i> (Stokes)													2	0.02
<i>Stylonychia pustulata</i> Ehrenberg													2	0.02
<i>Tetrahymena pyriformis</i> (Ehrenberg)							36						36	0.30
<i>Chilodoniella cucullus</i> O.F. Muller							27						32	0.27
<i>Chilodontopsis vorax</i> (Stokes)													32	0.27
<i>Platyopirys iata</i> Kahl													5	0.04
Núm. total de organismos por muestra		2,252	0	0	0	0	148	0	0	0	492	1,202	11,809	
Porcentaje		19.07	0	0	0	0	1.25	0	0	0	4.17	10.2		
Temperatura (C)		19	21	19	19	23	19	18	17.5	19	17.5	22		
pH		7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7		

presencia de bacterias del grupo coliforme en una cantidad proporcional al volumen de muestras que se haya examinado. Usando diferentes volúmenes de muestra, es posible hacer una estimación cuantitativa del número de bacterias coliformes presentes. Si se conoce el número de tubos positivos y negativos correspondientes a cada dilución, se puede calcular el número probable de organismos que haya en un determinado volumen de agua.

Esto proporciona un índice de contaminación, el cual usualmente se expresa como número más probable (MMP) de bacterias del grupo observado.

El humano tiene permanentemente COLI en gran número y aunque no es patógeno se ha considerado como base para interpretación de la contaminación bacteriana.

Si la ESCHERICHIA COLI está presente en un agua, es índice indiscutible que se ha contaminado con materia fecal humana, puesto que es típica del hombre y que se excreta precisamente a través de la materia fecal. Es sabido que es muy frecuente encontrar este microorganismo en cualquier tipo de agua, hasta en la potable dentro de las redes de abastecimiento de una ciudad.

Dada la facilidad de detección y el número con que se encuentra, se puede relacionar, con la presencia de otras bacterias difíciles de

determinar en laboratorio; haciendo una relación entre bacterias coliforme y las demás, se ha encontrado por ejemplo que por un millón de COLI hay de 3 a 30 SALMONELLA TYPHOSA; y la posibilidad de enfermar de diarrea entérica está en proporción de 1 por 50 colis.

Existen pruebas bacteriológicas de tipo presuntivo y confirmativo, la presuntiva es aquella en que se han hecho las pruebas correspondientes para encontrar la ESCHERICHIA COLI, pero cuya reacción puede no deberse exclusivamente al COLI, sino a otras bacterias tipo AEROBACTER, que produce gas y puede confundirse con la ESCHERICHIA; la prueba presuntiva estima que hay ESCHERICHIA; la confirmativa dirá el número o cantidad definitiva de ESCHERICHIA COLI.

El NMP confirmativo es un dato más riguroso y obviamente menor que el presuntivo, siendo los dos de tipo cuantitativo. El presuntivo en cuanto que se ha encontrado que existe este grupo de coliforme determinado numericamente en un volumen de muestra; y es confirmativo en cuanto que se asegura que existe solo éste. Realizar una prueba confirmativa implica más tiempo, costo y delicadeza, razón por la cual muchas veces no se llega hasta esta prueba a menos que lo amerite el estudio.

El NMP se basa en la estadística y probabilidad empleando los resultados positivos y negativos de los tubos incubados y de acuerdo a -

la porción de muestra. Con cinco porciones de muestra de cada uno de los volúmenes de 10 ml., de 1 ml. y 0.1 ml. respectivamente pueden obtenerse resultados cuantitativos que varían de 2 a 542 bacterias coliformes por ml.

a) Determinación.

a.1. - Técnica de filtros de membrana.

Esté método es muy usado, ya que permite grandes ventajas entre las que se cuentan:

- 1) Mayor grado de precisión.
- 2) Exámenes de mayores volúmenes de muestra.
- 3) Filtración de las muestras en el campo.
- 4) Embarque de los filtros al laboratorio en su propio medio.
- 5) Resultados en menor tiempo que el requerido por otros métodos.

El método consiste en la filtración de la muestra a través de una membrana que retiene a las bacterias; se colocan en un receptáculo provisto de un embudo, fijado a un matraz de filtración al vacío. Después de filtrada la muestra se retira la membrana y se mantiene en incubación en un medio de cultivo durante ± 20 2 horas y a 35 ± 0.5 C.

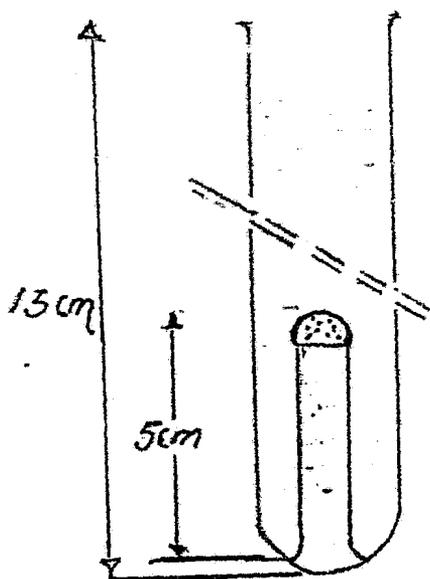
Para el conteo de las colonias se usa un microscopio binocular de disección de campo amplio con aumento de 10 a 15 diámetros.

a. 2. - Bacteriología en medio sólido.

Se puede hacer el cultivo de bacterias en un medio líquido ó sólido de tipo gelatinoso; se ponen los alimentos necesarios para que se reproduzcan y ciertas substancias que inhiben la vida de otros microorganismos y que provocan exclusivamente el crecimiento de la que se está buscando. El medio sólido se coloca en una caja de Petri, en donde se incuban. Se inocula con una asa estéril que toma una pequeña cantidad de agua contaminada que se pasa a la superficie, empezando a crecer las bacterias formando colonias.

a. 3. - Bacteriología en medio líquido.

Se usan tubos que contienen un líquido nutritivo a base de caldo lactoso; se introduce un tubo más pequeño en forma invertida, que se llena de ese líquido y queda en el fondo; se esteriliza el conjunto para evitar la procreación de bacterias en el medio. Con un asa se reparten las bacterias en el medio líquido o bien, se vierte una cantidad de agua de la cual se va a obtener el grado de contaminación bacteriana; esas bacterias se empiezan a reproducir en todo el medio y lo hacen con suma rapidez y en una cámara



Cada bacteria produce un poco de gas pero en conjunto y por ser tantas las bacterias, que el gas que se desprende es mucho, pero el que queda atrapado en el tubo pequeño queda en la parte alta con desalojamiento de líquido: cuando esto sucede se dice que la prueba es positiva.

Fig. 1. 1. 1.

ANALISIS MICROSCOPICOS PARA BACTERIOLOGIA.

Se complementa el análisis bacteriológico con la observación microscópica al emplear principalmente la técnica de coloración de Gram.

La técnica Gram para colorear las bacterias consiste en sumergir el frotis (preparación sobre un cristal porta objetos) es una solución de cristal violeta durante un minuto; después de enjuagar con agua corriente se sumerge por igual tiempo a una solución de yodo de lugol; minuciosamente se enjuaga y se decolora con alcohol al 95%. Se tiñe con solución SAFRANINA, se lava con agua corriente y se seca suavemente entre el papel filtro.

Después de esta técnica de tinción se observa al microscópio - bacterias que han retenido el color rojo (Gram negativo) y otras que se tiñeron de azul (Gram positivo).

La coloración Gram divide la bacteria en dos grupos como resultado de sus reacciones colorimétricas: Positivas o negativas.

La coloración Gram no es una prueba absoluta y deberá usarse con criterio. Deberán usarse cultivos de bacterias de no más de 24 horas, porque de otra manera la bacteria empezará a perder sus cualidades positivas de Gram después de ese periodo de incubación.

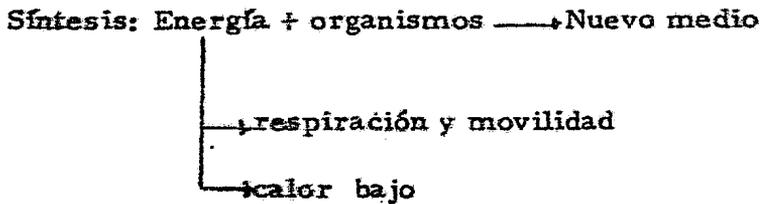
Se ha notado que algunas bacterias de un mismo cultivo son de Gram variable, eso quiere decir que algunas de las bacterias podrán -- colorearse rojas y al mismo tiempo azules.

El rango de las bacterias está entre 0,5 y 5 micras, lo cual - se hace imposible ver a simple vista y esto se logra a través del micros copio. Las fotografías nos dá el sentido del acomodo, de forma y repro ducción, esto se logra ampliar 400 veces mayor .

En forma individual pueden ser esféricas, redondas, espiral y espiral baston y otras.

La reproducción bacteriana es por fisión binaria, una celda - se divide en dos nuevas celdas o microorganismos, cada uno de los cua - les maduran y empiezan a dividirse.

sición orgánica, empieza eliminando energía del nuevo medio y para una respiración y movilidad. Una pequeña fracción de la energía es más tarde manifiesta en forma de calor, se muestra en la ecuación.



ALGAS

En el agua y principalmente en lagos, rios el olor y sabor pueden deberse a muchas causas, siendo una de las más importantes la proliferación de vegetales acuáticos unicelulares (algas) que flotan o nadan en forma libre y que generalmente solo pueden ser vistas al microscopio. Los almacenamientos de agua descubiertos, son los lugares más expuestos a la poliferación de las algas, ya que estas contienen clorofila y necesitan de la luz solar para su metabolismo; así secretan aceites que son descargados durante sus procesos vitales y que son liberados después de la muerte y desintegración de las células, produciendo los olores y sabores característicos en las aguas.

Las algas constituyen el alimento principal de los animales acuáticos; son productores de oxígeno en el agua y facilitan la reoxigenación de las mismas cuando se tiene bastante materia orgánica en vía

de descomposición; por otro lado, en gran cantidad obstruyen las fosas de potabilización del agua, principalmente la de filtrado, retardando así la duración de los ciclos de filtración.

