

Nº 107
265



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**“ SELECCION Y COMPROBACION DE LA
REPRODUCIBILIDAD DE ALGUNOS METODOS PARA LA
DETERMINACION DE AGUA RESIDUAL ”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
SILVIA MONTIEL MEZA

MEXICO, D. F.

1992

FALLA DE ORIGEN



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 está 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

LISTA DE TABLAS.....	I
----------------------	---

I INTRODUCCION

1.1 OBJETIVOS	1
1.2 ANTECEDENTES	1

II GENERALIDADES

2.1 EFECTO EN LOS RIOS POR AGUAS RESIDUALES.....	4
2.2 FUNDAMENTOS	21

III PARTE EXPERIMENTAL

3.1 SELECCION DE LA METODOLOGIA ADECUADA A COMPROBAR	26
3.2 DETERMINACION DE pH	42
3.3 DETERMINACION DE TEMPERATURA	44
3.4 DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES	45
3.5 DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE	47
3.6 DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES	48
3.7 DETERMINACION DE COLOR	52
3.8 DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES	55
3.9 DETERMINACION DE DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	57
3.10 DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	62
3.11 DETERMINACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	64
3.12 DETERMINACION DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	73

3.13	DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES	77
3.14	DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD	86
IV	RESULTADOS	91
V	DISCUSION DE RESULTADOS.....	93
VI	CONCLUSIONES.....	96
VII	BIBLIOGRAFIA	98

LISTA DE TABLAS

1	LIMITES DE LAS NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS (NTE) PARA ALGUNAS INDUSTRIAS.....	26
2	DETERMINACION DE pH.....	28
3	DETERMINACION DE TEMPERATURA.....	29
4	DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES.....	29
5	DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE.....	30
6	DETERMINACION DE GRSAS Y ACEITES.....	30
7	DETERMINACION DE COLOR.....	31
8	DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES.....	31
9	DETERMINACION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.....	32
10	DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	32
11	DETERMINACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO....	33
12	DETERMINACION DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES).....	33
13	DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES (NMP).....	34
14	DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD.....	34
15	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA AGUAS RESIGUALES.....	35
16	PARAMETROS PARA CONDICIONES PARTICULARES DESCARGA....	37
17	TABLA DE MUESTREO (DIARIO OFICIAL DEL 20 DE SEPTIEMBRE DE 1991).....	38
18	TABLA DE MUESTREO.....	38

19	MÉTODOS APLICABLES PARA LA SELECCION.....	40
20	MÉTODOS SELECCIONADOS.....	41
21	UNIDADES DE COLOR SOLUCION PLATINO-COBALTO.....	54
22	DILUCIONES RECOMENDADAS PARA DBOs.....	67
23	COLIFORMES TOTALES (NMP) PARA TRES TUBOS.....	83
24	COLIFORMES TOTALES (NMP) PARA CINCO TUBOS.....	85
25	RESULTADOS.....	91

I INTRODUCCION

1.1 OBJETIVOS

- SELECCIONAR LA METODOLOGIA PARA EFECTUAR CONTROLES ANALITICOS EN EL AGUA RESIDUAL
- VERIFICAR QUE LOS METODOS SEAN REPRODUCIBLES EN EL RANGO DE SENSIBILIDAD PREDETERMINADO

1.2 ANTECEDENTES

La problemática existente de no tener un control adecuado sobre el agua residual, crea la necesidad de cuantificar algunos parámetros y así facilitar el tratamiento de la misma.

Este trabajo pretende seleccionar metodología analítica adecuada para el control del agua residual, así como su correspondiente verificación y de esta manera tener datos confiables de los parámetros seleccionados, para su posterior tratamiento.

Hasta hace pocos años había poca tendencia a volver usar o recircular las aguas de desecho, sin embargo, en los últimos años un buen número de factores se han combinado para cambiar esta situación, dichos factores son tres tipos: a) La escasez de abastecimientos de agua, debido al incremento de la demanda de los usuarios domésticos e industriales; b) Factores gubernamentales que a través de las leyes pretenden salvaguardar el abastecimiento de agua potable tanto en calidad como en cantidad; y c) Factores

económicos, como son: el aumento del costo del agua potable, y el alto costo de tratamiento, para cumplir rigurosamente con las condiciones permitidas de descarga.

El significado sanitario de los diferentes contaminantes puede ser para:

pH. Las aguas ácidas o alcalinas poseen propiedades corrosivas, haciéndose necesario un tratamiento previo a su uso, es muy importante controlar la acidez en tratamientos de agua, sobre todo en procesos biológicos, donde se puede tener un pH de 6 a 9.5, ya que una variación dentro de este intervalo inhibe el crecimiento bacteriano.

TEMPERATURA. Influye notablemente en las características físicas y biológicas de los cuerpos receptores de agua. El efecto de la temperatura sobre los problemas de autopurificación, juega un papel fundamental, afectando la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuelto y la rapidez de aereación.

BACTERIAS COLIFORMES TOTALES. Se les denomina también bacilos entéricos, su origen es intestinal, humano o animal, se considera que los coliformes fecales son más seguros como indicadores de contaminación fecal que los enterococos (estreptococos).

GRASAS Y ACEITES. El término aceites representa una amplia variedad de hidrocarburos de origen mineral, Grasas y Aceites pueden estar presentes en alguna emulsión o en solución, en general, son todas las sustancias extractables con n-hexano,

el sabor del agua y de los peces.

SOLIDOS DISUELTOS TOTALES. La cantidad y naturaleza de los sólidos disueltos que se presenta en los líquidos, varía enormemente y nos da una medida rápida de las variaciones de los contaminantes solubles en las aguas de desecho, la medición de este parámetro, proporciona una idea del volumen a usar de muestra en las determinaciones químicas.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO. Es una medida de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica en una muestra de aguas residuales, por medio de una población microbiana heterogénea. Algunos materiales orgánicos no pueden ser oxidados por microorganismos comunes, lo que implica que, este debe de ser adaptado al grado de contaminación del desecho.

DEMANDA QUIMICA. Es la medida de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica e inorgánica.

SOLIDOS SEDIMENTABLES TOTALES. Es uno de los parámetros usados para valorar el índice de contaminación de las aguas residuales y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento, en trabajo de control de la contaminación de corrientes, se considera que todos los sólidos suspendidos son sólidos sedimentables no siendo el tiempo un factor limitante.

II GENERALIDADES

2.1 EFECTOS EN LOS RIOS POR AGUAS RESIDUALES

Todas las aguas residuales afectan de algún modo la vida vegetal y animal de una corriente. Cuando este efecto es suficiente para hacer que la corriente no sea aceptable para su "mejor utilización" se dice que esta contaminada.

Los rios pueden asimilar cierta cantidad de residuos antes de llegar a estar contaminados. En líneas generales cuando más caudalosos, rápidos y más aislados los cursos de agua y no hayan sido utilizados, más capaces son de tolerar una cantidad mayor de aguas residuales; pero una cantidad excesiva de cualquier tipo de contaminante produce perjuicios. Calificar una corriente como contaminada, significa en términos generales, que la corriente tiene una concentración excesiva de uno o varios contaminantes específicos. Pueden causar contaminación las materias siguientes:

- Sales inorgánicas.
- Temperatura elevada.
- Ácidos o álcalis.
- Productos químicos tóxicos.
- Materia orgánica.
- Microorganismos
- Sólidos en suspensión
- Materiales radiactivos
- Colorantes

LAS SALES INORGANICAS estan presentes en la mayor parte de los residuos industriales, lo mismo que en la propia naturaleza "endurecen" el agua y hacen que no sea utilizable para usos industriales, domésticos o agrícola. Se indica a continuación solamente algunos de los muchos problemas que crea la utilización de agua dura.

Las aguas cargadas de sales producen incrustaciones en los sistemas de distribución de aguas aumentando la resistencia a la circulación y disminuyendo su capacidad de transporte. Las aguas duras dificultan el teñido en la industria textil, la elaboración de la cerveza y rebajan la calidad del producto en la industria de conservas. El sulfato magnésico, un constituyente que es particularmente molesto en las aguas duras, tiene efectos purgantes en las personas. El ion cloruro aumenta la conductividad del papel, aislante eléctrico; el hierro produce señales y manchas en las telas blancas manufacturadas en las fabricas textiles y en los papeles de calidad producidos en las fabricas de papel y los carbonatos originan una capa dura en los guisantes tratados en las fabricas de conservas. Otros tipos de aguas duras producen incrustaciones en los tubos de las calderas de forma que dificultan la trasmisión de calor al agua.

Otra desventaja es que, bajo condiciones adecuadas, las sales inorganicas, especialmente nitrógeno y fósforo, aumentan el crecimiento de los seres de vida microscópica y algas en aguas superficiales. Aunque las algas son una forma secundaria de

contaminación, pueden ser de extremada importancia. Tiene la ventaja que añade oxígeno disuelto, pero es perjudicial la carga orgánica con que contribuyen después de su muerte. Se presta poca atención por los responsables del control de aguas residuales.

El papel del fósforo es diverso y complicado, pero se sabe que en ausencia del fósforo no hay posibilidad de vida para las algas.

Hay otro aspecto del problema, una ausencia total de sales produce una agua corrosiva y/o sin gusto, mientras que un grado de dureza aumenta el desarrollo de una película protectora en la superficie y da al agua más sabor.

Los fabricantes de pan, por ejemplo, consideran que cierta concentración de sulfato cálcico ayuda a obtener una certeza de color dorado en el pan. Es por lo tanto conveniente que algunas sales inorgánicas estén presentes en el agua ; la cantidad más que la presencia, es el factor importante.

Una forma evidente de contaminación existe en las costas de California del Sur y Florida, lo mismo en Texas y Arizona donde la extracción abusiva de aguas subterráneas han facilitado la intrusión de aguas saladas en los acuíferos que anteriormente eran de agua dulce.

Los ACIDOS Y/O ALCALIS descargados por plantas industriales o de otro tipo hacen que un río no sea utilizable para usos recreativos como el baño o pasear en barca, ni para la propagación de los peces u otra forma de vida acuática. Concentraciones elevadas de ácido sulfúrico suficientes para bajar el pH a niveles

de 7.0 cuando no hay cloro libre presente, se ha demostrado que causa irritación a los nadadores, rápida corrosión en los cascos de los buques y el deterioro acelerado de las redes de los pescadores. La toxicidad del ácido sulfúrico para la vida acuática es función del pH que resulte, por ejemplo una dosis que puede ser mortal en aguas blandas, puede no tener importancia en aguas con características reguladoras o en aguas duras. Generalmente se esta de acuerdo que el pH en una corriente no debe ser menor de 4.5, ni mayor de 9.5 si se pretende que los peces sobrevivan. Sin embargo se puede encontrar pH tan bajos como de 2 y tan altos como de 11 en la aproximidad de vertidos industriales.

El hidróxido de sodio, para citar un ejemplo de álcali muy soluble en agua afecta a la alcalinidad y al pH. Se encuentra en aguas residuales de muchas industrias incluyendo la de jabón, tintes, de reutilización de neumáticos y curtidos de pieles. Se ha demostrado que corrientes que contengan tan sólo 25 ppm son mortales para los peces. Este álcali en aguas de caldera puede, por su acción cáustica causa fragilidad en las conducciones. Las plantas de tratamiento de agua pueden estar también peligrosamente afectadas por estos contaminantes, por ejemplo, las plantas que usan sulfato de alúmina como coagulante, a menudo se encuentran con concentraciones de ácidos o álcalis que dificultan la formación de los flóculos.

Difos de los procesos afectados por la utilización de aguas con ciertos valores de pH son la velocidad de las fermentaciones

industriales, la calidad de pasta en la cocción, el sabor de las bebidas suaves, la actividad de la levadura en la formación de la cerveza, el gusto de las bebidas dulces enlatadas, especialmente en los tomates, la limpieza de metales industriales y la producción de gelatinas y gomas. Un bajo pH puede producir la corrosión en el equipo de acondicionamiento de aire y el pH mayor de 9.5 aumenta el efecto de limpieza.

La MATERIA ORGANICA consume el oxígeno de los ríos y crea olores y gustos desagradables, en general condiciones sépticas. Los peces y la mayor parte de la vida acuática se asfixia por la falta de oxígeno y la concentración de éste combinada con otras condiciones determinan en los ríos la vida o la muerte de los peces. Se sabe, en general, que el límite para supervivencia de los peces es de 3 o 4 ppm de oxígeno disuelto. Sabemos que algunas especies no pueden sobrevivir en aguas que contienen 3 ppm de oxígeno disuelto, mientras que otras especies pueden o no ser afectadas, ni siquiera levemente, por la misma cantidad, tan baja, en el nivel de oxígeno. Por ejemplo, la trucha es un pez muy sensible y que necesita concentraciones de oxígeno de, por lo menos 5 ppm mientras que la carpa es un animal que se alimenta de peces muertos y es capaz de sobrevivir en aguas que sólo contienen 1 ppm de oxígeno.

Este déficit de oxígeno causado por la materia orgánica, se considera como el factor más recusable en la contaminación de los ríos.

Algunos productos químico-orgánicos como los fenoles, afectan el gusto de los abastecimientos de aguas. Si los ríos que contienen fenoles se difunden a los pozos cercanos, se producen sabores medicinales molestos y, además, hay materia orgánica, menos evidente, que pueden causar enfermedades o, por lo menos molestias.