Sin embargo por su acción fotosintética, juegan un papel muy importante en los procesos de purificación de aguas contaminadas; por ello se destina normalmente una amplia sección de este tema en tratamientos biológicos.

Determinación.

Método de Sedgwick - Rafter para plancton.

Si el agua contiene menos de 25 microorganismos por ml., se concentra la muestra mediante centrifugaciones o usando el embudo Sedgwick-Rafter; después se toma 1 ml de la muestra filtrada y se coloca en la Celda de Enumeración. Posteriormente se usa el microscopio para realizar el conteo de organismos, auxiliándose del micrómetro de Whipple.

El microscopio debe llevar en su lente ocular un micrómetro ocular (micrómetro de Whipple) que es un disco de Cristal que lleva gravada una retícula de líneas equidistantes trazadas en ángulo recto y subdividido una parte en franjas menores, cuyo fin es medir los objetos microscópicos a eliminar con exactitud los campos del microscopio.

Se sigue para el conteo, un barrido dentro del campo de obser

vación de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo. Se eligen normalmente diez campos al azar dentro de la celda. Se cuentan los organismos que caen dentro del campo del micrómetro y aquellos que lo estén en más de la mitad de su cuerpo. En caso de microorganismos en movimiento, debe hacerse la observación lo más rápidamente posible, y contar los que estén bajo la condición anterior no descontando o añadiendo aquellos que ya han quedado atrás del área de conteo.

Los diez campos observados representan una pequeña parte del área que tiene la celda; sin embargo, se supone que es el promedio para extrapolarlos a la totalidad. Finalmente debe tomarse en consideración la concentración que se hizo de la muestra.

Los resultados se dan en organismos por ml.

Existen otros métodos para el conteo, y otras unidades para determinar el contenido de los microorganismos en la muestra; pero el que se ha descrito es el más empleado, sencillo y de mejor interpretación ingenieril.