Los SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN precipitan en el fondo o se depositan en el fondo de las orillas y se descomponen causando olores y la disminución de oxígeno en las aguas del río. Frecuentemente, los peces se mueren a causas de la súbita baja del contenido de oxígeno en la corriente y los sólidos que precipitan en el fondo pueden cubrir las zonas del desove y reducirse la propagación. Si hay lodos apreciables a simple vista, se crean condiciones desagradables, e impiden la utilización del río para recreo. Estos sólidos también aumentan la turbiedad de las aguas. Aunque en cada corriente es diferente la cantidad de sólidos que pueden transportar sin peligro, la mayor parte de las autoridades de control de la contaminación especifican que los sólidos pueden ser vertidos únicamente si su concentración no impide la utilización adecuada de las aguas.

Los SÓLIDOS Y LÍQUIDOS FLOTANTES comprenden aceites, grasas y materias que flotan en la superficie, dando al río aspecto desagradable e impidiendo el paso de la luz a través del agua, retardando el crecimiento de las plantas. Algunas objeciones específicas a las grasas en las corrientes son: 1) Interfieren en

reaeración natural. 2) Son tóxicos a ciertas especies de peces y vida acuática; 3) Crean un peligro de incendio cuando están presentes en el agua superficial en grandes cantidades; 4) Destruyen la vegetación a lo largo de los cauces con la consecuente erosión; 5) Hacen que no se puedan utilizar el agua para alimentación de calderas o refrigeración; 6) Causan dificultades en los tratamientos de aguas, dando sabor y olor y produciendo en los filtros de arena de una película muy fuerte; 7) Crea una película desagradable en la superficie del agua ; 8) Desciende el valor potencial para recreo, por ejemplo para pasear en barca.

AGUA A ELEVADA TEMPERATURA. Un incremento en la temperatura de la corriente por un vertido, como agua de condensadores, tiene diferentes aspectos adversos. Las aguas de los ríos que varían de temperatura rápidamente son de tratamiento difícil en las plantas municipales e industriales y una corriente con temperatura elevada tiene menos valor para refrigeración industrial, puede afectar de tal forma la temperatura de la corriente a una industria próxima, río abajo, que no pueda utilizarla. Por otra parte, como el agua caliente tiene una menor densidad que la fría se produce una estratificación que es causa de que la mayor parte de los peces se retiren a la zona profunda de la corriente, puesto que hay menos oxígeno disuelto en el agua caliente que en la fría, la vida acuática sufre y hay menos oxígeno para la degradación natural biológica de cualquier contaminación orgánica descargada en la

aguas superficiales calientes. Tambien se incrementa la acción bacterial en algunas temperaturas, lo que produce una acelerada disminución de los recursos de oxígeno en el río.

COLOR producido por fábricas de papel y textiles, curtidos, mataderos y otras industrias, es un indicador de la contaminación. Los componentes presentes en las aguas residuales absorben una cierta longitud de onda de luz y reflejan las restantes, un hecho conocido para indicar la razón de color en los ríos. El color interfiere con la transmisión de luz solar en la corriente y por lo tanto disminuye la acción fotosintética. Tambien puede interferir la absorción de oxígeno de la atmósfera, aunque no exista una prueba positiva de este hecho.

La contaminación visible frecuentemente causa más problemas a la industria que la contaminación invisible. La contaminación que nos se ve y que no produce molestias es, a menudo tolerada por los organismos estatales, mientras que el color rojo y marrón oscuro de las aguas residuales de las fábricas de papel, los diferentes colores intensos de las aguas residuales de la industria textil y el amarillo de las aguas residuales de las industrias de tratamientos superficiales, producen la indignación pública de las mismas. Es muy humano quejarse de la contaminación visible; el valor de la propiedad decrete a lo largo de un río que esta contaminado visiblemente y muy poca gente nadará, paseará en barca o pescará en una corriente que esta fuertemente coloreada por aguas industriales residuales. Ademas las plantas de tratamiento

municipales e industriales tienen una gran dificultad y muy poco éxito para eliminar el color del agua bruta.

PRODUCTOS QUIMICOS TOXICOS. Tanto los productos orgánicos como los inorgánicos incluso en las concentraciones tremendamente bajas, pueden ser peligrosos para los peces de agua dulce y para diferentes microorganismos acuáticos. Mucho de estos compuestos no se eliminan en las plantas urbanas de tratamiento y tienen un efecto acumulativo en el sistema biológico. Algunos insecticidas como el tosafero, dieldrin y diclorobenceno han producido la muerte de peces en estanques y corrientes.

Los insecticidas usados en el algodón y el tabaco tienen su máximo efecto después de las lluvias, puesto que son más letales en solución pero los insecticidas y raticidas son difíciles de detectar en una corriente. Sin embargo nuevas técnicas, como la cromatografía en fase gaseosa, puede detectar pesticidas de hidrocarburos clorados en concentraciones de 1 ppm en agua. Los nuevos y complejos compuestos orgánicos producidos por la industria química para diferentes industrias como la textil, han demostrado ser extremadamente tóxicos para la vida animal. Un ejemplo es el acrilonitrilo, materia utilizada en la manufactura de ciertas fibras sintéticas nuevas.

Casi todas las sales, algunas incluso en bajas concentraciones son tóxicas para ciertas formas de vida acuática. Así se sabe que los cloruros son tóxicos para peces de agua dulce en concentraciones de 400 ppm, como son los compuestos de cromo

hexavalentes en concentraciones de 5 ppm. Concentraciones de cobre tan bajas como 0.1 a 0.5 ppm son tóxicas para bacterias y otros microorganismos aunque las larvas de ostras para desarrollarse necesitan una concentración de cobre de 0.05 a 0.06 ppm, concentraciones mayores de 0.1 a 0.05 son tóxicas para algunas especies. Las tres sales se encuentran con frecuencia en las sales de los ríos.

Descargas accidentales o intermitentes, de ciertos materiales tóxicos pueden pasar sin ser descubiertos y sin embargo, pueden impedir la vida de los cursos de agua. La construcción de drenaje de agua de lluvia que vayan directamente al río pueden aportar contaminaciones a causa de una incidencia en un proceso industrial o ignorancia de las consecuencias. Por ejemplo el lavado de un tanque de transporte de productos químicos en los muelles de carga pueden llevar sustancias tóxicas al río por dicha salida.

Compuestos químicos como el P_2O_5 a niveles tan bajos como 0.5 ppm dificultan considerablemente los procesos de coagulación y sedimentan en las plantas de purificación del agua. Para resolver el problema es necesario aumentar la dosis de coagulantes o el tiempo de precipitación. Se ha encontrado que los fenoles en concentraciones mayores de 1 ppb (parte por billón) puede causar daños en el cause. El fenol reacciona con el cloro, incluso en cantidades extremadamente pequeñas, y da al agua resultante un perceptible sabor medicinal.

MICROORGANISMOS. Algunas industrias como las tanerías y mataderos descargan, a veces, aguas residuales conteniendo bacterias. La industria de conservas vegetales y frutas pueden añadir una contaminación bacterial a las corrientes. Estas bacterias son principalmente de dos tipos: a) bacterias que ayudan a la degradación de la materia orgánica cuando los residuos orgánicos se mueven aguas abajo. Este proceso puede ayudar "a sembrar" una corriente (inoculación deliberada con vida biológica en el propósito de degradar la materia orgánica) y modifican la situación de la curva de oxígeno en agua, y b) bacterias que son patógenas, no solamente para otras bacterias, sino también a los humanos. Un ejemplo es el bacilo Antrax que producen las fábricas de curtidos en las cuales se han tratado pieles de animales así infectados.

MATERIAS RADIOACTIVAS. La fabricación de materiales de fisión, la utilización creciente de la energía atómica en tiempos de paz y el proyectado desarrollo de instalaciones de energía atómica, han introducido nuevas complicaciones en el campo de la ingeniería sanitaria. El problema de la disposición de los residuos radioactivos es único, puesto que los defectos de las radiaciones pueden ser inmediatos o tardados y la radiación es un contaminante molesto que tiene efectos acumulativos en las células vivas. Algunos radioisótopos como el ^{90}Sr y ^{137}Co continúan cediendo energía durante largos periodos (varias generaciones de la raza humana). Esta radiación no se detecta fácilmente por los métodos

métodos empleados usualmente para determinar la presencia de contaminantes en el ambiente. Además las características biológicas e hidrológicas de una corriente pueden tener una profunda influencia en la asimilación de la radioactividad.

LOS COMPUESTOS QUE PRODUCEN ESPUMAS como los que se vierten en las fabricas de papel y las plantas químicas dan aspectos desagradable al río que los recibe. Es un indicador de la contaminación y frecuentemente es más molesto en el río que la falta de oxígeno. Se han juzgado y ganado más reclamaciones basadas en el aspecto del río que en presencia de contaminantes que no se aprecian a simple vista.

FACTORES PRINCIPALES CONSIDERADOS POR LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.

Es completamente natural que los industrias consideren que sus aguas residuales pueden ser eliminadas de la mejor forma por el sistema de aguas residuales urbanas y los responsables del municipio, frecuentemente, consideran que es su obligación aceptar los residuos que fluyen al sistema de tratamiento de la ciudad. Sin embargo, las autoridades de la ciudad no deben aceptar ningún vertido de aguas residuales en el sistema de alcantarillado sin tener una información completa sobre las características de las aguas, la posibilidad de tratamiento para depurarlas y efectos de estas aguas sobre todos los componentes del sistema de tratamiento del agua de la ciudad. El único medio para proteger al sistema es

el establecimiento de una reglamentación sobre la utilización de los colectores, indicando los tipos o las concentraciones de las aguas residuales admitidas en ellos que van a un planta de tratamiento.

Para depurar los vertidos industriales, una planta de tratamientos de aguas residuales urbanas debe tener una capacidad suficiente y de ser del tipo apropiado. Teóricamente una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas podría ser proyectada para tratar cualquier tipo de aguas residuales industriales, pero actualmente, no suelen estar preparadas para ello. El tratamiento conjunto de las aguas residuales industriales y urbanas pueden dar mayores rendimientos pero el factor económico, normalmente puede ser decisivo.

Las características contaminantes que tienen efectos secundarios en los colectores y en las plantas de tratamiento, se pueden clasificar en una forma general como sigue: 1) Demanda Bioquímica de Oxígeno; 2) Sólidos en Suspensión; 3) Materiales Flotantes y Coloreados; 4) Volumen y 5) Otros Componentes Peligrosos.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO), Se produce normalmente por la materia disuelta orgánica y coloidal, impone una carga en las unidades de tratamiento biológico de la planta. Hay que aportar oxígeno para que las bacterias puedan crecer y oxidar las materias orgánicas. La adición de una carga de DBO, producida por un incremento de los vertidos orgánicos, exige mayor actividad

bacterial, más oxígeno y una mayor capacidad de tratamiento biológico. Esto obliga a un incremento de los gastos de instalación y funcionamiento.

Sin embargo, toda la materia orgánica disuelta o coloidal no se oxida en la misma proporción, con la misma facilidad o el mismo grado. Los azúcares, por ejemplo, se oxidan más fácilmente que el almidón, las proteínas o las grasas. La proporción de descomposición de la materia orgánica industrial puede ser por lo tanto más rápida o lenta que las aguas residuales urbanas y esta diferencia debe de ser considerada en el proyecto y funcionamiento de las unidades biológicas. Antes de que la industria privada se embarque en una aventura de tratamiento conjunto con la ciudad, se debe determinar la oxibilidad de los residuos industriales por la utilización de un Warburg y otros ensayos similares de respiración que miden instantáneamente el oxígeno utilizado y el dióxido de carbono producido por varias soluciones.

LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN se encuentran en considerable cantidad en muchos vertidos industriales como los efluentes de fábricas de conservas y papeleras. Se eliminan por rejillas y/o precipitan de las aguas residuales de la planta en tratamiento. Los sólidos separados por precipitación y retirados de la corriente se llaman lodos que pueden sufrir una descomposición anaeróbica conocida como digestión y bombeada a las áreas de secado o a los filtros de vacío para extracción del agua residual. Algunos sólidos en suspensión que se precipitan en las aguas

industriales residuales como por ejemplo, arenas finas y precipitados de metales insolubles, pueden interferir en la digestión de los lodos.

Los sólidos en suspensión de las aguas residuales pueden precipitar más o menos rápidamente que la materia en suspensión del agua residual urbana. Si los sólidos industriales precipitan más o menos rápidamente que la materia en suspensión de las aguas residuales urbanas, los lodos se deben retirar a intervalos menores para prevenir un precipitado excesivo. Los lodos viejos pueden "flotar" en el depósito lo que producirá un aumento en el efluente. Un vertido industrial que precipita rápidamente puede acelerar la precipitación de sólidos en las aguas residuales urbanas, uno que precipita lentamente puede exigir un período mayor de retención, mayores depósitos y aumento de la probabilidad de descomposición de los lodos con sus correspondientes molestias durante los periodos de su débil caudal. Sin embargo, independientemente de la velocidad de precipitación, la cantidad de los lodos que se bombea de los sistemas de precipitación en las plantas de tratamiento se puede incrementar por la adición de vertidos industriales.