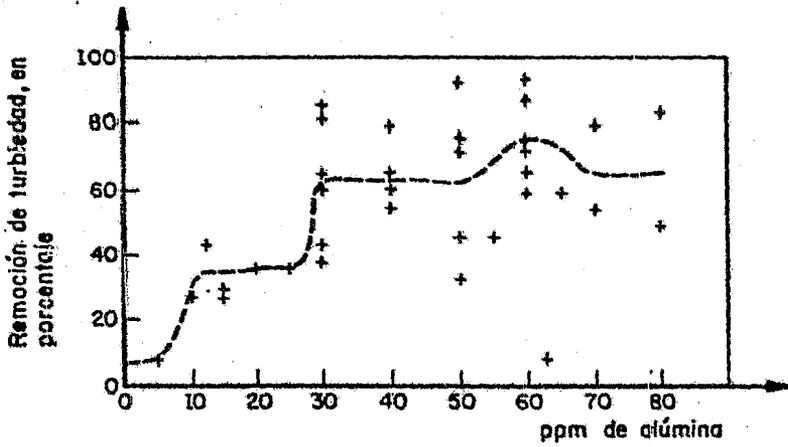


Fig 1

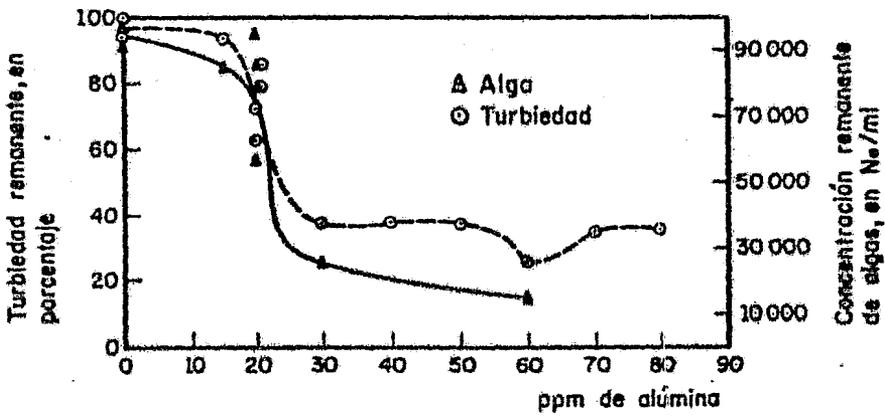


Fig 2

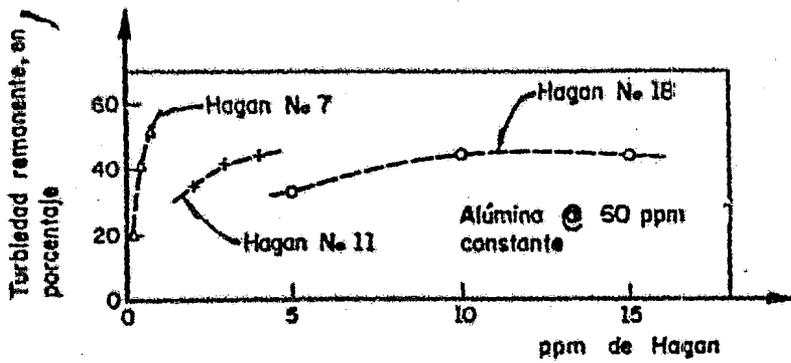


Fig 3

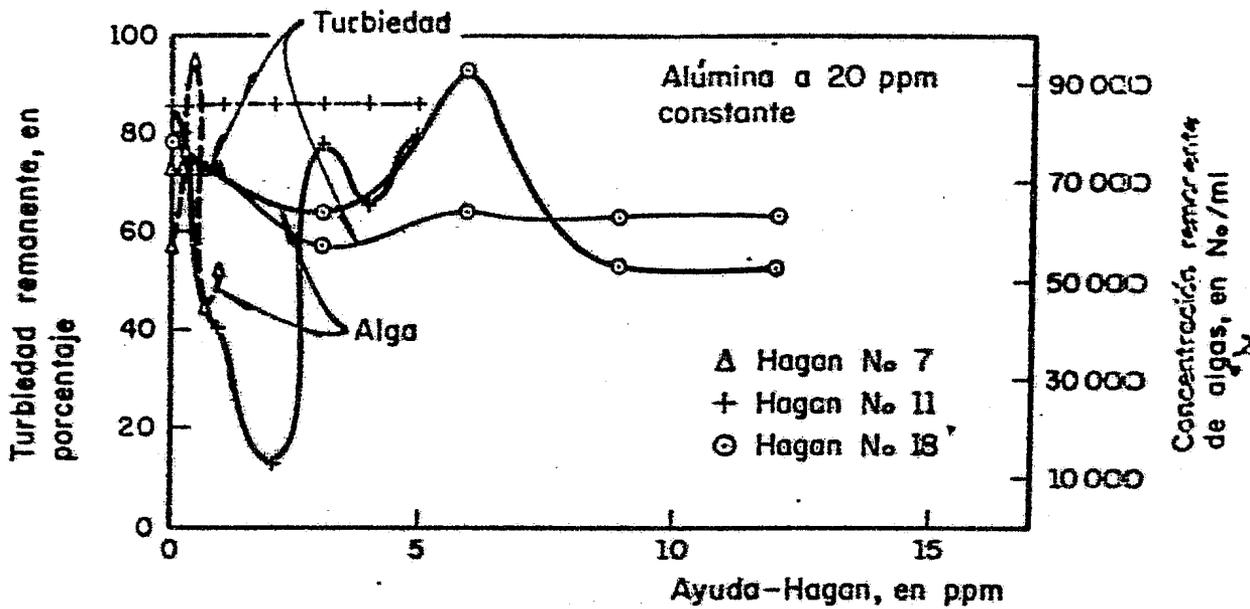


Fig 4

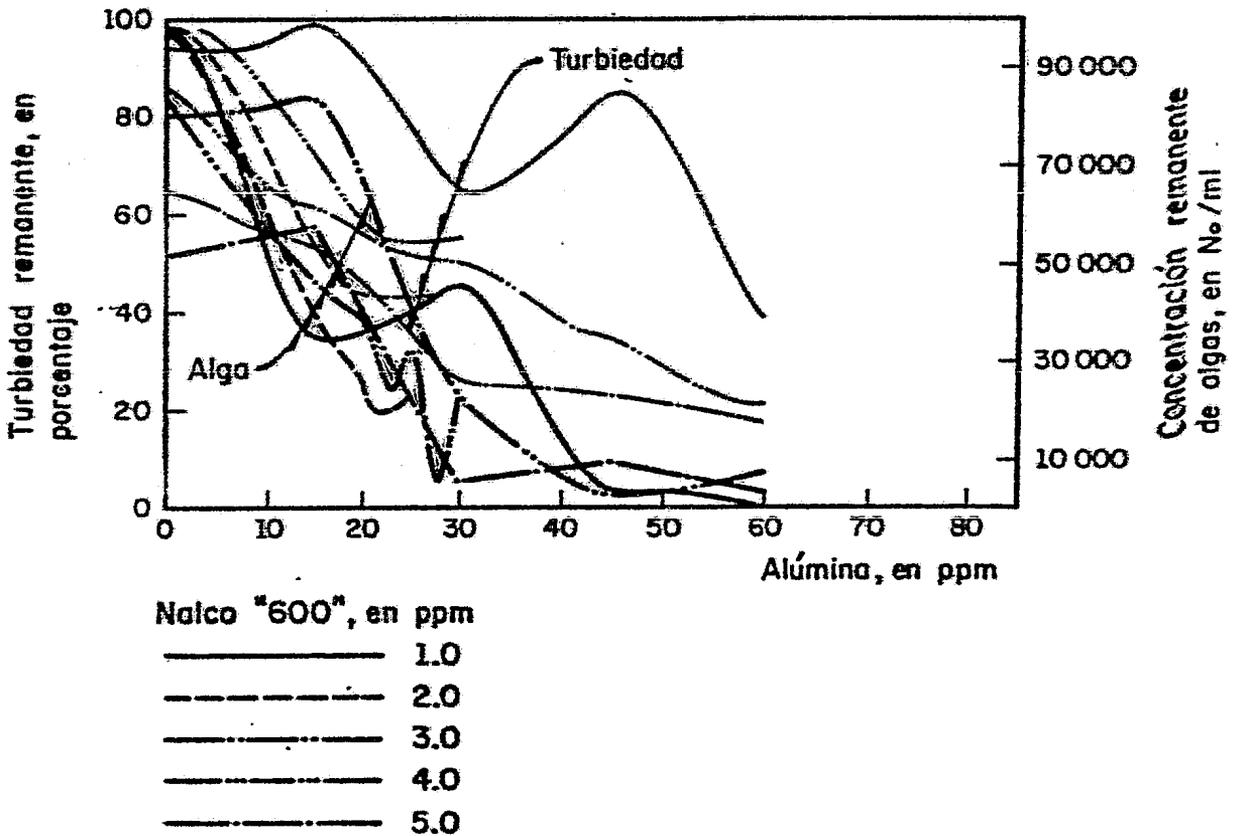
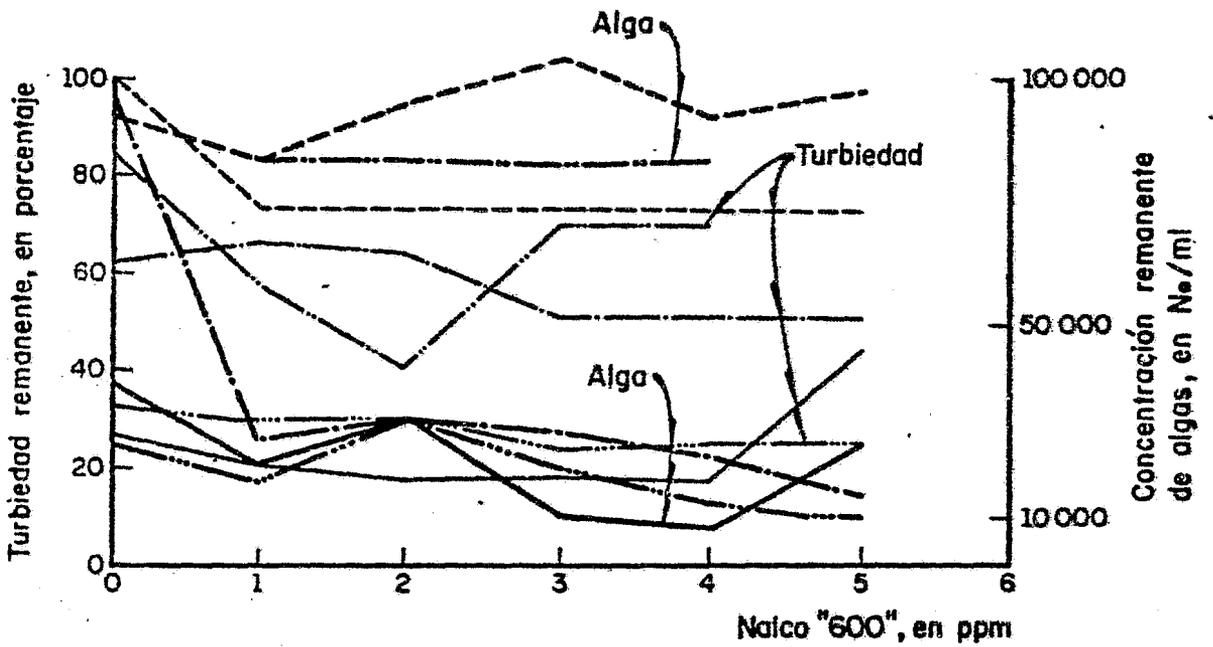


Fig 5



Alúmina, en ppm

- 12
- . - . - 15
- 20
- 22.5
- . . - . 30

Fig 6

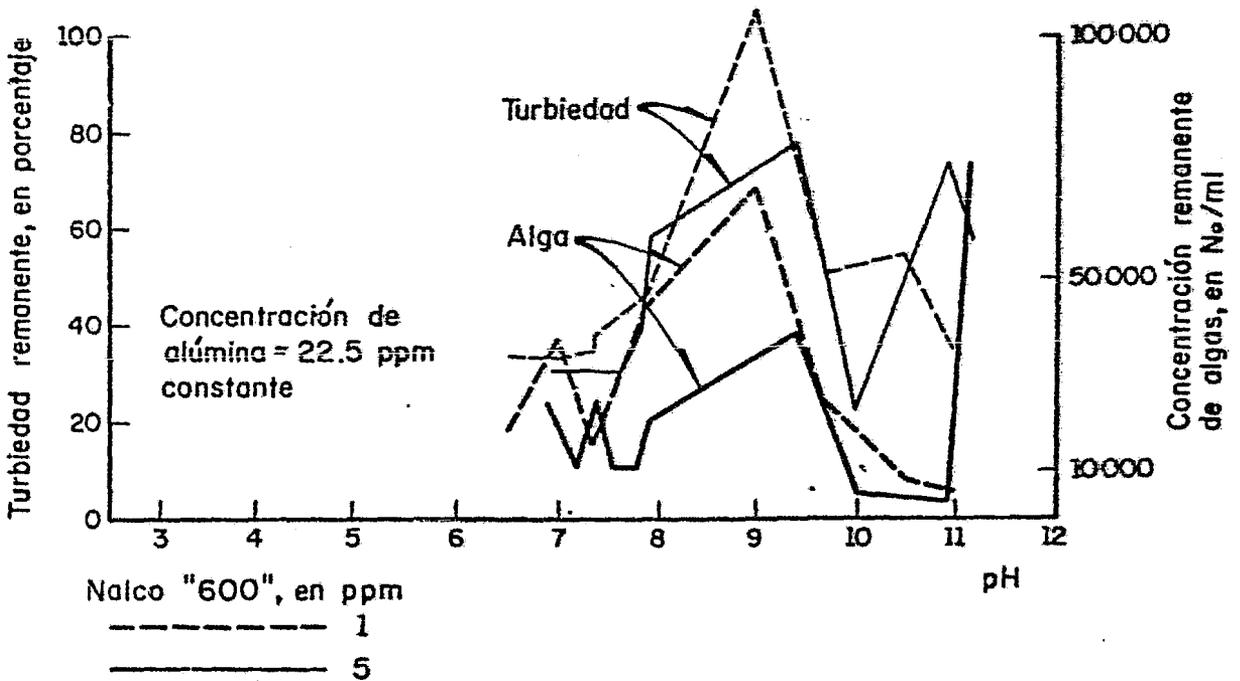


Fig 7

TABLA 1

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20	20	20	20	20	20
2.- pH inicial	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	222	222	222	222	222	222
4.- Turbiedad inicial, en ppm	20	20	20	20	20	20
5.- Alúmina agregada, en ppm	00	30	30	30	30	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Hagan)	0	0	0.5	3.0	10.0	0
7.- pH final	-	7.4	7.4	7.4	7.4	7.1
8.- Alcalinidad final, en ppm	-	206	204	201	201	186
9.- Turbiedad final, en ppm	-	3	6	3	5	2

TABLA 2

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20	20	20	20	20	20
2.- pH inicial	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	222	222	222	222	222	222
4.- Turbiedad inicial, en ppm	20	20	20	20	20	20
5.- Alúmina agregada, en ppm	30	40	50	60	70	80
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	8.0	7.9	7.8	7.7	7.7	7.6
8.- Alcalinidad final, en ppm	213	206	199	195	192	186
9.- Turbiedad final, en ppm	3.8	4.2	5.1	2.7	4.2	3.4
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	19	21	25.5	13.5	21	17

TABLA 3

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20	20	20	20	20	20
2.- pH inicial	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	220	220	220	220	220	220
4.- Turbiedad inicial, en ppm	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
5.- Alúmina agregada, en ppm	5	10	15	20	25	30
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	-	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0
8.- Alcalinidad final, en ppm	-	212	212	210	206	206
9.- Turbiedad final, en ppm	5.3	4.3	4.3	3.8	3.8	3.4
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	91.5	74	74	65.5	65.5	58.5

TABLA 4

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20	20	20	20	20	20
2.- pH inicial	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	220	220	220	220	220	220
4.- Turbiedad inicial, en ppm	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
5.- Alúmina agregada, en ppm	30	40	50	60	70	80
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	7.6	7.5	7.4	7.4	7.3	7.3
8.- Alcalinidad final, en ppm	204	197	193	189	182	177
9.- Turbiedad final, en ppm	3.6	2.7	3.2	2.5	2.7	3.0
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	62	46.5	55	43	46.5	51.5

TABLA 5

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20	20	20	20	20	20
2.- pH inicial	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	220	220	220	220	220	220
4.- Turbiedad inicial, en ppm	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
5.- Alúmina agregada, en ppm	50	55	60	62.5	65	70
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	7.4	7.3	7.3	7.2	7.2	7.2
8.- Alcalinidad final, en ppm	190	195	193	188	188	182
9.- Turbiedad final, en ppm	4.0	3.2	2.4	2.4	2.4	-
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	69	55	41	31	41	-

TABLA 6

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	22	22	22	22	22	22
2.- pH inicial	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	210	210	210	210	210	210
4.- Turbiedad inicial, en ppm	31.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	15	30	40	50	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	7.8	7.8	7.6	7.5	7.5	7.4
8.- Alcalinidad final, en ppm	204	197	188	137	180	175
9.- Turbiedad final, en ppm	12.0	7.6	4.5	4.5	2.4	2.4
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	92.3	58.5	34.6	34.6	18.5	18.5

TABLA 7

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	22	22	22	22	22	22
2.- pH inicial	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	210	210	210	210	210	210
4.- Turbiedad inicial, en ppm	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	15	30	40	50	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	8.0	7.8	7.6	7.5	7.3	7.3
8.- Alcalinidad final, en ppm	193	197	188	186	177	177
9.- Turbiedad final, en ppm	8.7	7.8	4.4	4.4	3.2	3.2
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	79.1	71.0	40.0	40.0	29.1	29.1
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	193	197	188	186	177	177

Nota: 1 ppm de cal (como C_2CO_3) se agregó a todas las jarras.