MATERIAS FLOTANTES Y COLORANTES, como aceites, grasas y tintes de fábricas de acabados textiles, son molestias desagradables y visibles. La contaminación visible rechaza el desarrollo de la comunidad o zona, puesto que desalienta el camping, paseos en barca, nadar y pescar, distracciones indispensables para la vida

de la comunidad física y mentalmente sana y, las industrias se resisten a instalarse en una corriente que está visiblemente contaminada. La falta de industrias retrasa el crecimiento de las ciudades, regiones y provincias, ya que el menor dinero obtenido como impuestos, significa menor progreso. Es por lo tanto necesario que estas molestias como color y materia flotante sean eliminadas de las aguas residuales de las plantas de tratamiento.

Una planta de tratamiento moderna debe de eliminar las grasas de los tanques primarios de sedimentación pero las altas cargas anormales de grasas, fuertemente emulsionadas de las lavanderías, mataderos, plantas de preparación, etc., que pasan por las unidades primarias pueden obstruir los sistemas de la salida del aire en las unidades biológicas. Una avería prolongada de éstas unidades, puede causar la precipitación de la corriente y la súbita pérdida de la vida de la misma.

COLOR. Su eliminación por medio de unidades de las plantas del tratamiento de aguas residuales es un problema difícil y se han hecho muy pocos esfuerzos para encontrar solución efectiva. Se encontró que las plantas de filtros bacterianos en Carolina del Norte estaban eliminando entre el 34 y 44% de color de los tintes en los efluentes. Por otra parte una planta primaria sobrecargada, aumenta el 12% al pasar por la misma. Es esencial el conocimiento del tipo y medida del color, puesto que, hay mucha materia coloreada. Las plantas de tratamiento de aguas residuales no se proyectan generalmente para eliminar el color, así que, cualquier

reducción de este constituyente es una coincidencia afortunada pero, a causa ya el mencionado daño que se produce en los ríos, las plantas urbanas en el futuro debería de dar una atención mayor a la eliminación del color. Si una industria conoce el tipo y cantidad de materia coloreada en sus vertidos, los ingenieros pueden conocer alguna predicción a la efectividad de la eliminación del color por el tratamiento previsto de las aguas residuales urbanas.

OTROS CONSTITUYENTES PELIGROSOS. Las aguas industriales pueden contener componentes peligrosos además de la carga contaminante. Estos residuos pueden causar daños en el sistema de alcantarillado o en las plantas de tratamiento. Se indican a continuación algunos perjuicios y los efectos complementarios que pueden producirse:

a) Los iones de metales tóxicos (cobre, cromo, zinc, etc.), que impiden la oxidación biológica limitando la acción de las enzimas para oxidar la materia orgánica.

b) Plumas que obstruyen los orificios, sobrecargan los digestores e impiden el funcionamiento normal de las bombas.

c) Trapos que atascan las bombas y válvulas, que interfieren en el adecuado funcionamiento de las rejillas trituradoras.

d) Los ácidos o álcalis que pueden corroer las tuberías, las bombas y las unidades de tratamiento, impiden la sedimentación y la purificación biológica de las aguas residuales, además dan olores e intensifican el color.

f) Depósitos de grasa que obturan los orificios y las bombas y

sobrecargan los digestores.

g) Gases nocivos que son un peligro para los trabajadores.

h) Detergentes que producen espumas en las unidades de aireación.

i) Fenoles y otros componentes orgánicos.

2.2 FUNDAMENTOS

2.2.1 DETERMINACION DE pH

El método se basa en que al poner en contacto dos soluciones de diferente concentración de iones hidrógeno, se establece una fuerza electromotriz. Si una de las soluciones tiene una concentración de iones conocida (pH), por medio de la fuerza electromotriz producida, se puede conocer el pH de la otra solución (solución problema), ya que esta fuerza electromotriz es proporcional al pH de la solución problema.

2.2.2 DETERMINACION DE TEMPERATURA

La temperatura se mide con un instrumento apropiado, debidamente calibrado y debe de efectuarse en el lugar de muestreo.

2.2.3 DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES

Se basa en la propiedad que tienen los materiales sólidos, de asentarse en niveles progresivos de acuerdo a sus diferentes densidades.

2.2.4 DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE

Es el material que flota libremente en la superficie del líquido y que queda retenido en una malla con abertura de 3 mm.

2.2.5 DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES

El método consiste en acidificar una muestra para extraer las grasas y aceites en solución, la grasa es separada por filtración y extraída por un solvente con ayuda del aparato Soxhlet, posteriormente se evapora el solvente y se cuantifica gravimétricamente el material extraído.

2.2.6 DETERMINACION DE COLOR

El color se determina por la comparación visual de la muestra con soluciones coloridas de platino-cobalto y también se pueden determinar con discos-patrón, la unidad de color es la producida por un mg/l de platino en forma de ion cloro platinato.

2.2.7 DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES

El método se basa en la evaporación y calcinación de la muestra en donde los residuos de una y otra operación sirven de base de cálculo de contenido de sólidos.

2.2.8 DETERMINACION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

Se basa en una oxigenación enérgica de la materia orgánica y de la inorgánica oxidable que se encuentra en el agua, en un medio

fuertemente ácido, con una solución valorada de dicromato de potasio. El exceso de agente oxidante se titula con una solución valorada de sulfato ferroso amónico en presencia de un complejo ferroso de o-felantrolina como indicador interno.

2.2.9 DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Ver el punto 2.2.7.

2.2.10 DETERMINACION DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅)

Se basa en la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en el agua y se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto a cabo de cinco días de incubación a 20 °C. Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua.

2.2.11 DETERMINACION DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO

Se basa en la acción de sustancias surfactantes con el azul de metileno que da lugar a la formación de una sal azul soluble en

cloroformo, cuya intensidad de color es directamente proporcional a su concentración. La intensidad de color se mide en un espectrofotómetro, a una longitud de onda de 650-655 nm.

2.2.12 DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES

Se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa.

Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación ya sea a 35-37 °C. Cada uno de los que muestran turbidez con producción de gas se resiembran en un medio confirmativo más selectivo y, cuando se busca E. coli presuntiva, en un medio en el que se puede demostrar producción de indol.

Se lleva a cabo la incubación de estos medios confirmativos hasta por 48 hrs ya sea a 35 ó 37 °C para la detección de organismos coliformes y a 44 °C para organismos coliformes termotolerantes y E. coli.

Mediante tablas estadísticas, se lleva a cabo el cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y E. coli que puede estar presente en 100 ml de muestra, a partir de los números de los tubos que dan resultados confirmativos positivos.

2.2.13 DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD

Se basa en la propiedad que adquiere el agua de conducir la corriente eléctrica cuando tiene iones disueltos. Para medir la conductividad eléctrica en agua se utiliza una celda electrolítica con un puente de Wheantstone, este aparato mide la resistencia eléctrica de la muestra. El puente de Wheantstone debe trabajar

para esta prueba con corriente alterna a fin de evitar cambios en la composición de los electrodos debido a la acumulación de iones (efecto de la polarización).

III PARTE EXPERIMENTAL

3.1 SELECCION DE LA METODOLOGIA ADECUADA A COMPROBAR

TABLA 1. LIMITES DE LAS NTE (NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS)
PARA ALGUNAS INDUSTRIAS.

DETERMINACION	1	2	3	4	5	6
1. pH.	d-p	d-p	d-p	d-p	d-p	d-p
2. Solidos suspendidos (mg/l).	80	72	48	72	36	60
3. Grasas y aceites (mg/l).	24	12	85		70	
4. Solidos sedimentables (ml/l).	1.2					1.2
5. Fluoruros (mg/l)	24					
6. Demanda quimica de oxigeno (mg/l).	300	120		300		
7. Demanda bioquimica de O ₂ (mg/l).	120	72	12	12		120
8. Coliformes totales	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml
9 Cromo (mg/l).						1.2

TABLA 1. LIMITES DE LAS NTE (NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS)
PARA ALGUNAS INDUSTRIAS (CONTINUACION).

DETERMINACION	7	8	9	10	11	12
1. pH.	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
2. Solidos suspensidos (mg/l).	240	60	60	300	180	30-300
3. Grasas y aceites (mg/l).	60	30	15	60	12	12-85
4. Solidos sedimentables (m.l).	8.2	1.2	1.2	1.2		1.2-8.2
5. Fluoruros (mg/l)						
6. Demanda quimica de oxigeno (mg/l).						120-360
7. Demanda biologica de O ₂ (mg/l).	840	840		800	180	18-300
8. Coliformes totales	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml	20000/ 100ml
9. Cromo (mg/l).			1.0			1-1.2

NUMERO

TIPO DE INDUSTRIA

1. Plasticos y polimeros.
2. Asbestos.
3. Vidrio plano.
4. Caucho sintético, llantas y camaras.
5. Hierro y acero.
6. Textil.

7. Celulosa y papel.
 8. Bebidas gaseosas.
 9. Acabados metálicos.
 10. Curtidos y acabados de pieles.
 11. Conservas alimenticias.
 12. Rango.

PARAMETROS TOMADOS EN CUENTA PARA LA SELECCION DEL METODO: 1)REACTIVOS, 2)COSTO, SENSIBILIDAD, 3)EQUIPO, 4)FACILIDAD Y 5)TIEMPO.

NOTA: -XXX = Mas adecuado.
 -XX = Mas o menos adecuado.
 -X = Menos adecuado.
 -* = No aplicable.

TABLA 2. DETERMINACION DE pH.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Costo	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Sensibilidad	XXX	XXX	XX	X	X
Equipo	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Facilidad de realizarse	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Tiempo	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Mano de obra	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

TABLA 3. DETERMINACION DE TEMPERATURA.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XXX	‡	‡	‡
Costo	XXX	XXX	‡	‡	‡
Sensibilidad	XXX	XXX	‡	‡	‡
Equipo	XXX	XXX	‡	‡	‡
Facilidad de realizarse	XXX	XXX	‡	‡	‡
Tiempo	XXX	XXX	‡	‡	‡
Mano de obra	XXX	XXX	‡	‡	‡

‡ = No aplicable

TABLA 4. DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XX	‡	‡	‡
Costo	XXX	XXX	‡	‡	‡
Sensibilidad	XXX	XXX	‡	‡	‡
Equipo	XXX	XX	‡	‡	‡
Facilidad de realizarse	XXX	XX	‡	‡	‡
Tiempo	XXX	XXX	‡	‡	‡
Mano de obra	XXX	XX	‡	‡	‡

‡ = No aplicable

TABLA 5. DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	‡	‡	‡	‡
Costo	XXX	‡	‡	‡	‡
Sensibilidad	XXX	‡	‡	‡	‡
Equipo	XXX	‡	‡	‡	‡
Facilidad de realizarse	XXX	‡	‡	‡	‡
Tiempo	XXX	‡	‡	‡	‡
Mano de obra	XXX	‡	‡	‡	‡

‡ = No aplicable

TABLA 6. DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XXX	‡	‡	‡
Costo	XX	XX	‡	‡	‡
Sensibilidad	XXX	XX	‡	‡	‡
Equipo	XX	XXX	‡	‡	‡
Facilidad de realizarse	XX	XXX	‡	‡	‡
Tiempo	XX	XXX	‡	‡	‡
Mano de obra	XX	XXX	‡	‡	‡

‡ = No aplicable

TABLA 7. DETERMINACION DE COLOR.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	X	§	XXX	XXX	§
Costo	XX	§	XX	XXX	§
Sensibilidad	XXX	§	XX	XX	§
Equipo	XX	§	XXX	XXX	§
Facilidad de realizarse	X	§	XXX	XXX	§
Tiempo	X	§	XXX	XXX	§
Mano de obra	XX	§	XXX	XXX	§

§ = No aplicable

TABLA 8. DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XXX	§	§	§
Costo	XXX	XXX	§	§	§
Sensibilidad	XXX	XXX	§	§	§
Equipo	XXX	XXX	§	§	§
Facilidad de realizarse	XXX	XXX	§	§	§
Tiempo	XXX	XXX	§	§	§
Mano de obra	XXX	XXX	§	§	§

§ = No aplicable

TABLA 9. DETERMINACION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XX	*	XXX	XXX	*
Costo	XX	*	XXX	XXX	*
Sensibilidad	XXX	*	XX	XX	*
Equipo	XX	*	XXX	XXX	*
Facilidad de realizarse	XXX	*	XXX	XXX	*
Tiempo	XX	*	XXX	XXX	*
Mano de obra	XX	*	XXX	XXX	*

* = No aplicable

TABLA 10. DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XXX	*	*	*
Costo	XXX	XXX	*	*	*
Sensibilidad	XXX	XXX	*	*	*
Equipo	XXX	XXX	*	*	*
Facilidad de realizarse	XXX	XXX	*	*	*
Tiempo	XXX	XXX	*	*	*
Mano de obra	XXX	XXX	*	*	*

* = No aplicable

TABLA 11. DETERMINACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	§	§	XXX	§
Costo	XXX	§	§	XXX	§
Sensibilidad	XXX	§	§	XXX	§
Equipo	XX	§	§	XXX	§
Facilidad de realizarse	XX	§	§	XXX	§
Tiempo	X	§	§	X	§
Mano de obra	X	§	§	XX	§

§ = No aplicable

TABLA 12. DETERMINACION DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XX	§	XXX	§	XXX
Costo	XX	§	XXX	§	XXX
Sensibilidad	XXX	§	XX	§	XX
Equipo	XXX	§	XXX	§	XXX
Facilidad de realizarse	XX	§	XXX	§	XXX
Tiempo	XX	§	XXX	§	XXX
Mano de obra	XX	§	XXX	§	XXX

§ = No aplicable

TABLA 13. DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XXX	XXX	§	§	§
Costo	XXX	XXX	§	§	§
Sensibilidad	XXX	XXX	§	§	§
Equipo	XX	XX	§	§	§
Facilidad de realizarse	XX	XX	§	§	§
Tiempo	XX	XX	§	§	§
Mano de obra	XX	XX	§	§	§

§ = No aplicable

TABLA 14. DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD.