TABLA 8

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	21	21	21	21	21	21
2.- pH inicial	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	188	188	188	188	188	188
4.- Turbiedad inicial, en ppm	7.0	8.7	8.7	9.0	9.4	9.7
5.- Alúmina agregada, en ppm	60	60	60	60	60	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
7.- pH final	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
8.- Alcalinidad final, en ppm	151	151	155	155	155	151
9.- Turbiedad final, en ppm	2.5	2.3	2.7	2.3	2.3	2.3
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	35.7	26.4	31.0	25.6	24.5	23.7

TABLA 9

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	21	21	21	21	21	21
2.- pH inicial	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
3.- Turbiedad inicial, en ppm	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
5.- Alúmina agregada, en ppm	60	60	60	60	60	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Hagan)	0	.25	.50	.75	2.00	3.00
9.- Turbiedad final, en ppm	3.0	No 7	No 7	No 7	No 11	No 11
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	31.0	20.6	41.3	52.6	35.0	41.3
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	15 000	20 000			40 000	

TABLA 10

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	21	21	21	21	21	21
2.- pH inicial	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
3.- Turbiedad inicial, en ppm	12.0	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	60	60	60	60	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Hagan)	0	0	4.00	5.00	10.00	15.00
9.- Turbiedad final, en ppm	12.0	5.5	No 11	No 18	No 18	No 18
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	100.0	56.7	44.3	33.0	44.3	44.3
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	91 000			35 000		

TABLA 11

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	23	23	23	23	23	23
2.- pH inicial	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	158	158	158	158	158	158
4.- Turbiedad inicial, en ppm	8.7	8.7	8.7	3.7	8.7	8.7
5.- Alúmina agregada, en ppm	20	20	20	20	20	20
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Hagan No 7)	0	0.25	0.50	0.75	1.00	
7.- pH final	7.6	1.6	-	-	-	-
8.- Alcalinidad final, en ppm	151	151	-	-	-	-
9.- Turbiedad final, en ppm	6.3	6.3	6.3	11.3	7.5	
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	72	72	72	72	72	
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	57 500	75 000	95 000	45 000	52 500	

TABLA 12

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	23	23	23	23	23	23
2.- pH inicial	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	158	158	158	158	158	158
4.- Turbiedad inicial, en ppm	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	20	20	20	20	20	20
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Hagan No 11)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
7.- pH final	7.4	7.4	-	-	-	-
8.- Alcalinidad final, en ppm	151	151	-	-	-	-
9.- Turbiedad final, en ppm	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	85	85	85	85	85	85
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	85 000	40 000	12 500	77 500	65 000	79 250

TABLA 13

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	23	23	23	23	23	
2.- pH inicial	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	158	158	158	158	158	
4.- Turbiedad inicial, en ppm	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
5.- Alúmina agregada, en ppm	20	20	20	20	20	
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Hagan No. 18)	0	3.0	6.0	9.0	12.0	
7.- pH final	7.4	7.4	-	-	-	
8.- Alcalinidad final, en ppm	150	150	-	-	-	
9.- Turbiedad final, en ppm	4.6	3.4	3.8	3.7	3.7	
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	77	57	63	62	62	
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	77 500	62 500	92 500	52 500	52 500	

TABLA 14

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
2.- pH inicial	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	160	160	160	160	160	160
4.- Turbiedad inicial, en ppm	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	0	15	30	45	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7.- pH final	7.65	7.65	7.5	7.3	7.1	6.9
8.- Alcalinidad final, en ppm	160	160	153	147	140	133
9.- Turbiedad final, en ppm	17.0	15.8	18.2	11.5	15.5	7.0
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	94	88	101	64	86	39
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	97 250	105 000	36 000	47 500	5 000	0

TABLA 15

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	18	18	18	18	18	
2.- pH inicial	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	185	185	185	185	185	
4.- Turbiedad inicial, en ppm	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	20.0	22.5	25.0	27.5	
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
7.- pH final	8.9	8.5	8.4	8.4	8.3	
8.- Alcalinidad final, en ppm	183	175	175	176	169	
9.- Turbiedad final, en ppm	6.9	3.0	3.0	3.0	3.0	
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	98.6	42.8	42.8	42.8	42.8	
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	80 000	27 500	17 500	22 500	12 500	

TABLA 16

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
2.- pH inicial	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_aCO_3	160	160	160	160	160	160
4.- Turbiedad inicial, en ppm	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	0	15	30	45	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
7.- pH final	7.8	7.8	7.6	7.4	7.3	7.2
8.- Alcalinidad final, en ppm	169	166	154	196	143	134
9.- Turbiedad final, en ppm	17.0	15.5	11.0	9.0	6.5	4.0
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	94	86	61	50	36	22
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	102 000	80 000	85 000	22 500	2 500	5 000

TABLA 17

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	18	18	18	18	18	18
2.- pH inicial	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_aCO_3	185	185	185	185	185	185
4.- Turbiedad inicial, en ppm	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
7.- pH final	9.0	8.6	8.6	8.6	8.5	8.5
8.- Alcalinidad final, en ppm	195	180	184	182	179	177
9.- Turbiedad final, en ppm	6.9	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	98.5	58.5	55.7	55.7	55.7	55.7
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	82 500	40 000	22 500	32 500	2 500	22 500

TABLA 18

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
2.- pH inicial	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_aCO_3	160	160	160	160	160	160
4.- Turbiedad inicial, en ppm	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	0	15	30	45	60
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
7.- pH final	8.1	8.0	7.8	7.6	7.4	7.3
8.- Alcalinidad final, en ppm	162	162	158	149	140	136
9.- Turbiedad final, en ppm	13.5	11.5	9.5	4.5	4.0	3.0
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	75	64	53	25	22	17
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	105 000	52 500	57 500	5 000	10 000	2 500

TABLA 19

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
2.- pH inicial	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_aCO_3	157	157	157	157	157	157
4.- Turbiedad inicial, en ppm	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	0	0	0	0	0	0
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
7.- pH final	7.7	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8
8.- Alcalinidad final, en ppm	158	160	160	158	158	158
9.- Turbiedad final, en ppm	12.0	8.7	8.7	8.7	8.7	9.7
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	100	73	73	73	73	73
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	92 500	82 500	95 000	115 000	92 500	97 500

TABLA 20

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
2.- pH inicial	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_aCO_3	157	157	157	157	157	157
5.- Alúmina agregada, en ppm	15	15	15	15	15	15
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0
7.- pH final	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
8.- Alcalinidad final, en ppm	147	147	151	151	147	147
9.- Turbiedad final, en ppm	11.2	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	93	83	83	83	83	83
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	85 000	57 500	40 000	70 000	70 000	70 000

TABLA 21

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	23	23	23	23	23	23
2.- pH inicial	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_aCO_3	158	158	158	158	158	158
4.- Turbiedad inicial, en ppm	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
5.- Alúmina agregada, en ppm	20	20	20	20	20	20
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
7.- pH final	9.6	7.6	-	-	-	-
8.- Alcalinidad final, en ppm	154	154	-	-	-	-
9.- Turbiedad final, en ppm	2.8	2.9	2.8	2.3	2.3	2.3
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	62	65	62	51	51	51
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	95 000	25 000	30 000	27 500	22 500	15 000

TABLA 22

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
2.- pH inicial	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	157	157	157	157	157	157
4.- Turbiedad inicial, en ppm	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Naico 800)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
7.- pH final	8.2	-	-	-	-	-
8.- Alcalinidad final, en ppm	151	-	-	-	-	-
9.- Turbiedad final, en ppm	3.1	2.4	2.1	2.1	2.0	5.4
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	26	20	18	18	17	45
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	37 500	20 000	30 000	10 000	7 500	25 000

TABLA 23

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
2.- pH inicial	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	157	157	157	157	157	157
4.- Turbiedad inicial, en ppm	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
5.- Alúmina agregada, en ppm	30	30	30	30	30	30
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Naico 800)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
7.- pH final	8.6	8.8	-	-	-	-
8.- Alcalinidad final, en ppm	155	155	-	-	-	-
9.- Turbiedad final, en ppm	4.0	3.6	3.6	3.0	3.0	3.0
10.- Turbiedad remanente, en porcentaje	33	30	30	25	25	25
11.- Concentración remanente de algas, en No/ml	25 000	17 500	30 000	20 000	12 500	10 000

TABLA 24

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	29	29	29	29	29	29
2.- pH inicial (8.0)	8.4	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	180	180	180	180	180	180
4.- Turbiedad inicial, en ppm	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
5.- Alúmina agregada, en ppm	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Naico 800)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7.- 0.0219 N H_2SO_4 agregado, en ml	0	8	18	35	60	120
8.- pH final	7.8	7.3	7.3	7.2	7.0	6.5
9.- Alcalinidad final, en ppm	175	164	160	153	131	107
10.- Turbiedad final, en ppm	3.4	2.8	2.6	2.6	2.4	2.4
11.- Turbiedad remanente, en porcentaje	45.4	37.3	34.6	34.6	32.0	32.0
12.- Concentración remanente de algas, en No/ml	45 000	15 000	32 500	40 000	35 000	17 500

TABLA 25

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	29	29	29	29	29	
2.- pH inicial	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	180	180	180	180	180	
4.- Turbiedad inicial, en ppm	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	
5.- Alúmina agregada, en ppm	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
7.- $2N N_2OH$ agregado, en ml	0	1.0	3.0	5.0	7.0	
8.- pH final	7.7	9.0	9.7	10.5	10.9	
9.- Alcalinidad final, en ppm	175	222	191	237	307	
10.- Turbiedad final, en ppm	3.6	8.0	37.0	4.0	2.6	
11.- Turbiedad remanente, en porcentaje	48.0	107	493	53.3	34.7	
12.- Concentración remanente de algas, en No/ml	25 000	67 500	22 500	6 700	5 000	

TABLA 26

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	25	25	25	25	25	25
2.- pH inicial	8.2	8.0	7.7	7.3	7.0	6.6
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	186	186	186	186	186	186
4.- Turbiedad inicial, en ppm	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
5.- Alúmina agregada, en ppm	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
7.- $.0219 N H_2SO_4$ agregado, en ml	0	8	18	35	60	120
8.- pH final	7.9	7.8	7.6	7.4	7.3	6.9
9.- Alcalinidad final, en ppm	178	173	169	158	144	112
10.- Turbiedad final, en ppm	3.0	2.0	1.6	1.6	1.6	1.6
11.- Turbiedad remanente, en porcentaje	57.7	38.5	30.8	30.8	30.8	30.8
12.- Concentración remanente de algas, en No/ml	20 000	10 000	10 000	25 000	10 000	22 500

TABLA 27

DATO	JARRA					
	1	2	3	4	5	6
1.- Temperatura, en °C	25	25	25	25	25	
2.- pH inicial	8.1	9.4	10.1	10.9	11.2	
3.- Alcalinidad inicial, en ppm como C_2CO_3	186	186	186	186	186	
4.- Turbiedad inicial, en ppm	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	
5.- Alúmina agregada, en ppm	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
6.- Ayuda coagulante agregada, en ppm (Nalco 600)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
7.- $2N N_2OH$ agregado, en ml	0	1.0	3.0	5.0	7.0	
8.- pH final	7.9	9.4	10.0	10.8	11.2	
9.- Alcalinidad final, en ppm	175	199	208	263	307	
10.- Turbiedad final, en ppm	2.4	4.0	108	3.8	3.0	
11.- Turbiedad remanente, en porcentaje	46.2	77.0	206.0	73.1	57.7	
12.- Concentración remanente de algas, en No/ml	22 500	37 500	5 000	2 500	72 500	

EJEMPLO
USO DE AYUDA-COAGULANTES PARA LA
FLOCULACION DE ALGAS.

En la práctica del tratamiento del agua, la calidad del efluente, desde el punto de vista bacteriológico, puede llegar a ser incuestionable, como resultado se ha dado mayor importancia, en años recientes, a la remoción de aquellas características que se hallan en el agua cruda y que no necesariamente constituyen amenaza para la salud pública, aunque pueden causar serios problemas al operador de una planta de agua. Algunas de ellas son: sabor y olor, dureza, algas y todos los nuevos y exóticos compuestos de nuestra sociedad industrial.

Para combatir estos problemas y poder producir de mejor calidad partiendo de agua cruda potable, se han prestado más atención a los procesos que gobiernan la coagulación.

Se observan que ciertas aguas coagulan mejor que otras, sobre todo en determinadas épocas del año. La presencia de sílice en estas aguas dió un indicio sobre la causa del fenómeno. Se encontró que el sílice induce a la formación de un grupo grande, denso y duro, que ocasiona la clarificación rápida del agua. Recientemente la introducción de materiales sintéticos y naturales llamados polietrólitos, que actúan como ayuda-coagulantes, producen un grumo grande y rápidamente sedimentable, cuando son usados con los coagulantes químico-estandar.

Para comprender mejor las acciones de los polielectrólitos y encontrar un mecanismo mediante el cual se pudiera usar estos compuestos para remover las algas perjudiciales de las aguas crudas, se efectuó un estudio en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Michigan Ann Arbor, Michigan, bajo la dirección del profesor Jack A. - Borchardt.

TEORIA GENERAL

El término polielectrólito describe gran número de compuestos orgánicos; almidón y sus derivados, compuestos de celulosa, materiales proteicos capaces de servir como ayuda-coagulantes, a los que se puede llamar biocoloides de alto peso molecular, que son polímeros naturales con carga eléctrica o sitios ionisables. Debido a que dichos compuestos tienen las características de los polímeros y los electrolitos, se les denomina polímeros electrolitos o polielectrolitos.

De acuerdo con el signo de la carga eléctrica se pueden obtener tres clases de polielectrólitos: los que están cargados negativamente (aniones), los que llevan carga positiva (cationes) y los llamados poliamfolitos, con ambas cargas, como las proteínas y algunos polipeptidos.

Varios investigadores han estudiado el uso de estos compuestos, llegando a la conclusión de que su acción es espectacular, en otras ocasiones provienen o detienen una buena formación de grumos. Otra ca-

característica notable es la que pequeña cantidad que se necesita para producir estos resultados. Cohen encontró que las algas se pueden remover eficientemente con polielectrolitos catiónicos cuando se usan simultáneamente con un coagulante común metálico; que cuando se emplean solos aparentemente trabajan como coagulantes y no son igualmente efectivos en todas las aguas; asimismo que el máximo beneficio derivado de una ayuda-coagulante se encuentra comprendido dentro de un intervalo de concentración sumamente reducido y que el punto y tiempo de adición son muy críticos y se deben determinar para cada tipo de agua.

Black, en sus investigaciones en Florida estudió 17 polielectrolitos y sus conclusiones fueron muy parecidas a las de Cohen; además comparó la efectividad de varios polielectrolitos. Observó que algunos producían grandes flóculos, y otros, flóculos densos y bien definidos; pocos dieron pequeños grumos muy finos, y dos de ellos inhibieron o detuvieron completamente la formación del flóculo.

Bochard ha resumido los mecanismos básicos mediante los cuáles los ayuda-coagulantes inducen a la precipitación mutua. Afirma que las impurezas por remover son básicamente coloides con carga negativa la cual es importante porque estabiliza al estado coloidal y debe ser neutralizada antes de la remoción de la impureza. El primer paso en el proceso de la neutralización se produce por adición de exceso de

electrolito que se ioniza para formar un catión de carga opuesta a la de la impureza coloidal. El catión del electrólito tiende a emigrar a la superficie de la impureza coloidal, resultando la neutralización de la carga eléctrica.

El segundo paso en la neutralización se presenta cuando el exceso de electrólito catiónico reacciona con la alcalinidad para precipitar y formar coloides cargados positivamente, resultando la formación y posteriormente la precipitación.

Se observo entonces que los ayuda-coagulantes catiónicos intervinen en el primer paso de neutralización proporcionando el exceso de iones positivos para intervención en la aglomeración de las impurezas cargadas negativamente. El ayuda-coagulante anionico proporciona exceso de iones negativos en el tercer paso de la neutralización, lo que complementa la acción de los iones sulfato.

Riddick describe el fenómeno de la coagulación relacionandolo con el potencial zeta, que se define como una medida de la carga electrocinética que rodea a las partículas en suspensión. Por consiguiente el potencial zeta está relacionado con la fuerza y la distancia en que las partículas cargadas se repelan entre sí y evitan la coagulación.

Rodeando la capa de partículas cargadas se encuentra una capa difusa de contraiones. Cuando un líquido que contiene estas partícu--

las negativas son atraídas al electrodo positivo, y los contraiones al negativo. Esta atracción aumenta con la carga en la partícula. La fricción entre la partícula y el líquido que la rodea contiene la capa difusa; disminuye el movimiento hacia el electrodo. A mayor capa difusa, menor resistencia. Por tanto la velocidad de la partícula en un campo dado aumenta con un incremento en la densidad y el tamaño de la capa difusa y por consiguiente, es una medida de potencial Zeta.

Este fenómeno se llama ELECTROFORESIS y se usa para controlar la coagulación en las plantas de aguas por medio de lecturas de potencial Zeta, aplicando suficiente coagulante para reducir la carga a cero.

Riddick afirma que si la carga en los coloides (potencial Zeta) se reduce a cero, se eliminan las fuerzas repulsivas que se oponen a la coagulación. Una agitación mecánica suave creará numerosas colisiones entre partículas, en vez de fallas, y las de fallas de adhesión, cohesión y aprisionamiento mecánico renunciarán en aglomeración.

Durante un tiempo se supuso que las algas llevan una carga negativa muy parecida a los coloides y que su remoción de las aguas requiere la neutralización de dicha carga. Se pensó pero no se comprobó, que las algas reaccionaban en la misma forma que las otras impurezas encontradas en el agua. En 1958, Ives teorizaba que los mecanismos básicos en la remoción de las algas eran precisamente de atracción mutua y neu

tralización de carga. Las algas atraen los precipitados de hidróxilo y forman un grumo al rededor de las mismas a medida que aumenta la floculación. Asi mismo, la formación del flóculo se efectua más rapidamente en presencia de algas que en agua clara.

Por medio de la técnica de electrofóresis en microscopio, reafirmó sus teorías y demostró que las algas llevan un carga negativa y actuan de igual manera que los coloides en la coagulación del agua.

Para ampliar el conocimiento del campo de la coagulación y floculación y reafirmar algunas teorías antiguas, se estudio la práctica del uso de ayuda-coagulantes en la remoción de alga plantónica, lo que se había conseguido solo con aluminio.

PROCEDIMIENTO

En la realización de este estudio se empleó esencialmente el aparato de la prueba de jarra. Se uso como fuente de agua cruda del RIO HURON; el agua fué muestreada a unos 150 m. aguas abajo del puente que une la calle Fulmer. En el punto de muestreo, el rio tiene anchura media de 5 mts. y en lo que comprendió el periodo de muestreo tuvo una descarga estimada de 14.2 a 5.7 m^3 x segundo. Para obtener agua a temperatura constante, lo que se iba a probar se recogió y depositó en el laboratorio durante 24 horas, antes de iniciar los analisis respectivos.

El procedimiento de laboratorio se dividió en tres partes:

1. - Descripción de la prueba de la jarra
2. - Análisis efectuados en el agua cruda y tratada.
3. - Métodos empleados para enumerar la concentración de algas.