PARAMETRO	METODO OFICIAL	METODO INTERNO	KIT A	KIT B	KIT C
Reactivos	XX	§	§	§	§
Costo	XX	§	§	§	§
Sensibilidad	XXX	§	§	§	§
Equipo	XX	§	§	§	§
Facilidad de realizarse	XX	§	§	§	§
Tiempo	XX	§	§	§	§
Mano de obra	XX	§	§	§	§

§ = No aplicable

En el Diario Oficial del 20 de Septiembre de 1991. Se expide la norma técnica ecológica NTE-CCA-031-91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía y el de tratamiento de aguas residuales.

TABLA 15. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA AGUAS RESIDUALES.

PARAMETROS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
Temperatura	--	40 °C
Potencial de Hidrógeno (Unidades de pH)	6-9	6-9
Sólidos sedimentables (ml/l)	5.00	10.00
Conductividad eléctrica (micro mhos/cm)	10000.00	15000.00
Grasas y aceites (mg/l)	70.00	140.00
Aluminio (mg/l)	10.00	20.00
Arsénico (mg/l)	2.00	4.00
Cadmio (mg/l)	0.50	1.00
Cianuros (mg/l)	1.00	2.00
Cromo hexavalente (mg/l)	0.50	1.00
Cromo total (mg/l)	2.50	5.00

TABLA 15. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA AGUAS RESIDUALES (CONTINUACION).

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
Cobre (mg/l)	5.00	10.00
Cromo hexavalente (mg/l)	0.50	1.00
Cromo total (mg/l)	2.50	5.00
Flúor (mg/l)	30.00	60.00
Mercurio	0.01	0.02
Níquel	4.00	8.00
Plata	1.00	2.00
Plomo	1.00	2.00
Zinc	6.00	12.00
Fenoles	5.00	10.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) (mg/l)	30.00	60.00

Quando las autoridades del Departamento del Distrito Federal, Estatales o Municipales en el Ambito de su competencia, identifiquen descargas que apesar de los cumplimientos de los límites máximos permisibles establecidos anteriormente, den efectos negativos en las plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales o en la calidad que estas deben cumplir antes de su vertido al cuerpo receptor, de acuerdo con sus ordenamientos legales, fijaran condiciones particulares de descarga en las que podran señalar límites máximos permisibles más

estrictos en los parámetros previstos (son los descritos anteriormente), y, en su caso, además límites máximos permisibles para aquellos parámetros que se consideran adecuados a la descarga como pueden ser, entre otros, los siguientes:

TABLA 16. PARAMETROS PARA CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA.

Alcalinidad/Acidez
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ total)
Fósforo
Metales pesados
Nitrogeno
Sólidos disueltos
Sólidos suspendidos
Turbiedad
Acilonitrilo
Acroleína
Compuestos alifáticos y alifáticos halogenados
Compuestos aromáticos monocíclicos y policíclicos
Esteres del ácido ftálico
Eteres
Isóforona
Nitrosaminas
Plaguicidas

Los valores de los parámetros contaminantes, en las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de la industria o de los servicios a que se refiere la norma técnica ecológica, se

obtendrán del análisis de muestras compuestas, que resulten de la muestra de muestras simples, tomadas en volúmenes proporcionados al caudal, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA 17. TABLA DE MUESTREO (DIARIO OFICIAL, 20 DE SEPTIEMBRE DE 1991).

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Numero de muestras	Intervalo entre toma de muestras (horas)	
		mínimo	máximo
hasta 8 horas	3	2.0	4
más de 8 y hasta 12	4	2.6	4
más de 12 y hasta 18	4	4.0	6
más de 18 y hasta 24	5	4.5	6

En el caso de que durante el tiempo de operación del proceso industrial o del servicio generador de la descarga, ésta no se presente en forma continua el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente la información mediante la cual se describa el régimen de operación de la misma y el programa de muestreo para la medición de los parámetros contaminantes.

TABLA 18. TABLA DE MUESTREO.

DETERMINACION	TIPO DE RECIPIENTE	CANTIDAD DE MUESTRA	CONSERVACION DE LA MUESTRA
1. pH	VIDRIO INERTE	50ml	-----
2. TEMPERATURA	-----	50ml	-----
3. SOLIDOS SEDIMENTABLES	-----	100ml	3 DIAS A 4 °C

TABLA 18. TABLA DE MUESTREO (CONTINUACION).

DETERMINACION	TIPO DE RECIPIENTE	CANTIDAD DE MUESTRA	CONSERVACION DE LA MUESTRA
4. MATERIA FLOTANTE	-----	300ml	< 3 DIAS A 4 °C
5. GRASAS Y ACEITES	VIDRIO INERTE	200ml	< 24 HORAS A 4 °C PH#2 (CON HCl)
6. COLOR	VIDRIO INERTE	100ml	< 24 HORAS A 4 °C
7. SOLIDOS TOTALES	-----	100ml	< 3 DIAS A 4 °C
8. DEMANDA QUIMICA	VIDRIO INERTE	100ml	< 24 HORAS A 4 °C
9. SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	-----	100ml	< 3 DIAS A 4 °C
10. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	VIDRIO INERTE CON TAPON ESMERILADO	300ml	< 24 HORAS A 4 °C
11. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	-----	200ml	< 24 HORAS A 4 °C
12. COLIFORMES TOTALES	ESTERILIZADO C. O. 1 ml DE Na ₂ S ₂ O ₃ AL 1%	3/4 DE UN FCO. DE 200ml	< 6 HORAS A 4 °C
13. CONDUCTIVIDAD	VIDRIO INERTE	100ml	< 24 HORAS A 4 °C

NOTA: La cantidad de muestra es para una determinacion.

En la TABLA 19 se encuentran los métodos que de acuerdo a los parámetros (sensibilidad, costo, etc.) son los más adecuados a seleccionar. Esto nos da como alternativa otra opción de no poder evaluar el método seleccionado.

TABLA 19. METODOS APLICABLES PARA LA SELECCION.

DETERMINACION	METODO INTERNO	METODO OFICIAL	KIT A	KIT B	KIT C
1. pH.	X	X			
2. Temperatura.	X	X			
3. Solidos. sedimentables.	X	X			
4. Materia flotante.		X			
5. Grasas y aceites.	X	X			
6. Color.		X	X	X	
7. Solidos totales.	X	X			
8. Demanda Quimica de Oz.		X	X	X	
9. Solidos suspendidos totales.	X	X			
10. Demanda bioquimica de Oz.		X		X	
11. Sustancias activas al azul de metileno.		X	X		X
12. Coliformes totales.	X	X			
13. Conductividad.		X			

TABLA 20. METODOS SELECCIONADOS.

DETERMINACION	METODO INTERNO	METODO OFICIAL	KIT A	KIT B	KIT C
1. pH.	X				
2. Temperatura.	X				
3. Solidos. sedimentables.		X			
4. Materia flotante.		X			
5. Grasas y aceites.		X			
6. Color.					
7. Solidos totales.		X			
8. Demanda Química de Oz.		X			
9. Solidos suspendidos totales.		X			
10. Demanda bioquímica de Oz.		X			
11. Sustancias activas al azul de metileno.		X			
12. Coliformes totales.		X			
13. Conductividad.		X			

Para llevar a cabo la selección del método para cada determinación fué necesario hacer una evaluación de cada uno de los parámetros y además darles a cada uno de ellos una mayor o menor prioridad, de esta manera se le asigno mayor prioridad a la sensibilidad y al costo, sin olvidar los otros parámetros.

3.2 DETERMINACION DEL pH

DEFINICIONES

pH. Es el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno en una solución acuosa o el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno.

ACIDEZ. Es la capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con los iones hidróxidos.

ALCALINIDAD. Es la capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con los iones hidrógeno.

SOLUCIONES

Los reactivos que se mencionan, deben de ser grado analítico, cuando se hable de agua, se entiende agua destilada.

-Para la calibración del aparato se puede utilizar soluciones reguladoras patrón cuyo pH se encuentre cerca de aquel que se quiere medir, y comprobarse usando cuando menos otras dos soluciones de pH diferente, uno mayor y otro menor de aquel que se le hizo la calibración.

APARATOS Y EQUIPO

-Medidor de pH. El medidor de pH debe de ser capaz de medir

el pH de un agua en el intervalo de 0 a 14 por medio del empleo de un electrodo de vidrio y otro de referencia, o bien, un electrodo combinado. A temperatura ambiente de 25° C y para cualquier voltaje de entrada, el error de indicación debido a la inexactitud no debe de exceder de 0.1 unidades de pH.

-Material común de laboratorio.

MUESTREO Y ALMACENAMIENTO

Colectar la muestra de laboratorio en frasco de plástico de cierre hermetico. Transportarlas con refrigeración, y analizarlas inmediatamente al llegar al laboratorio.

INTERFERENCIAS

Las grasas y aceites pueden interferir con la respuestas de los electrodos, por lo que se recomienda lavarlos con agua jabonosa y posteriormente con solución de ácido clorhídrico (1:9).

Cuando la muestra de agua tenga una concentración alta de iones sodio (pH arriba de 10) se debe tener cuidado ya que los electrodos ordinarios de vidrio pueden producir lecturas erróneas, por lo cual el aparato debe de estar provisto de un diagrama de "corrección de sodio", o bien, se puede utilizar electrodos especiales.

PROCEDIMIENTO

Ajustar y calibrar el aparato siguiendo el procedimiento indicado en el manual del mismo, retirar el recipiente con la solución patrón y lavar los electrodos con agua quitando el exceso

con un material adecuado de acuerdo con las instrucciones del fabricante del aparato, evitando friccionar la superficie de los electrodos.

Efectuar la determinación del pH en la muestra en la lectura de 25° C o a la que fue calibrado las soluciones patrón, de acuerdo a las indicaciones con el manual del aparato.

NOTA: Se puede efectuar mediciones a otras temperaturas siempre y cuando el medidor de pH esté equipado con los mecanismos de compensadores adecuados.

CALCULOS Y RESULTADOS

No se requiere hacer cálculos el resultado se lee directamente en la carátula del aparato.

3.3 DETERMINACION DE TEMPERATURA

DEFINICIONES

AGUA RESIDUAL. Líquido de composición variada proveniente de uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

DESCARGA. Conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen a un cuerpo receptor.

APARATOS Y EQUIPOS

-Instrumentos medidores de temperatura.

PROCEDIMIENTO

Determinar la temperatura de la muestra extraída según lo indicado (en el lugar de muestreo inmediatamente después de recolectar la muestra), esperando el tiempo suficiente para obtener mediciones constantes.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Las lecturas se obtienen directamente de la escala del aparato medidor de temperatura, y se informan en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) con aproximación de 0.1 $^{\circ}\text{C}$.

3.4 DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES

DEFINICIONES

SOLIDOS SEDIMENTABLES. Son las partículas sólidas que se depositan en el fondo de un recipiente debido a la operación de sedimentación.

APARATOS Y EQUIPO

- Cono de sedimentación tipo Imhoff.
- Material común de laboratorio.

PROCEDIMIENTOS

DETERMINACION VOLUMETRICA

1. Mezclar cuidadosamente la muestra original a fin de asegurar una distribución homogénea de sólidos suspendidos a través de todo el cuerpo de líquido.
2. Llenar inmediatamente el cono de sedimentación hasta el alfiler de un litro y dejar reposar durante 45 minutos para que se

asienten las partículas, una vez transcurrido ese tiempo, agitar suavemente los lados del cono con un agitador o por rotación para que sedimenten los sólidos adheridos a las paredes y dejar reposar la muestra otros 15 minutos. Leer directamente en el cono Imhoff.

DETERMINACION GRAVIMETRICA:

1. Inmediatamente despúes del paso 1 eliminar por decantación el agua del cono, y vertir el material sedimentado en un vaso de precipitados, recuperar totalmente las partículas sedimentadas agregando un poco de agua destilada al cono.

2. Filtrar el material recuperado a traves de un papel filtro previamente tarado, empleando un equipo de vacío.

3. Pasar el material retenido junto con el papel filtro a una cápsula previamente tarada y secar en una estufa a 100-110 °C inmediatamente introducirla al desecador hasta peso constante; usando la balanza analítica, por diferencia de pesos se conoce el contenido de sólidos sedimentables.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. El volumen de sólidos sedimentables por litro se lee directamente en el cono de Imhoff y se informa en ml/l.

2. El peso de sólidos sedimentables por litro se informa en mg/l.

3.5 DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE

DEFINICION.

MATERIA FLOTANTE. Es el material que flota libremente en la superficie del liquido y que queda retenido en la malla especificada.

APARATOS Y EQUIPO

- Malla de material químicamente inerte que se adapte al embudo de filtración y con abertura de 3 mm.
- Recipiente de boca no menor de 7 cm de diámetro, aforado a un volumen que se encuentre entre 2 y 5 litros.
- Material común de laboratorio.

TOMA DE LA MUESTRA

1. Usando el recipiente se toma la muestra simple directamente de la descarga.
2. En el caso de que la descarga sea inaccesible, se permite la toma de la muestra en el punto accesible del conjunto más próximo a dicha descarga siempre y cuando éste no obstaculice la libre salida del material flotante de la misma.

NOTA. Se deja sedimentar la muestra durante 15 minutos.

PROCEDIMIENTO

1. Se vierte aproximadamente las dos terceras partes superiores de la muestra a través de la malla, teniendo cuidado de que la materia flotante que sobrenada, quede retenida en dicha malla.

2. Se permite el empleo de una cucharilla para arrastrar hacia la malla toda materia flotante que todavia quedara sobre la superficie de la muestra que se esta vertiendo o aquella adherida a las paredes del recipiente.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. Inmediatamente después de filtrada la muestra, se procede al examen de la malla.

2. La ausencia del material retenido observado a simple vista, se considera como "ninguna" materia flotante retenida en la malla.

3.6 DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES

DEFINICIONES

AGUA RESIDUAL. Es el líquido de composición variada proveniente de uso municipal, industrial, comercial, agrícola pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

APARATOS Y EQUIPO

- Aparato de extracción Soxhlet.
- Placa de calentamiento, con control de temperatura.
- Bomba de vacío u otra fuente de vacío.
- Estufa eléctrica, capaz de mantener 103 °C.
- balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
- Estufa de vacío con intervalo de 380 a 500 mm de Hg.
- Material común de laboratorio.

REACTIVOS Y MATERIALES

- Los reactivos que se mencionan deben ser grado analítico, cuando se hable de agua se debe entender agua destilada.
- Acido clorhídrico concentrado o sulfúrico.
- Suspensión de tierra de diatomeas-sílice (Hyflo-supercal o equivalente); 10g/l de agua.
- Hexano normal con punto de ebullición de 69°C.
- Cartuchos de extracción (thimbles).
- Papel filtro de poro medio de 11 cm de diámetro.
- Discos de tela de muselina de 11 cm de diámetro.

MUESTREO Y ALMACENAMIENTO

1. Es muy importante de que la muestra sea representativa, ya que las características de las grasas y aceites es agruparse en las superficies de los cuerpos de aguas formando natas en determinadas zonas. El muestreo se hace con frasco de vidrio con boca ancha, de un litro de capacidad, es conveniente llenar bien el frasco.

2. En caso de grasas y aceites flotantes, la muestra se toma únicamente de la película superficial del agua.

3. En caso de aceites emulsionados, la muestra se toma de 20 a 30 cm de profundidad, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad.

4. Mantener conservada la muestra a un pH de 2 con la adición de 5 ml de HCl concentrado y en refrigeración a 4°C.

PROCEDIMIENTO

1. Si la muestra no viene conservada, acidificar como se indica anteriormente.

2. Preparar un filtro con el disco de tela de muselina sobreponiéndole el disco de papel filtro, colocar el embudo Buchner, humedecer la tela y el papel.

3. Con ayuda del vacío, pasar aproximadamente 100 ml de la suspensión de la tierra de diatomáceas (hasta la saturación de los poros); se lava con agua aplicando el vacío hasta que toda el agua haya sido filtrada.

4. Pasar la muestra acidificada a través del filtro preparado, aplicar el vacío hasta que toda el agua haya sido filtrada, recibiendo en un matraz kitazato de 2 litros.

5. Con una pinza transferir a un cartucho de extracción el papel filtrado y el material adherido al frasco de tela, limpiar las caras y el recipiente del fondo colector, la tapa y el embudo Buchner con pedazos de papel filtro remojado en el solvente que se va usar, teniendo cuidado de transferir todas las capas de grasa formadas, y de recoger todo el material sólido, agregando todos los pedazos de papel filtro dentro del cartucho de extracción, evitando el manejo manual.

6. El filtrado del Kitazato es medido con una probeta para cuantificar el volumen de muestra.

7. Colocar los cartuchos de extracción en vasos de precipitados, llevar a sequedad en estufa eléctrica a 103 °C durante 30 minutos, colocar el cartucho en el aparato de extracción Soxhlet, con el matraz el cual previamente se ha

determinado su masa.

NOTA: Identificar el número de muestra en el vaso de precipitados pero nunca marcar el cartucho.

8. Adicionar solvente hasta la mitad de su capacidad colocar un cm de altura en la parte superior del refrigerante. Dejar en reflujo durante cuatro hrs a partir del primer ciclo de circulación, controlando las condiciones de temperatura, hasta que de un ciclo cada tres minutos aproximadamente. Una vez terminado el tiempo de reflujo vaciar y escurrir el solvente que queda en el extractor, al matraz.

9. Evaporar el solvente en baño maría a 85°C pasar el matraz a la estufa de vacío a una temperatura de 60 °C durante 30 minutos .

10. Dejar enfriar el matraz en un desecador durante un periodo de 30 minutos y determinar su masa.

11. Correr una prueba testigo en las mismas condiciones que se mantenga para una muestra, en los pasos de 1-10.

CALCULOS Y RESULTADOS

1. La cantidad de grasas y aceites se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{mg/l de grasas y aceites} = \frac{(M2 - M1) \times 1000}{V}$$

DONDE:

M1= Masa del matraz vacío a masa constante, en g.

M2= Masa del matraz con muestra, en g.

V= Volumen de muestra en ml.

NOTA: Si la muestra testigo muestra residuo, deberá restarse a la masa de grasa y aceite obtenido.

3.7 DETERMINACION DE COLOR

INTERFERENCIAS

La turbiedad es la única interferencia grave en este método y se recomienda eliminarla mediante centrifugación o filtración.

REACTIVOS Y MATERIALES

- Los reactivos que a continuación se mencionan debe ser grado analítico, cuando se hable de agua se debe entender agua destilada.

- Platino potásico (K_2PtCl_6).
- Cloruro cobaltoso hexahidratado ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$).

PREPARACION DE SOLUCIONES

1. Solución madre de platino cobalto. Se disuelve 1.24 g de cloro platino potásico (K_2PtCl_6) equivalente a 0.5 g de platino metálico, y 1 g de cloruro cobaltoso hexahidratado cristalizado ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) equivalente a 0.25 g de cobalto metálico; en agua destilada, con 100 ml de HCl concentrado, aforándose con agua a un litro, esta solución tiene 500 unidades de color.

APARATOS Y EQUIPOS

- Tubos de Nessler de 50 ml de forma alta .
- Comparador de color (se puede usar los comparadores de color estandarizados existentes en el mercado siguiendo

las instrucciones del fabricante).

- Disco para color.
- Centrifuga.
- Potenciómetro.

MUESTREO Y CONSERVACION DE LA MUESTRA

Las muestras para la determinación de color deben ser representativas y deben tomarse en recipientes limpios y refrigerarse a 4 °C, la determinación de color debe de efectuarse dentro de las 24 horas de su recolección debido a que cambios biológicos afectan el color de la muestra.

PROCEDIMIENTO

1. Comparación con soluciones de platino-cobalto.

1.1 Preparar soluciones patrón que tengan colores de acuerdo a la TABELA 20.

TABLA 21 Unidades de color - solución platino cobalto.

UNIDADES DE COLOR	SOLUCION MADRE PLATINO COBALTO (ml)
5	0.5
10	1.0
15	1.5
20	2.0
25	2.5
30	3.0
35	3.5
40	4.0
45	4.5
50	5.0
55	5.5
60	6.0
65	6.5
70	7.0

Colocar los volúmenes de solución madre de platino- cobalto en tubos de nessler y aforar con agua a 50 ml.

NOTA: Dichas soluciones deben renovarse cada 6 meses como máximo.

1.2 Colocar la muestra libre de turbiedad en un tubo de Nessler y comparar con las soluciones patrón

1.3 Si el color se excede de 70 unidades, diluir la muestra con agua en porciones conocidas hasta que el color esté dentro el intervalo de las soluciones patrón.

2. Medir el pH de la muestra.

CALCULOS

Los resultados de las determinaciones de color, se deben expresar en números enteros, especificando el pH ya que el color está en función del pH que se tenga.

$$\text{Unidades de color} = l \cdot f$$

Donde:

l = lectura del patrón

f = factor de dilución $\frac{(V_f)}{(V_i)}$

V_f = Volumen final

V_i = Volumen inicial

NOTA: Se puede usar los comparadores de color estandarizados existentes en el mercado siguiendo las instrucciones del fabricante.

3.8 DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES

DEFINICIONES

SOLIDOS TOTALES. Suma de los sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos.

APARATOS Y EQUIPOS

- Balanza analítica, con sensibilidad de 0.0001 g.
- Cápsula de porcelana, de 200 ml de capacidad.
- Mufa eléctrica capaz de mantener una temperatura $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}$.
- Estufa con control de temperatura capaz de mantener 103°C a 105°C .

- Equipo para evaporación previa.
- Desecador con deshidratante adecuado.
- Crisoles de Gooch adecuados al tamaño de la muestra.
- Bomba de vacío o eyector.
- Equipo usual de laboratorio.

PROCEDIMIENTO

En función de la cantidad de sólidos probables, tomar una cantidad de muestra que contenga como mínimo 25 mg de sólidos totales, generalmente 100 ml de muestra es un volumen adecuado.

1. Transferir la muestra a la cápsula que previamente ha sido puesta a masa constante a 550°C (G).

2. Secar la muestra en la estufa a 103-105 °C hasta peso constante..

NOTA: Con el objeto de abatir el tiempo de la prueba, se recomienda una pre-evaporación, reduciendo la muestra a un volumen mínimo tal, que se eviten proyecciones o pérdidas de la misma. La muestra una vez preevaporada se introduce en la estufa y se lleva a sequedad hasta peso constante.

3. Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y determinar su masa (G₁).

CALCULOS

El contenido de sólidos totales se calcula con la siguiente fórmula:

$$ST = \frac{G_1 - G}{V} * 1000$$

Donde:

ST = Sólidos totales, en mg/l.

G_i = Masa de la cápsula con el residuo, después de la evaporación en mg.

G = Masa de la cápsula vacía.

V = Volumen de muestra en ml.

3.9 DETERMINACION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

DEFINICIONES

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO. Cantidad de oxígeno requerida para oxidar, bajo condiciones específicas, la materia orgánica e inorgánica oxidable contenida en el agua, se expresa en mg/l de oxígeno y proporciona una medida de la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas, bajo las condiciones en que se efectúa esta prueba.

REACTIVOS

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser reactivos analíticos, a menos que se indique otra cosa. Cuando se hable de agua se debe entender agua destilada.

- Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).
- Sulfato ferroso amónico hexahidratado $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$.
- Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- Indicador de 1,10-fenantrolina ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$).
- Sulfato de plata (Ag_2SO_4).
- Sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$).
- Sulfato mercúrico ($HgSO_4$).

PREPARACION DE SOLUCIONES

1. Solución de dicromato de potasio, 0.25 N.

Disolver 12.2588 g. de dicromato de potasio (previamente secado a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas) y aforar a un litro.

2. Solución de dicromato de potasio, 0.025 N.

Transferir con pipeta 100 ml de la solución anterior a un matraz volumétrico, aforar con agua a un litro y homogenizar.

3. Solución de sulfato ferroso amónico 0.25 N.

Disolver 98.0 g de sulfato ferroso amónico en aproximadamente 800 ml de agua y aforar a un litro.

NOTA: Se debe valorar esta solución.

4. Solución de sulfato ferroso amónico 0.025 N.

Disolver 9.8 g de sulfato ferroso amónico en 800 ml de agua y aforar a un litro.

NOTA: Se debe valorar esta solución.

5. Solución de Ácido sulfúrico-sulfato de plata.

Pesar 9.5 g de sulfato de plata y disolverlos en un litro de ácido sulfúrico concentrado.

6. Solución indicadora de 1,10-fenantrolina.

Disolver en agua 1.485 g de 1,10-fenantrolina y 0.695 g de sulfato ferroso heptahidratado, aforar a 100 ml y homogenizar.

APARATOS

- Estufa eléctrica con termostato.
- Balanza analítica con sensibilidad 0.0001 g.
- Aparato para reflujo tipo Friedrich, que está constituido por:

- un Erlenmayer con boca esmerilada 24/40.
- Un condensador tipo Friedich entrada 24/40.
- Equipo usual de laboratorio

PREPARACION Y CONSERVACION DE LA MUESTRA

La muestra debe de ser analizada inmediatamente, despues de su toma, en caso contrario debe mantenerse en refrigeración a 4°C.

PROCEDIMIENTO

I Para niveles mayores de 50 mg/l de demanda quimica de oxígeno.