PARTE 1. - DESCRIPCION DE LA PRUEBA DE LA JARRA

1. - Se pusieron dos litros de agua de río en cada una de las seis jarras.
2. - Se colocó en su totalidad en aparato de la prueba de la jarra.
3. - Se agregaron 28,6 ml. de un cultivo que contenía 70000000 de CLORELA por ml. a cada jarra. Esto hizo que la concentración de clorela por ml. en cada jarra, resultara de 100,000.
4. - Cantidades prefijadas de alúmina y lo mismo de ayuda coagulante por ensayar, se agregaron a cada una de las jarras (vease tablas de 1 a 27 del apéndice, para cantidades que se agregaron.
5. - El contenido en las jarras se mezcló a 80 rpm. durante 30 seg. y después a 10 rpm. durante 30 mñ.
6. - Al terminar se detuvieron las paletas mezcladoras y se

permitió el asentamiento durante 30 mín.

7. - Se obtuvieron muestras de cada jarra para análisis final.

Los tiempos de mezclado y reposo o asentamiento se basaron en las operaciones normales en una planta de agua. La mayoría de las -- pruebas se efectuaron usando Nalco 600, distribuido comercialmente por The Aluminate Company, como ayuda-coagulante. Se usaron otras ayuda-coagulantes en menor grado para efectos de comparación: Separan (Dow Chemical Company) y ayuda-coagulantes Nos. 7, 11 y 18 manufacturados por The Hagan Chemical Company; alúmina $Al_2(SO_4)_3$, fué el único coagulante usado. Para desplazar el punto isoeléctrico se emplearon: Una solución 2N de hidróxido de Sodio, una 0.219 N de H_2SO_4 y $CaCO_3$ la única alga utilizada fué clorela.

PARTE II. - Análisis efectuados en el agua cruda y tratada'

Para medir la habilidad de floculación de la alúmina y de los ayuda-coagulantes se emplearon el turbidímetro de Hellige para la turbiedad y el hemacitómetro para concentración de algas.

Las medidas de turbiedad se tomaron tanto del agua cruda como de la tratada. Fué posible variar la proximación del turbidímetro usando varias combinaciones de los tubos de cristal, focos de luz y filtros. Sin embargo a la relativamente bajas concentraciones de turbiedad, fué necesario emplear la combinación más refinada, o sea el tubo con longitud de 50 ml. el filtro ligero y el foco "A".

Además se tomarón lecturas del pH, alcalinidad y temperatura tanto del agua cruda como de la tratada.

PARTE III. - Métodos usados para enumerar concentraciones de algas.

Ya que la concentración de clorela agregada a las muestras era constante y se pudo controlar, solo fué necesario medir la concentración de algas en el agua tratada. Para asegurarse que la solución madre de clorela tenía densidad constante, se efectuaron lecturas periódicas en el cultivo.

1. - Hemacitómetro

Se colocó una gota de la muestra en un hemacitómetro y se hicieron conteos de algas en el microscopio, usando el objetivo alto-seco.

2. - Centrifugación.

Se centrifugarón 100 ml. del agua tratada a 3000 rpm. durante 30 minutos. El sobre nadante se vació y lo mismo se sifoneó. Una porción del concentrado resultante se removió y se hicieron conteo de algas empleando el hemacitómetro.

3. - Contador Coulter.

Este método se empleó intermitentemente, pero debido a

ciertas fallas, no se obtuvieron aceptables conclusiones.

4. - Peso seco.

Se secó un filtro milipore a 183°C durante una hora . Se pesó y se filtraron 100 ml. de la muestra a través del mismo. Después se secó el filtro a 103°C durante 24 hrs. Se pesó nuevamente y por simple resta se determinó el peso de las algas. Además para determinar sus efectos se filtraron 200 ml. de la muestra ya tratada a través de 25 cm. de fibra de vidrio. Se determinaron concentraciones de algas, antes y después de la filtración.

El mayor problema en la experimentación fué la concentración de la muestra para obtener una densidad de alga representativa. El método de "peso seco" dió resultados anormales, ya que no se pudo obtener una distribución uniforme del alga sobre el filtro. Debido a esto no se pudo diferenciar entre algas y detritos cuando el filtro se observó al microscopio. El uso de la centrifugadora resultó mejor método de concentración, pero no se lograron buenas correlaciones entre los resultados obtenidos usando la muestra cruda ya tratada.

Los resultados que se obtuvieron usando la "GOTA" en el he-

hemacitómetro presentaron aceptable correlación. Conteos sucesivos de la muestra con una concentración conocida de alga dieron por resultado concentraciones en más o menos 15% de la concentración real. Esta aproximación se encuentra dentro de los límites aceptables; por consiguiente se empleó el hemacitómetro durante este estudio para la enumeración de algas.

4). - Discusión de Resultados.

Las pruebas de jarra iniciales constituyen un intento para determinar la dosificación optima de alumina que debía emplearse en el agua cruda del Rio Hurón, con base en el criterio de la remoción de turbiedad y alga. La mejor remoción de turbiedad ocurrió a 60 ppm. de alumina con menor remoción a concentraciones más bajas y más altas que la indicada en la figura 1. A 15 ppm. de alumina la formación del grumo resultó pobre. En la figura 2 se puede observar que la remoción de algas ocurre en cierta forma paralela con la remoción de turbiedad, excepto que a menores concentraciones de alumina se obtuvieron más altos porcentajes en la remoción de algas.

Una de las pruebas se efectuó empleando cal, además de la alumina, pero no se observó diferencia significativa en la remoción de turbiedad. (fig. 2). Esto pues no es raro, ya que el agua del Rio Hurón es bastante alcalina.

Ayuda-coagulantes Hagan Número 7, 11 y 18 se emplearon primero solo para remoción de turbiedad, con la dosis óptima a 60 ppm. de alumina y posteriormente para evaluar la habilidad de remoción de turbiedad y alga en una dosis marginal de 20 ppm. de alumina. A 60 ppm. de alumina la mejor remoción de la turbiedad ocurrió a la concentración más baja recomendada por la casa manufacturadora de todos los ayuda-coagulantes Hagan (fig. 3). A otras concentraciones del ayuda-Hagan, la remoción de turbiedad no fué muy diferente de aquella en la que se empleó solo alumina .

La tendencia a usar 60 ppm. de alumina no se repitió cuando la concentración de esta se redujo a 20 ppm. (fig. 4). A esta dosificación los Ayuda-Hagan no tuvieron efecto en la remoción de turbiedad y muy poco en la de alga. Según la información obtenida aparentemente no hay diferencia significativa en la efectividad de los Ayuda-Hagan. Las pruebas efectuadas con estas no fueron exhaustivas, así que no se podría generalizar su efectividad.

Se efectuaron pruebas más extensas usando el polielectrólito catiónico Nalco 600. La fig. 5 muestra el efecto de varias concentraciones de aluminio y diferentes dosis de Nalco, sobre la remoción de turbiedad y algas. En la mayoría de los casos una mayor dosis de Nalco dió mejor remoción de la turbiedad y algas, aunque las diferencias són pe-

queñas y varían poco los resultados que se obtuvieron solo con alúmina.

La fig. 6 muestra este hecho en forma más clara. En la fig. 7 se observa que el Nalco 600 a 5 ppm. es más efectivo que a 1 ppm. en la remoción de turbiedad y de alga. sobre un intervalo de pH de 6.5 a 11.2 y a una concentración de alúmina de 22.5 ppm. Estas curvas muestran el carácter atmosférico del hidróxido de aluminio y la formación del coagulante, aluminato de sodio, a valores altos de pH.

CAPITULO III

USOS DEL AGUA

Los usos del agua es muy importante diferenciarlos, porque está implícita la calidad del agua.

Cada actividad que requiere de agua necesita que ésta se mantenga en ciertos límites, parámetros, intervalos, índices de calidad. Por tanto, el uso queda restringido a ésta.

En relación a esto, inicialmente el hombre aún siendo nómada fijó su atención primordialmente en calidad del agua para beber, y así en el desarrollo tecnológico y urbanístico esta afectando a la salud a través del agua.

El tipo de contaminación por aguas residuales industriales y domésticas ha sido tan grande, que no únicamente ha afectado a las corrientes superficiales sino también a las subterráneas. Esta contaminación trae consigo, aparte del ataque a la salud pública, una pérdida en los recursos hidráulicos del país, siendo necesario administrarlo correctamente, fijando la calidad mínima que debe tener el agua, de acuerdo con el uso que se pretenda dar.

Es necesario mantener el agua en buenas condiciones y resguardar de contaminación a la que todavía está libre de ella; además so

meter a tratamiento el agua servida de origen industrial y doméstico, con el fin de hacer un reciclaje de uso industrial o riego.

Por prácticas se han tomados rangos para sus respectivos usos y los más notables del agua que se consideran como características fundamentales .

Los usos principales del agua son los que marcan los beneficios que pueden obtener de ella y se enlistan a continuación.

Doméstico

Riego agrícola

Industrial

Desarrollo y protección de fauna

Propagación de peces y vida acuática

Natación

Canotaje y disfrute estético

Energía

Navegación

a). - Agua para uso doméstico.

De acuerdo al Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de aguas y las normas que marca la Secretaría de Salubridad y Asistencia en el Reglamento -

**CALIDAD RECOMENDABLE DEL AGUA CRUDA PARA
USO DOMESTICO (*)**

	Excelente, solo requiere desinfección	Buena, requiere filtración y desinfección	Pobre, requiere - tratamiento especial y desinfección
DBO mg/l promedio mensual máximo diario o por muestra	0.75 - 1.5 1.3 - 3.0	1.5 - 2.5 3.0 - 4.0	más de 2.5 más de 4.0
Coliforme NMP/100 ml promedio mensual máximo diario o por muestra	50 - 100 menos 5% sobre 100	50 - 5000 menos 20% sobre 5000	más 5000 menos 5% sobre 20 000
Oxígeno disuelto mg/l promedio % saturación	4.0 - 7.5 75% o más	4.0 - 6.5 60% o más	4.0 ---
pH promedio	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5
Cloruros mg/l máx.	50	50 - 250	más 250
Fluoruros mg/ l máx.	1.5	1.5 - 3.0	más 3.0 ↓
Compuestos fenólicos mg/l máx.	nada	0.005	más 0.005
Color unidades	0 - 20	20 -150	más 150
Turbiedad unidades	0 - 10	10 - 250	más 250

* Criterio de la calidad del agua. Estado de California, Estados Unidos de Norteamérica.