1. Transferir al matraz Erlenmeyer de 500 ml, una muestra de 50 ml. Agregar una cantidad adecuada de sulfato mercúrico (Ver Observacion 1) y algunas perlas de vidrio. Añadir 25 ml de la solución de dicromato de potasio 0.25 N y mezclar mediante un movimiento circular (Ver Observaciones 2 y 3).

2. Conectar el matraz Erlenmeyer al condensador y hacer circular el agua de enfriamiento.

3. Por el extremo superior del condensador agregar lentamente 75 ml de ácido sulfurico-sulfato de plata y agitar con movimiento circular para homogeneizar (Ver Observaciones 4 y 5).

4. Calentar el matraz que contiene la mezcla y mantener a reflujo durante 2 horas apartir del momento en que empieza la ebullición. Dejar enfriar y lavar el condensador con 25 ml de agua (Ver Observacion 6).

5. Añadir agua por el extremo superior del condensador hasta completar un volumen de 300 ml, retirar el matraz del condensador y enfriar a temperatura ambiente.

6. Agregar 8 gotas de 1,10-fenantrolina como indicador y titular con la solución valorada de sulfato ferroso amónico 0.25 N hasta el cambio de color de azul-verdoso a café-rojizo.

7. Llevar simultáneamente un testigo preparado con 50 ml de agua y todos los reactivos utilizados en el procedimiento.

II Para niveles menores de 50 mg/l de demanda química de oxígeno.

Se sigue el mismo procedimiento, pero haciendo uso de las soluciones de dicromato de potasio y sulfato ferroso amónico 0.025 N (Ver Observaciones 7).

CALCULOS

La demanda química de oxígeno expresada en mg/l, se calcula con la siguiente fórmula:

$$DQO = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times B}{V_3} \times 1000$$

Donde:

DQO = Demanda química de oxígeno, en mg/l.

V₁ = Volumen de la solución de sulfato ferroso amónico requerido para la titulación del testigo, en ml.

V₂ = Volumen de la solución de sulfato ferroso amónico requerido para la titulación de la muestra, en ml.

V₃ = Volumen de la muestra, en ml.

N = Normalidad de la solución de sulfato ferroso amónico, utilizada en la determinación.

B = Equivalente del oxígeno.

OBSERVACIONES

1. El sulfato mercúrico se agrega para evitar la interferencia que representan los cloruros, obteniéndose un complejo de cloruro mercúrico soluble que inhibe la reactividad del ión cloruro. Si la muestra contiene 40 mg de cloruros o menos, se agregan 0.4 g de sulfato mercúrico, en caso de que la concentración de los cloruros sea mayor, se debe agregar sulfato mercúrico en una concentración tal que se tenga una relación sulfato mercúrico-cloruro de 10:1 en mg.

2. Si la muestra tomada para la determinación es menor de 50 ml se debe de completar a ese volumen con agua.

3. Debe secarse rápidamente para evitar las pérdidas de la posible materia volátil que contenga la muestra.

4. El sulfato de plata actúa en la reacción como catalizador, incrementando la oxidación de algunos compuestos orgánicos.

5. La mezcla debe de agitarse bien antes de llevarla a calentamiento, de no ser así ocurre sobrecalentamientos locales que proyectan la mezcla fuera del condensador.

6. Para algunas aguas residuales el período de 2 horas resulta excesiva o insuficiente, para reducirlo o aumentarlo es necesario experimentar con un mismo tipo de muestra en diferentes tiempos de digestión.

7. El volumen de la muestra que se utilice para niveles inferiores de 50 mg debe de ser tal, que la cantidad de dicromato reducido durante la digestión no exceda del 50%, en caso contrario se debe de repetir la determinación con un volumen menor de muestra.

3.10 DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g.
- Cápsula de porcelana, de 200 ml de capacidad.
- Mufla eléctrica capaz de mantener una temperatura de 550 °C +/- 25 °C.
- Estufa con control de temperatura capaz de mantener de 103 °C a 105 °C.
- Equipo para evaporación previa.
- Desecador con deshidratante adecuado.
- Crisoles de Gooch adecuados al tamaño de la muestra.
- Bomba de vacío o eyector.
- Matraz Kitazato con accesorios.
- Equipo usual de laboratorio.

PROCEDIMIENTO

I Preparación del medio filtrante.

1. Colocar un disco de fibra de vidrio en el crisol Gooch con la superficie rugosa hacia arriba, teniendo cuidado que el disco cubra completamente las perforaciones del Gooch.

2. Colocar el crisol y el disco en un aparato de filtración aplicando vacío. Lavar el disco con agua dejando que el agua drene totalmente.

3. Suspender el vacío y llevar el crisol a masa constante en la mufla a una temperatura de 550 °C +/- 25 °C durante 15 a 20 minutos, Sacar el crisol, dejar enfriar y determinar su masa (M_i).

II Preparación de la muestra.

1. Colocar el crisol con el disco en el aparato de filtración y colocar vacío.

2. Humedecer el disco con agua.

3. Medir con una probeta o pipeta volumétrica según proceda una volumen adecuado de la cantidad esperada de muestra previamente homogenizada la cual depende de la concentración esperada de sólidos suspendidos.

4. Filtrar la muestra a través del disco y aun aplicando vacío, lavar el disco tres veces con 10 ml de agua, dejando que el agua drene en cada lavado.

5. Suspender el vacío y secar el crisol en la estufa a una temperatura de 103 a 105 °C durante una hora. Secar el crisol dejar enfriar en una desecador a temperatura ambiente y determinar su masa (M₂).

CALCULOS

El contenido de sólidos suspendidos totales se calcula con la siguiente fórmula:

$$SST = \frac{M_2 - M_1}{V} * 1000$$

Donde:

SST = Sólidos suspendidos totales en mg/l.

M₂ = Masa del crisol con el residuo, en mg.

M₁ = Masa del crisol con el disco, en mg.

V = Volumen de muestra, en ml.

3.10 DETERMINACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

DEFINICIONES

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO). Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua.

INOCULO. Es una suspensión de microorganismos vivos que se han adaptado para reproducirse en un medio específico.

BIOTA. Es un conjunto de microorganismos tanto de origen vegetal como animal.

REACTIVOS

Los reactivos que a continuación se mencionan deben de ser reactivos grado analítico, a menos que se indique otra cosa. Cuando se hable de agua se debe de entender agua destilada.

- Fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4).
- Fosfato dibásico de potasio heptahidratado ($K_2HPO_4 \cdot 7H_2O$).
- Fosfato dibásico de potasio (K_2HPO_4).
- Cloruro de amonio (NH_4Cl).
- Sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$).
- Cloruro de calcio anhidro ($CaCl_2$).
- Cloruro férrico hexahidratado ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$).
- Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- Hidróxido de sodio ($NaOH$)
- Sulfato manganoso ($MnSO_4$).
- Yoduro de sodio (NaI), o yoduro de potasio (KI).
- Azida de sodio (NaN_3).

- Almidón.
- Tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

PREPARACION DE SOLUCIONES.

1. Solución amortiguadora de fosfatos.

Disolver 8.5 g de fosfato monobásico de potasio, 33.4 g de fosfato dibásico de sodio heptahidratado, 21.75 g de fosfato dibásico de potasio y 1.7 g de cloruro de amonio en 500 ml de agua y aforar a un litro, el pH de esta solución debe ser 7.2 sin ajuste alguno.

2. Solución de sulfato de magnesio.

Disolver 22.5 g de sulfato de magnesio heptahidratado en agua y aforar a un litro.

3. Solución de cloruro de calcio.

Disolver 27.5 g de cloruro de calcio anhidro en agua y aforar a un litro.

4. Solución de cloruro férrico.

Disolver 0.23 g de cloruro férrico hexahidratado en agua y aforar a un litro.

5. Solución de ácido sulfúrico 0.1 N.

Diluir 4.9 g (aproximadamente 3 ml.) de ácido sulfúrico concentrado de densidad 1.841 g /ml en agua y aforar a un litro.

6. Solución de hidróxido de sodio 0.1 N.

Disolver 4.0 g de Hidróxido de sodio en agua y aforar a un litro.

7. Solución de sulfato manganoso.

Disolver 480 g de sulfato manganoso en agua, filtrar y aforar

a un litro. Esta solución se debe de usar siempre y cuando no de color con la solución ácida de yoduro de potasio.

8. Solución alcali-yoduro-nitruro.

Disolver 500 g de hidróxido de sodio y 136 g de yoduro de sodio (ó 700 g de hidroxido de potasio y 150 g de yoduro de potasio) aforar a un litro con agua; a esta solución agregar 10 g de azida de sodio disueltos en 40 ml de agua; esta solución no debe de dar color con solución de almidón cuando se diluya y acidifique.

9. Solución indicadora de almidón.

Disolver 10 g de almidón en un litro de agua hirviendo, dejar hervir durante 3 o 4 minutos y dejar reposar durante un mínimo de 12 horas. Usar unicamente el líquido sobrenadante.

10. Solución valorada de tiosulfato de sodio 0.025 N.

Diluir 6.205 g de tiosulfato de sodio pentahidratado en agua recién hervida y enfriada; Un ml de la solución valorada de tiosulfato 0.025 N es equivalente a 2 mg de oxígeno disuelto.

PROCEDIMIENTO

I METODO DIRECTO

1. Este método se emplea en muestras cuyo DBD en 5 días no exceda de 7 mg/l que por consiguiente no es necesario diluir.

2. Llevar la muestra a 20 °C aproximadamente y aerear durante 30 minutos o con un compresor con trampa adecuada para grasas, para aumentar el contenido de oxígeno disuelto hasta el punto de sobresaturación.

3. Neutralizar las muestras a un pH aproximado de 7.0 con

ácido sulfúrico 0.1 N ó hidróxido de sodio 0.1 N según sea el caso, inmediatamente llenar 2 o más botellas de oxígeno disuelto, determinar "Oxígeno disuelto inicial" y el resto se incubará por 5 días a 20°C, manteniendo un sello hidráulico.

4. Después de 5 días determinar la cantidad de oxígeno disuelto en las muestras incubadas.

5. Expresión de resultados

La DBOs se determina según la siguiente fórmula:

$$DBOs, \text{ en mg/l} = ODI - ODF$$

Donde:

ODI = oxígeno disuelto inicial, en mg/l.

ODF = oxígeno disuelto en las muestras después de 5 días en mg/l.

II METODO DE DILUCION

1. Calcular la cantidad de agua dependiendo del número de muestras. Efectuar dos diluciones diferentes como mínimo para cada muestra (ver Tabla 21).

Las diluciones recomendables para muestra son:

TABLA 22 Diluciones recomendadas para la muestra de la DBOs

TIPO DE DESECHO	DBOs mg/dm ³	% DE DILUCION
Desecho industrial concentrado Aguas residuales domésticas	500-5000	0.1-1.0
	100-500	1.0-5.0
Efluentes tratados	20-100	5.0-25.0
Aguas de río contaminadas	5-20	25-100

2. En un garrafón previamente lavado con agua, agregar un ml de cada una de las soluciones (1, 2, 3 y 4) por cada litro de agua.

3. Aerear hasta completar saturación.

4. Medir directamente en 3 botellas de 300 ml tipo DBO volúmenes apropiados de las muestras por cada dilución, usando una pipeta volumétrica de punta alargada y llenar las botellas con el agua de dilución justamente para que el tapón pueda colocarse sin dejar burbujas de aire.

5. Para la determinación de la DBO se efectúan los siguientes pasos:

5.1 Determinación del oxígeno disuelto inicial en una de las botellas de DBO.

5.2 Determinación del oxígeno disuelto a los cinco días. Una de las botellas se mete a la incubadora a 20°C durante cinco días manteniendo el sello hidráulico en el término de este tiempo y determinar el oxígeno disuelto en la muestra.

$$\text{DBOs mg/l} = \frac{\text{ODI} - \text{ODF}}{\% \text{dilución} \#}$$

Expresados en decimales 100% = 1

10% = 0.1

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO.

En el mismo frasco para oxígeno disuelto en el cual se recolectó la muestra, se procede de la siguiente manera.

1. Se agregan dos ml de sulfato manganoso, dos ml del reactivo alcali-yoduro-nitruro. ambas adiciones se deben de hacer por debajo de la superficie del líquido.

2. Se coloca el tapón con cuidado para evitar burbujas dentro del frasco, se agita varias veces el frasco por inversion, se deja que sedimente el frasco hasta aproximadamente dos tercios de la altura del frasco.

3. Se destapa cuidadosamente el frasco y se agrega enseguida dos ml de ácido sulfúrico concentrado, dejando que este escurra por el cuello del frasco, se tapa nuevamente hasta que la disolución sea completa.

4. Se deja reposar cinco minutos y se toma un volumen de 100 ml se titula con tiosulfato de sodio 0.025 N, hasta un color amarillo paja.

5. Se adiciona de 1-2 ml de la solución de almidón (dá un color azul), se continúa la titulación hasta la primera desaparición de color azul. se anotan los ml de tiosulfato gastado.

CALCULOS Y RESULTADOS

La concentración de oxígeno disuelto debe de calcularse en la muestra con la siguiente fórmula:

$$\text{O}_2 \text{ disuelto mg/dm} = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{b}$$

Donde:

a = volumen de tiosulfato gastado, en ml.

b = volumen de muestra usado (98.7 ml).

N = la normalidad de tiosulfato de sodio.