Federal sobre obras de Provisión de Agua Potable; pero en una forma más general referente a las fuentes y de acuerdo al estado original del agua, se da a conocer la información que proporciona el Departamento de Salud, Educación y Binestar de los Estados Unidos de Norteamérica como asistente del estudio de los "criterios de la Calidad del Agua" publicado por el Estado de California.

b). - Riego Agrícola.

Interrelacionada siempre la calidad del agua y desde el punto de vista de contaminación, es interesante por el uso agrícola y por el contacto directo con el hombre, en su uso.

Se consideran tres grupos para el agua destinada a riego:

- I. - Excelente a buena para todo cultivo.
- II. - Buena a perjudicial o para ciertos cultivos y bajo ciertas condiciones
- III. - Perjudicial a insatisfactoria o nociva a la mayoría de los cultivos.

1. - Características bacteriológicas

CLASE I

Aguas superficiales

NMP	Presuntivo, promedio	500/100 ml.
NMP	Confirmativo, promedio	50/100 ml.

Aguas subterráneas

NMP Presuntivo, promedio: 1500/100 ml.

CLASE II

NMP Promedio 2400/100 ml.
 NMP Máximo 4600/100 ml.

2. - Características físicas y químicas

concepto	CLASE	
	I	II
Residuos flotantes	ausentes	ausentes
Olor y sabor		No debe ser rechazada por animales.
Radio - 226	3 pc/1	3 pc/1
Estroncio - 90	10 pc/1	10 pc/1
Actividad beta		
Tótal	1 pc/1	1 pc/1

Por salinidad del agua

condiciones del suelo	Límite en me/ 1.		
	I	II	III
A. - Baja filtración	3	3.5	5
B. - Filtración regular drenaje lento	5	5-10	10
C. - Infiltración profunda	7	7-15	15

Por otros elementos

C o n t e n i d o	CLASE DE AGUA		
	I	II	III
% Na	30-60	30-75	70-75
B (mg/l)	0.5-1.5	0.5-2.0	2.0-3.75
Cl me/l)	2-5.5	2-16	6-16
SO ₄ (me/l)	4-10	4-20	12-20
C.E. mmhos/cm.	500	500-3000	2500-3000
Sales totales	700	350-2100	1750-2100

Un límite para el uso del agua en riego, aunque independiente de su grado de contaminación pero relacionado con ella, es la relación de adsorción de sodio (RAS):

c) Agua para la Industria.

Los requerimientos de calidad del agua en la industria es de gran complejidad, siendo muy amplia y variada no sólo por el tipo de industria sino también porque una misma fábrica puede utilizarla para diferentes actividades; tampoco ha sido posible establecer con precisión cantidades determinadas para ciertas industrias.

Las industrias en general solicitan el agua con características rela

$$RAS = \frac{Na}{\left[\frac{1}{2} (Ca + Mg) \right]^{1/2}}$$

donde Na, Ca y Mg son las concentraciones de los iones en miliequivalentes por litro de agua.

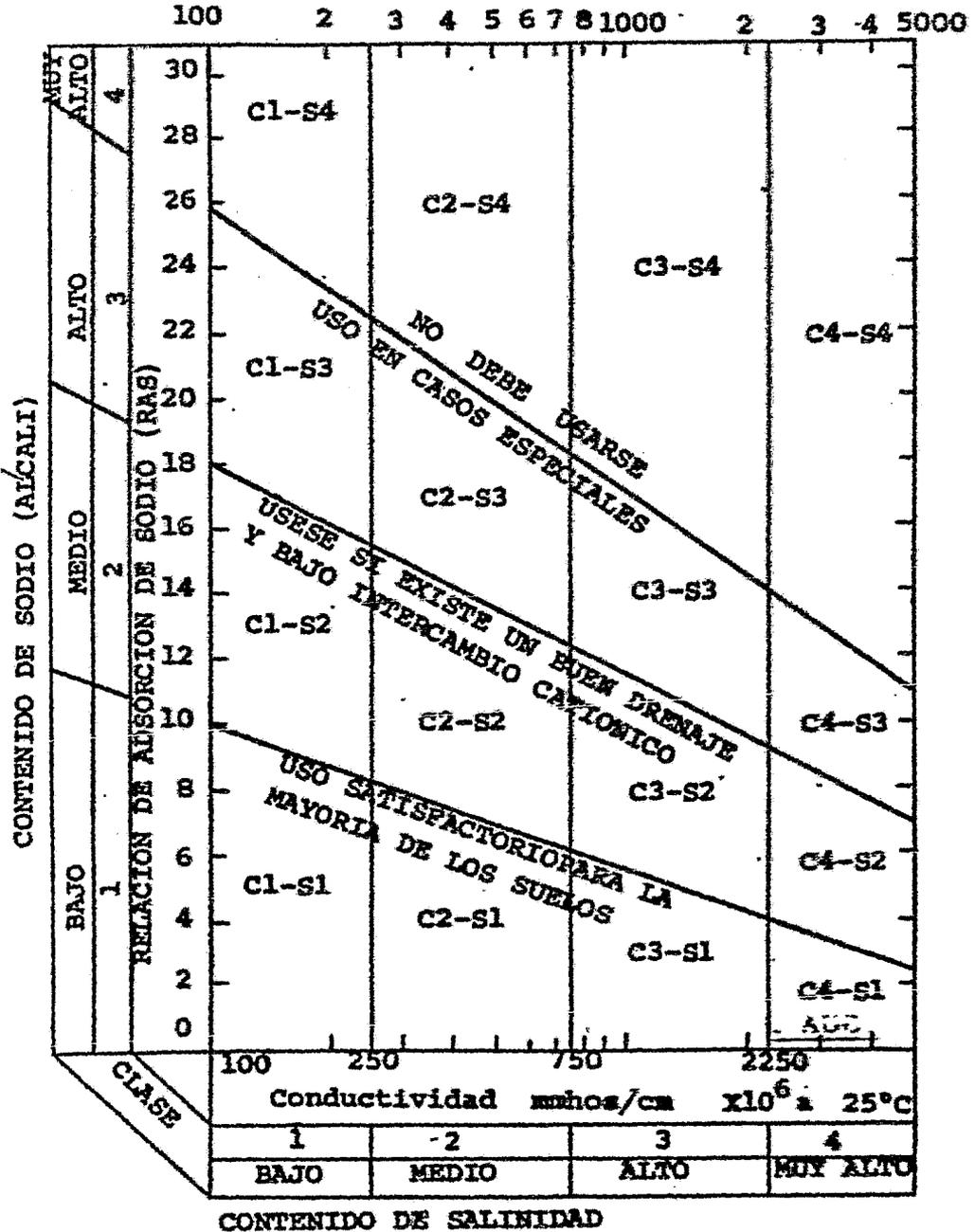


DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DEL AGUA PARA RIEGO

CALIDAD RECOMENDABLE DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL (*)

Industrias y Proceso	Color ppm	Alcalinidad ppm (CaCO ₃)	Cloruro ppm	Dureza ppm (CaCO ₃)	Hierro ppm	Manganeso ppm	NO ₃ ppm	pH	SO ₄ ppm	Sólidos disueltos ppm	Sólidos en suspensión ppm	SiO ₂ ppm	Ca ppm	Mg ppm	HCO ₃ ppm	
TEXTIL																
Talla	5			25	0.3	0.05		6.5-10		100	5.0					
Limpieza	5			25	0.1	0.01		3.0-10.5		100	5.0					
Blanqueado	5			25	0.1	0.01		2.0-10.5		100	5.0					
Tañido	5			25	0.1	0.01		3.5-10		100	5.0					
PAPEL																
Mecánico	30		1000		0.3	0.1		6-10								
Químico																
Crudo sin blanquear	30		200	100	1.0	0.5		6-10			10	50	20	12		
Blanqueado	10		200	100	0.1	0.05		6-10			10	50	20	12		
QUIMICA																
Alcalis y sorna	10	80		140	0.1	0.1		6-8.5			10		40	8	100	
Aiquitrán de hulla	5	50	30	190	0.1	0.1		6.5-8.3	200	400	5		50	14	60	
Orgánico	5	125	25	170	0.1	0.1		6.5-8.7	75	250	5		50	12	128	
Inorgánica	5	70	30	250	0.1	0.1		6.5-7.5	90	425	5		60	25	210	
Plásticos y Resinas	2	1.0	0	0	0.005	0.005	0	7.5-8.5	0	1.0	2.0	0.02	0	0	0.1	
Goma sintética	2	2	0	0	0.005	0.005	0	7.5-8.5	0	2.0	2.0	0.05	0	0	0.5	
Farmacéutica	2	2	0	0	0.005	0.005	0	7.5-8.5	0	2.0	2.0	0.02	0	0	0.5	
Jabón y Detergentes	5	50	40	130	0.1	0.1			130	300	10.0		30	12	60	
Pinturas	5	100	30	150	0.1	0.1		6.5	125	270	10		37	15	125	
Goma y madera	20	200	500	900	0.3	0.2	5	6.5-8.0	100	1000	30	50	100	50	250	
Fertilizantes	10	175	50	250	0.2	0.2	5	6.5-8.0	150	300	10	25	40	20	210	
Explosivos	8	100	30	150	0.1	0.1	2	6.8	150	200	5	20	30	10	120	
Petróleo			300	350	1.0			6.0-9.0		1000	10		75	30		
HIERRO Y ACERO																
Volado en caliente								5.9								
Volado en frío								5.9			10					
VARIAS																
Frutas y vegetales																
Enlatados	5.0	250	250	250	0.2	0.2	10	6.5-8.5	250	500	10	50	100			
Bebidas suaves	10	85			0.3	0.05										
Curtido de pieles	5		250	150	50			6.0-8.0	250				60			
CEMENTO		400	250		25	0.5		6.5-8.5	250	600	500	35				

(*) Como ejemplo para otros compuestos y otras industrias.

tivamente constante siendo de preferencia las de calidad para bebida, - que en caso de contener elementos indeseables, se eliminarán a través de los procesos de potabilización, pero si requieren aún mejor calidad, bastará un tratamiento adicional que estará a cargo del usuario.

Existen algunos estudios bastante completos con respecto a las normas de calidad requeridas para el agua en algunas industrias mientras que para otras solo se han realizado de un modo general.

Dentro de las industrias de mejor se han estudiado se hallan las del aluminio, del cobre, concreto, cervecerías, bebidas carbonatadas, dulcerías, lecherías, procesos generales de alimentos y lavanderías. Ver algunos ejemplos en la tabla de la página siguiente.

d) Desarrollo y Protección de Fauna

Está limitado este uso según la salinidad para efectos de bebida de acuerdo a la tolerancia para algunos animales como puede ser la siguiente:

ANIMAL	Salinidad concentración Máxima
Aves de corral	2860 mg/l
Cerdos	4250 "
Caballos	6435 "
Ganado Lechero	7150 "
Ganado para carne	10000 "
Ovinos adultos	12900 "

Otra clasificación basada en la capacidad de desarrollo indica para este uso:

TIPO DE AGUA	Concentración salina	
Buena	2500	mg/l
Aceptable	2500-3500	"
Pobre	3500-4500	"
Inapropiada	más de 4500	"

Y todavía más tolerable, esta otra bajo el mismo concepto anterior:

TIPO DE AGUA	Concentración salina	
Excelente	0-100	mg/l
Buena	1000-4000	"
Satisfactoria	4000-7000	"
Insatisfactoria	más de 7000	"

E) AGUA PARA PROPAGACION DE PECES Y VIDA ACUATICA

Interviene para este uso una gran cantidad de limitantes entre los que destacan los siguientes:

- a) Oxígeno disuelto no menos de 5 mg/l
- b) pH de 6.7 a 8.6 como límites extremos de 6.3 a 9.0
- c) Conductividad eléctrica a 25°C de 150 a 500 mho x 10⁻⁶ con un -
máximo de 1000 a 2000 mho x 10⁻⁶ en escurrimientos sobre áreas
alcalinas
- d) CO₂ libre de 5.9 mg/l (3 ml/l)
- e) Amoníaco no más de 1.5 mg/l
- f) Sólidos suspendidos tales que permitan la penetración de la luz -
a no menos de 5 m.

Otras limitantes de tipo bacteriológico son las siguientes:

El NMP no debe exceder de 70 por 100 ml y no más del 10 por ciento de las muestras pueden sobrepasar un NMP de 230 por 100 ml.

En áreas restringidas esos valores pueden ser 10 veces mayores, pero si lo provocan descargas industriales, debe desecharse.

Existe otra clasificación que data de 1956 que es más tolerable.

Agua aceptable	NMP 16000/100 ml
Agua aceptable bajo ciertas condiciones	NMP 16000/100 ml
Agua indeseable	NMP mayor de 160000/100 ml

F) AGUA PARA NATACION

Queda limitado por las tres principales condiciones

1. - Agradable aspecto sin materia flotante, color ni olor ofensivo.
2. - Sin sustancias tóxicas a la ingestión o a la irritación a la piel.
3. - Libre razonablemente de organismos patógenos.

La más importante es la última, ya que se ha observado que durante las temporadas vacacionales se enferman de fiebre tifoidea una de cada 950 personas cuando existen 1000 colis por 100 ml. y se enferman de diarrea entérica una de cada 50 personas bajo esas misma proporción de colis.

Por seguridad debe adoptarse la siguiente clasificación:

<u>Clase de agua para baño</u>	<u>NMP x 100 ml</u>
Buena	0 - 50
Dudosa 1	51 - 500
Mala	501 - 1000
Muy mala	Más de 1000

En general se aceptan los límites para agua potable con valores - hasta de 300 por ciento; pH 6.5 a 8.5; detergentes no más de 1.0 mg/l.

G) AGUA PARA CANOTAJE Y DISFRUTE ESTETICO

Las aguas para recreación pero no para natación, pueden contener valores del NMP hasta de 5000/100 ml durante las temporadas de vacaciones. La superficie debe estar libre de sólidos flotantes. El contenido de ABS no debe exceder de 1.0 mg/l a fin de evitar la formación de espuma.

H) AGUA PARA ENERGIA Y NAVEGACION

Para este uso el agua debe estar libre de sustancias tales como: - ácidos, alcalis y salinidad excesiva que acelere la corrosión y deterioro de ductos y vehículos; de sólidos flotantes; sedimentos y sólidos suspendidos; materia orgánica putrecible que genere malos olores; algas, - gusanos; aceites que pudieran provocar incendios.

TABLA NUM. 3
VALORES MAXIMO PERMISIBLES DE SUBSTANCIAS
TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES

Límite máximo en miligramos por litro

Clasificación (Tabla 2) Bibliografía	DA	DI	DII	DIII
	w	w	x,y	w,x
Arsénico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	-
Boro	1.00	1.00	-	2.0
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.1	1.0
Cromo hexavalente	0.05	0.05	0.1	5.00
Mercurio	0.005z	0.005z	0.01	-
Plomo	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.20	0.02	-
Fenoles	0.001	0.001	1.00	-
Sustancias activas al azul de metileno (detergentes)	0.50	0.50	3.0	-
Extractables con Cloroformo	0.15	0.15	-	-
PLAGUICIDAS				
Alurin	0.017	0.017		
Clordano	0.003	0.003		
D.D.T.	0.042	0.042		
Dieldrin	0.017	0.017		
Endrin	0.001	0.001		
Heptacloro	0.018	0.018		
Epóxico de heptacloro	0.018	0.018		
Lindano	0.056	0.056		
Metoxicloro	0.035	0.035		
Fosfatos orgánicos con carbamatos	0.100	0.100		
Toxaleno	0.005	0.005		
Herbicidas totales	0.100	0.100		
RADIATIVIDAD				
PICOCURIES POR LITRO				
Beta	1.000	1.000	1.000	
Radio-226	3	3	3	
Estroncio	10	10	10	

Tabla Núm. 2

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

Clase	Usos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		pH	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Bacterias Coliformes NMP (Organismos/100 ml)	Aceites y Grasas (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Turbiedad (U.T.J.)	Color (Escala Platino Cobalto)	Olor y Sabor	Nutrientes Nitrógeno y Fósforo	Materia Flotante	Substancias Tóxicas
				Límite Mínimo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo		
DA	Abastecimiento para sistemas de agua potable e industria alimenticia con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos DI, DII y DIII	6.5 a 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.0	200 fecales (b)	0.76	No mayor de 1000	10	20	Ausentes	(c)	Ausente	(d)
DI	Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) e industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	1000 fecales (e)	1.0	No mayor de 1000	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)
DII	Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora, fauna y usos industriales.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	10,000 coliformes totales como promedio mensual; ningún valor mayor de 20,000 (h)	Ausencia de película visible	No mayor de 2000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)
DIII	Agua para uso agrícola e industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	3.2	1000 (j) y libre para los demás cultivos.	Ausencia de película visible	(i)	C.N.	C.N. más 10		(c)	Ausente	(d)
DIV	Agua para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos)	5.0 a 9.5		3.2									(d)

pH = Potencial hidrógeno

U.T.J. = Unidades de turbiedad Jackson

C.N. = Condiciones naturales

179-6

APENDICE 8

REGLAMENTO PARA LA PREVENCION Y CONTROL
DE LA CONTAMINACION DE AGUAS

TABLA Núm. 1

DE MAXIMOS TOLERABLES

I. -	Sólidos Sedimentables	1.0 ml/l
II. -	Grasas y aceites	70 mg/l
III. -	Materia flotante	Ninguna puede ser retenida por malla de 3mm. de calibre libre libre cuadrado.
IV. -	Temperatura	35°C
V. -	Potencial hidrógeno p. H.	4.5 - 10.0

CONCLUSIONES

1. - Dada la gran importancia de la calidad del agua (a nivel mundial) ésta debería reglamentarse con fundamentos en las leyes del Derecho Internacional aplicadas a tierra y mar.
Lo anterior se menciona para dar un uso adecuado del agua y -- preservarla de la contaminación atómica. petrolera, doméstica e industrial en general.
2. - México, mediante el Plan Nacional de Desarrollo Urbano que se ha dividido en Distritos de Control de calidad de agua, según la jerarquía o prioridad de los 3 tipos (A, B, C) antes mencionados - tiene una de las posibles soluciones equilibradas para mejorar la

calidad del agua a nivel nacional.

Otro aspecto de interés común, es el llamado Índice de Calidad que ayudará a las Dependencias Oficiales, a evaluar los progresos logrados en los programas de manejo de la calidad del agua.

3. - Con los análisis e interpretaciones de los mismos, (Físicos, Químicos y Biológicos) es posible dar tratamiento y solución a los problemas que al respecto son encomendados al ingeniero.
4. - De acuerdo a los múltiples usos que se da al agua, éstos requieren de parámetros de calidad que indiquen el uso correcto de la misma, para cada caso en particular.

Es por esto que deberá considerarse plenamente la justa interpretación de la legislación y dar acciones concretas sobre el control de la calidad del agua que persigue como principal objetivo el adecuado desarrollo y progreso de la humanidad.

BIBLIOGRAFIA

- Diario Oficial 23 de marzo de 1971.
Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental.
- Eskel Nordel
Tratamiento de aguas para la industria y otros usos.
Compañía Editorial Continental, S.A.
- Frank N. Kemmer
John McCallion
- Manual del agua
Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones
Nalco Chemical Company
1a. Edición
Editorial Mc Graw-Hill de México
- Apuntes de Contaminación de Aguas
Facultad de Ingeniería
Ing. Ernesto Murguía Vaca
- Mark J. Hammer
Water and Waste - Water Technology Sí Versión
- Segundo Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Volumen II
Monterrey, N.L. Diciembre 4, 5 y 6 de 1980
- The American Water Works
Association, Inc. Third Edition
A Handbook of public Water Supplies
Water Quality & Treatment.