NOTA: Los 98.7 son por el desplazamiento de volumen con la adición de los reactivos.

III INOCULACION

El objeto del inóculo es introducir en la muestra una población biológica capaz de oxidar la materia orgánica que contenga.

1. Cuando tales microorganismos ya están presentes como en las aguas residuales domésticas o efluentes no clorados y en aguas superficiales, no es necesario inocular las muestras. Cuando haya razón para creer que la muestra contiene muy pocos microorganismos, como resultado de la cloración, temperatura elevada o pH extremo, el agua de dilución debe de ser inóculada.

2. La selección del inóculo apropiado debe de ser un factor importante en la determinación de la DBD en muchos casos particularmente en desechos de procesadoras de alimentos, se puede obtener un inóculo satisfactorio usando el líquido sobrenadante de las aguas residuales domésticas, el cual ha sido incubado a 20 °C en un recipiente destapado de 24-36 horas, varios desechos industriales contienen compuestos orgánicos que no están sujetos a la oxidación por el inóculo de aguas residuales domésticas, en estos casos se puede usar un inóculo preparado del suelo,

aclimatado y desarrollado en el laboratorio o el agua receptora colectada bajo el punto de descarga del desecho particular, los dos últimos son los de mayores posibilidades y el agua receptora usada como fuente de inóculo indudablemente dará la mayor estimación del efecto de un desecho en tal agua. El inóculo debe de ser colectado en un punto en donde se haya formado una biota capaz de usar como alimento los compuestos orgánicos particulares presentes. En algunos casos éstos pueden asegurar la selección de un inóculo satisfactorio varios kilómetros abajo del punto de descarga del desecho, lo cual no es práctico con desechos periódicos difícilmente susceptibles a la oxidación biológica, es más práctico formar un inóculo aclimatando el desecho con pequeños incrementos diarios del desecho particular junto con el agua residual doméstica, hasta que se desarrolle un inóculo satisfactorio.

3. Preparación del agua de dilución con inóculo. Se prepara el agua de dilución con el inóculo más satisfactorio para el desecho particular en estudio. Solamente experiencias pasadas pueden determinar la cantidad efectiva de inóculo que se agrega por litro sin embargo puede servir como ilustración usar 1-10 ml de agua residual doméstica por litro de agua de dilución o de 10-50 ml de agua de río por litro de agua de dilución incubándose por 36 horas. El agua de disolución inoculada debe de usarse el mismo día que se prepare.

4. Incubación con inóculo. Calcular el porcentaje de inóculo que se requiere para producir por lo menos una DBQs de 0.5 mg/l. Calcular las diluciones del desecho particular del agua como se

ilustra en la tabla 21. Se disminuye la concentración del desecho lo suficiente para tomar en cuenta la utilización del oxígeno por el inóculo. Medir la cantidad de desecho que se requiera, al igual que en la tabla 21. Agregar a la muestra aproximadamente la mitad de la cantidad de agua de dilución que se requiere. Esto es necesario para asegurar que el desecho concentrado no es causa de toxicidad a los organismos del inóculo.

CORRECCION POR DEMANDA DE INOCULO.

El valor por la corrección por demanda del inóculo se obtiene determinando la diferencia de DBD del mismo inmediatamente y determinándolo al quinto día, uno de estos abatimientos se usa luego para calcular la corrección debida a la pequeña cantidad de inóculo al agua de dilución.

$$\text{DBD inóculo mg/l} = \frac{B_1 - B_2}{\% \text{ de dilución}}$$

*Referido al inóculo

Donde:

B₁ = Oxígeno disuelto del agua de dilución inoculada antes de la incubación, en mg/l.

B₂ = Oxígeno disuelto del agua de dilución inoculada después de la incubación, en mg/l.

3.12 DETERMINACION DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES)

DEFINICIONES

SURFACTANTE O TENSOACTIVO. Compuesto constituido por una cadena polar alifática que es hidrófila y una parte aromática, no polar que se caracteriza por tener propiedades hidrofóbicas. A esta característica de las moléculas se debe las propiedades humectantes, dispersantes y emulsificantes de los detergentes.

MISCIBILIDAD. Es la característica de ciertas sustancias o soluciones, de poderse mezclar con otras.

HIDROFILO. Sustancia que tiene afinidad por el agua.

HIDROFOBO. Sustancia que no tiene afinidad por el agua.

REACTIVOS

Los reactivos que a continuación se mencionan debe de ser grado analítico, a menos que se indique otra cosa, cuando se hable de agua se debe de entender agua destilada.

- Sulfonato de alquil-benceno ($RC_6H_4SO_3Na$).
- Fenofaleína ($C_{20}H_{14}O_4$).
- Hidróxido de sodio ($NaOH$).
- Acido sulfúrico (H_2SO_4).
- Cloroformo ($CHCl_3$).
- Azul de metileno.
- Fosfato monosódico monohidratado ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$).

PREPARACION DE SOLUCIONES

1. Solución madre de alquil benceno de sodio (ABS).

Pesar exactamente 1.0000 g de ABS en base al 100% activo, disolver en agua y aforar a un litro con agua. Un ml de esta solución contiene 1 mg de ABS. Es necesario prepararla cada semana y refrigerarla. (Observación N1).

2. Solución patrón de ABS.

Medir 10 ml de la solución madre de ABS y aforar a un litro con agua. Un ml de esta solución contiene 0.10 μg de ABS. Esta solución debe prepararse diariamente.

3. Solución alcohólica de fenoftaleína.

Disolver 500 mg de fenoftaleína en polvo en 100 ml de alcohol etílico o isopropílico al 50%. Neutralizar la solución con hidróxido de sodio aproximadamente 0.02 N, agregando gota a gota hasta la aparición de un ligero color rosado.

4. Solución de hidróxido de sodio 1 N.

Disolver 40 g de NaOH y aforar a un litro.

5. Solución de ácido sulfúrico 1 N.

Diluir cuidadosamente 28 ml de H_2SO_4 concentrado ($d=1.84$) en agua. Dejar enfriar y aforar a un litro.

6. Reactivo de azul de metileno.

Disolver 100 mg de azul de metileno, en 100 ml de agua. De esta solución se transfieren 30 ml en un matraz volumétrico de 1000 ml y agregar 500 ml de agua, agregar 6.8 ml de ácido sulfúrico concentrado y 50 g de fosfato monosódico monohidratado. Agitar hasta su completa disolución y aforar a un litro.

7. Solución de lavado.

En un matraz volumétrico que contenga 500 ml de agua, agregar 6.8 ml de ácido sulfúrico concentrado y 50 g de fosfato monosódico

monohidratado. Agitar hasta su completa disolución y aforar.

MATERIALES

-Fibra de vidrio.

-Material común de laboratorio.

NOTA: Todo el material de vidrio empleado en esta determinación debe lavarse con mezcla crómica, enjuagarse dos veces con solución caliente de HCl (1:1) y enjuagarse dos o tres veces más con agua. Nunca usar detergentes.

APARATOS Y EQUIPO

-Espectrofotómetro para usarse a una longitud de onda de 640 a 700 nm, provisto de un paso de luz de 1cm.

-Balanza analítica con sensibilidad al 0.0001 g.

CONSERVACION DE LA MUESTRA.

La muestra debe ser analizada inmediatamente después de su toma, de no ser posible se debe de conservarse en refrigeración a 4°C, durante un periodo que no exceda de 24 horas.

PROCEDIMIENTO

1. Determinación.

1. El volumen de la muestra de agua para ser analizada, se toma de acuerdo con la concentración probable de ABS. Así mismo, efectuar una prueba testigo con agua.

2. Transferir la muestra a un embudo de separación y

alcalinizar la solución con hidróxido de sodio 1 N usando solución indicadora de fenoftaleína.

3. Neutralizar la muestra con solución de ácido sulfúrico 1 N

4. Agregar 10 ml de cloroformo y 25 ml de azul de metileno, agitar vigorosamente durante 30 segundos y dejar en reposo hasta la separación de las fases.

5. Pasar la fase orgánica a un segundo embudo y lavar el tubo de descarga del primero con un poco de cloroformo (observación H2).

6. Combinar todos los extractos en el segundo embudo de separación, Agregar 50 ml de solución de lavado y agitar vigorosamente durante 30 segundos. Dejar reposar y filtrar la capa de cloroformo a través de fibra de vidrio, a un matraz aforado de 100 ml. Repetir el lavado dos veces más empleando 10 ml de solución de lavado en cada ocasión. Lavar la fibra de vidrio y el embudo de cloroformo, recoger los lavados en el matraz aforado, aforar con cloroformo, y mezclar.

7. Determinar la absorbancia de la solución a 652 nm, contra un testigo (Observación H3).

II Curva de calibración.

Preparar una serie de embudos de separación con 0.0 (testigo), 1.0, 4.0, 7.0, 11.0, y 15.0 ml de la solución patrón de ABS. Agregar agua hasta una volumen de 100 ml en cada embudo de separación. Seguir los pasos que se describen en los incisos del 2 al 7 y trazar una curva de calibración en mg de ABS contra Absorbancia.

CALCULOS

El contenido de sulfato de alquilbencensulfonato (ABS) expresado en mg/l se calcula con la siguiente fórmula:

$$ABS = \frac{A}{V} \cdot 100$$

Donde:

A = mg de ABS, leídos en la curva de calibración.

V = volumen de la muestra empleada, en ml.

OBSERVACIONES

1. Se recomienda aforar sólo cuando el ABS se haya disuelto y la espuma desaparezca.
2. Si el color azul de la fase acuosa es muy pobre o desaparece después de la primera extracción, agregar 25 ml de la solución de Azul de metileno.
3. La absorbancia debe de medirse después de 15 minutos y antes de 30 de haberse desarrollado en color. Una vez transcurrido ese tiempo la solución ya no es estable.

3.12 DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES (NMP)

DEFINICIONES

ORGANISMOS COLIFORMES. Organismos capaces de crecimiento aeróbico ya sea a 35 ó 37 °C +/- 1 °C en un medio de cultivo líquido lactosado con producción de ácido y gas dentro de un periodo de 40 horas.

ORGANISMOS COLIFORMES FÉCALES (termotolerantes). Organismos

coliformes como se describe en el punto anterior quetienen las mismas propiedades fermentativas a 44 +/- 0.5 °C.

Escherichia coli presuntiva (E. coli). Son organismos coliformes termotolerantes que también producen indol a partir de triptofano a 44°C.

APARATOS Y EQUIPO

- Autoclave
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 180 a 200 °C
- Refrigerador
- Flujo laminar
- Incubadora capaz de mantener una temperatura 35 +/-1°C ó 37 +/-1°C y 44 °C.
- Cuenta-Colonias
- Microscopio
- Frascos para contener aproximadamente 100 ml de muestra de agua.
- Pipetas serológicas estériles graduadas de 1.0 y de 10.0 ml
- Tubos de ensaye de 180 * 20 mm sin labio uniformes
- Tubos de ensaye de 150 * 15 mm sin labio uniformes
- Cajas de Petri estériles
- Asa, porta-asa, laminillas
- Gradillas
- Campanas para los tubos

MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS

-Caldo lactosado al 150% y 100%

-Caldo Verde Brillante al 2%

-Agar para cuenta estándar de aguas. Puede emplearse el indicador de Cloruro de Trifenol Tetrazolio que se emplea para cuenta en placas de microorganismos mesofilos aerobios de productos farmacéuticos no estériles.

-Placas con medio de Endo, EMB o Mac Conkey.

PRESERVACION Y ALMACENAMIENTO

El análisis bacteriológico de la muestra debe practicarse inmediatamente después de su recolección, es por eso que se recomienda que de no efectuarse así el análisis se inicie dentro de las dos primeras horas próximas a la recolección de la muestra y en ningún caso, este lapso debe de exceder de 24 horas para agua potable y de 6 horas para otros tipos de agua, para que sea válido el resultado del análisis. Durante el período que transcurre del muestreo al análisis, se debe conservar la muestra a 4°C, con objeto de inhibir la actividad bacteriana para no obtener resultados falsos o dudosos.

PROCEDIMIENTO

1. PRUEBAS PRESUNTIVAS

1.1 Preparación de la muestra e inoculación del medio.

Antes del examen, mezclar perfectamente la muestra agitándola vigorosamente para lograr una distribución uniforme de los microorganismos y dependiendo de la naturaleza del agua y el contenido bacteriano esperado, hacer todas las diluciones en

esta etapa.

Utilizar series que constan de por lo menos tres diluciones: 10.0 ml, 1.0 ml y 0.1 ml.- Por cada dilución debe de haber 3 ó 5 tubos.

Para diluciones a 10 veces, poner 90 ó 9 ml del diluyente en matraces o tubos de dilución esterilizados. Alternativamente usar volúmenes de diluyente preesterilizados en botellas de tapón de rosca. Hacer una o más diluciones transfiriendo un volumen de la muestra de agua a 9 volúmenes del diluyente. Repetir estos pasos cuantas veces sea necesario. Preparar suficiente cantidad de cada dilucion para todas las pruebas que se vayan a llevar acabo con la muestra. Para diluciones diferentes a 10 veces ajustar el volumen del diluyente a la porción de prueba.

1.2 Incubación de los tubos.

Inocular los tubos inoculados ya sea a $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas.

1.3 Examen de los tubos.

Examinar los cultivos de los tubos después de un periodo de incubación de 18 a 24 horas y considerar como resultados positivos a aquellos que demuestren turbidez debida al crecimiento bacteriano y formación de gas en los tubos internos invertido, junto con producción de ácido si el medio de aislamiento contiene un indicador de pH. Reincubar aquellos tubos que no muestran alguno o todos estos cambios y examinarlos nuevamente para detectar reacciones positivas a las 48 horas.

II. PRUEBAS CONFIRMATIVAS

2.1 Inoculación del medio.

Re sembrar a partir de cada tubo de medio de aislamiento que muestre un resultado positivo en uno o más tubos de medio confirmativo, para detectar la producción de gas e indol.

NOTA: Si se usa el medio más inhibitorio de caldo lactosa para aislar, resebrar en alguno de los dos medios confirmativos más selectivos, Caldo Bilis Lactosa Verde Brillante o Caldo E C para efectuar la confirmación.

2.2 Incubación y examen.

Para confirmar la presencia de organismos coliformes, incubar un tubo de 2.1 de Caldo Bilis Lactosa Verde Brillante o Caldo EC a 37 °C y examinarlo para ver si hay producción de gas dentro de un periodo de 48 horas.

Para confirmar la presencia de organismos coliformes termotolerantes, incubar otro tubo de 2.1 de Caldo Bilis Verde Brillante a 44°C durante 24 horas para ver si hay producción de gas.

Para confirmar la presencia de E. coli presuntiva incubar un tubo de 2.1 de agua de triptona para detectar la formación de indol a 44°C durante 24 horas. Después de añadir de 0.2 a 0.3 ml de reactivo de Kovacs, al tubo de agua de triptona el desarrollo de un anillo rojo después de agitar suavemente denota la presencia de indol.

NOTA: La detección de E. coli presuntiva se considera una evidencia satisfactoria de contaminación fecal. Sin embargo pueden efectuarse mayores pruebas para la confirmación de E. coli si se considera necesario.

3. PRUEBA DE OXIDASA

Algunas bacterias existentes en el agua pueden conformarse a la definición de organismos coliformes en muchos aspectos, pero son capaces de producir gas a partir de lactosa a temperaturas inferiores a 37 °C. Por consiguiente dan resultados negativos en las pruebas confirmativas estandar para microorganismos coliformes y su presencia en agua no se considera significativa. Las especies de *Aeromonas* que se encuentran naturalmente en el agua, tienen una temperatura óptima de crecimiento en el rango 30 a 35 °C, pero a pesar de eso son capaces de producir ácido y gas a partir de lactosa a 37 °C. Tienen poco significado para efectos sanitarios y se distinguen del grupo de los coliformes por una reacción de oxidasa positiva.

3.1 Llevar a cabo la prueba con subcultivos puros de organismos fermentadores de lactosa crecidos en medios nutrientes de agar como sigue:

-Colocar 2 ó 3 gotas de reactivo de oxidasa recientemente preparado en un papel filtro en una caja de Petri.

-Con una barra de vidrio o una asa de alambre de platino, colocar el papel filtro preparado.

-Considerar la aparición de un color azul marino purpura en un lapso de 10 segundos como una reacción positiva.

NOTA: En cada ocasión que se use el reactivo de oxidasa llevar pruebas de control con cultivos de organismos que se sepa que da una reacción positiva (*Pseudomonas aeruginosa*) y una de reacción negativa (*E. coli*) en 100 ml de la muestra.

CALCULOS

A partir del numero de tubos que dan reacciones positivas en los medios de aislamiento y confirmativo, calcular por referencia a las tablas estadísticas (ver tabla N1) el numero mas probable de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y E. coli presuntiva en 100 ml de la muestra. Cuando se emplee diluciones el resultado final debera multiplicarse por el factor de dilución para hacerlo equivalente. En caso de no encontrar la combinación de tubos adecuada emplear para los calculos la siguiente ecuación:

$$\text{NMP} / 100 \text{ ml} = \frac{\# \text{ DE TUBOS POSITIVOS} * 100}{\left[\begin{array}{l} \text{ml. de muestra} \\ \text{en tubos nega-} \\ \text{tivos.} \end{array} \right] * \left[\begin{array}{l} \text{ml. de muestra} \\ \text{en todos los} \\ \text{cultivos.} \end{array} \right]}$$

TABLA 23.

Indice del NMP y limite confiable de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan: 3 tubos con porciones de 10 ml, 3 con porciones de 1 ml y 3 con porciones de 0.1 ml.

# DE TUBOS			INDICE DEL NMP POR 100ml	LIMITE CONFIABLE DE 95%	
CON REACCIONES 3 TUBOS CON 10ml	POSITIVA 3 TUBOS CON 1ml	3 TUBOS CON 0.1ml		INFERIOR	SUPERIOR
0	0	0	< 3		
0	0	1	3	< 0.5	9
0	1	0	3	< 0.5	13

TABLA 23 (Continuación).

# DE TUBOS			INDICE DEL NMP POR 100ml	LIMITE CONFIABLE DE DSM	
REACCIONES CON 10ml	REACCIONES CON 1ml	POSITIVA CON 0.1ml		INFERIOR	SUPERIOR
1	0	0	4	1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	3	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	39
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	44	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	2400		

TABLA 23 (Continuación).

# DE TUBOS			INDICE DEL NMP POR 100ml	LIMITE CONFIABLE DE PSM	
CON 3 TUBOS CON 10ml	3 TUBOS CON 1ml	POSITIVA 3 TUBOS CON 0.1ml		INFERIOR	SUPERIOR
1	0	0	4	1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	2	23
1	1	1	11	2	26
1	2	0	11	2	26
2	0	0	9	1	26
2	0	1	14	3	27
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	29
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	300
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	400	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	2400		

TABLA 24. Índice del NMP y límite confiable de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan: 5 tubos con porciones de 10 ml, 5 con porciones de 1 ml y 5 con porciones de 0.1 ml.

# DE TUBOS			INDICE DEL NMP POR 100ml	LIMITE CONFIABLE DE 95%	
5 TUBOS CON 10ml	5 TUBOS CON 1ml	5 TUBOS CON 0.1ml		INFERIOR	SUPERIOR
0	0	0	<2		
0	0	1	2	<0.5	7
0	1	0	2	<0.5	7
0	2	0	4	<0.5	11
1	0	0	2	<0.5	7
1	0	1	4	<0.5	11
1	1	0	4	<0.5	11
1	1	1	6	<0.5	15
1	2	0	6	<0.5	15
2	0	0	5	<0.5	13
2	0	1	7	1	17
2	1	0	7	1	17
2	1	1	9	2	21
2	2	0	9	2	21
2	2	1	12	3	28
3	0	0	8	1	19
3	0	1	11	2	25
3	1	0	11	2	25
3	1	1	14	4	34
3	2	0	14	4	34
3	2	1	17	5	40
3	3	0	17	5	40
4	0	0	13	3	31
4	0	1	17	5	40
4	1	0	17	5	40
4	1	1	21	7	53
4	1	2	26	9	78
4	2	0	22	7	67
4	2	1	26	9	78
4	3	0	27	9	80
4	3	1	33	11	93
4	4	0	34	12	93

TABLA 24 (continuación).

# DE TUBOS			INDICE DEL NMP POR 100ml	LIMITE CONFIABLE DE 95%	
CON REACCIONES POSITIVA	CON REACCIONES POSITIVA	CON REACCIONES POSITIVA		INFERIOR	SUPERIOR
5 TUBOS CON 10ml	5 TUBOS CON 1ml	5 TUBOS CON 0.1ml			
5	0	0	28	7	70
5	0	1	31	11	89
5	0	2	43	15	110
5	1	0	33	11	93
5	1	1	46	16	120
5	1	2	63	21	150
5	2	0	49	17	130
5	2	1	70	23	170
5	2	2	94	28	220
5	3	0	79	25	190
5	3	1	110	31	250
5	3	2	140	37	340
5	3	3	180	44	500
5	4	0	190	39	300
5	4	1	170	43	490
5	4	2	220	57	700
5	4	3	280	90	950
5	4	4	350	120	1000
5	5	0	240	68	750
5	5	1	350	120	1000
5	5	2	540	180	1400
5	5	3	920	300	3200
5	5	4	1000	640	5800
5	5	5	>2400		

3.14 DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

DEFINICIONES

RESISTENCIA: Es la propiedad que tiene una sustancia de oponerse al paso de la corriente eléctrica originada por una diferencia de potencial. Se expresa en ohms (Ω)

CONDUCTANCIA.: Es la propiedad que tiene una sustancia de permitir el paso de la corriente eléctrica originada por una diferencia de potencial. Se expresa en siemens (S) equivalente en

ohms a la menos uno (Ω^{-1}).

RESISTIVIDAD: Es la resistencia de un cubo de material, de longitud y sección unitarias. Se expresa ohms metro ($\Omega \text{ m}$).

CONDUCTIVIDAD O CONDUCTANCIA ESPECIFICA: Es la conductancia que existe en un cubo de material, de longitud y sección unitarias. Se expresa en siems por metro (S/m), equivalentes a ohms metro a la menos uno ($\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$).

REACTIVOS

- Agua desmineralizada
- Cloruro de potasio anhidro (KCl)

PREPARACION DE SOLUCIONES

1. Solución patrón de cloruro de potasio 0.01 N.

Disolver en agua desmineralizada 745.6 mg de cloruro de potasio anhidro y aforar a un litro. La solución debe tener una conductividad de 1413 $\mu\text{S/cm}$ a 25°C. La solución debe de guardarse en una botalla de polietileno o de vidrio de silicato de boro, para evitar desprendimiento de sílice de las paredes del recipiente.

MATERIAL Y EQUIPO

- Medidor de conductividad (conductímetro): emplear un instrumento capaz de medir la conductividad con un error que no exceda del 1 % para conductividades mayores de 100 $\mu\text{S/cm}$ y de 1 $\mu\text{S/cm}$ para conductividades menores de 100 $\mu\text{S/cm}$.

- Termómetro graduado que comprenda un ámbito de 0 °C a 100 °C.

- Celda de conductividad, con electrodos platinados: la celda elegida dependera de la escala esperada y la capacidad de resistencia del instrumento. Para estudios de campo deberá usarse una celda de electrodos durables de metales comunes (como acero inoxidable entre otros).

MUESTREO Y CONSERVACION DE LAS MUESTRAS

La conductividad es uno de los parámetros que se debe de analizar en el lugar del muestreo. Si no se cuenta con equipo portatil se recomienda que el volumen de muestra sea mayor de 100 ml, pudiendose almacenar en recipientes de vidrio de silicato de boro o de polietileno, durante un tiempo no mayor de 24 hrs a una temperatura de 4 °C.

INTERFERENCIAS

1. Cuando el agua contenga grandes cantidades de materiales en suspensión es preferible dejarla sedimentar antes de medir la conductividad con objeto de disminuir la posibilidad de ensuciar el electrodo de la celda.

2. Evitar que las grasas y aceites cubran el electrodo, por que afectan la precisión de la lectura.

3. -Eliminar las burbujas de aire presentes en la celda de medición.

PROCEDIMIENTO

1. Determinación de la constante de la celda :

Enjuagar por lo menos tres veces con solución de cloruro de potasio 0.01 N. Ajustar con la mayor exactitud la temperatura de

un volumen de la solución a 25 °C y medir la resistencia de esta.

2. Determinación de la conductividad de la muestra :

Enjuagar varias veces con la muestra. Cuando el equipo no cuente con compensador de temperatura, anotar la temperatura del volumen de la muestra que se va a medir. Sumergir cuidadosamente los electrodos en un vaso de precipitados o probeta con un volumen suficiente de la muestra de agua.

NOTA: Seguir las instrucciones del fabricante para la manipulación del instrumento y la determinación de la resistencia o conductividad según sea el caso. Adoptar la posición visual correcta cuando esté haciendo la lectura. Efectuar dos o más determinaciones hasta obtener lecturas similares.

CALCULOS Y EXPRESION DE RESULTADOS

Calcular la constante de la celda con la siguiente fórmula:

$$C = 0.001413 R_{KCl}$$

Donde:

R_{KCl} = Resistencia de la solución a 25 C en ohms.

0.001413 = La conductividad de la solución de KCl en S/cm.

C = Constante de la celda en cm^{-1} .

Cálculo de la conductividad de la muestra:

Quando la lectura que se obtiene corresponde a resistencia, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{C (1 \times 10^9)}{R_m [0.0191(T-298) + 12]}$$

Donde:

σ = Conductividad de la muestra en $\mu\text{S/cm}$.

Rm = Lectura obtenida (resistencia) de la muestra en ohms.

T = temperatura de la muestra en K.

0.0191 = Constante para la corrección de la temperatura en K^{-1} .

Cuando la lectura que se obtiene corresponde a conductancia, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{C(1 \times 10^6)G_m}{0.0191(T-298) + 1}$$

Donde:

σ = Conductividad de la muestra en $\mu\text{S/cm}$.

Gm = Lectura obtenida (Conductancia) de la muestra en S.

C = Constante de la celda en cm^{-1} .

T = Temperatura de la muestra en K.

NOTA: Si la conductancia de la muestra está dada en microsiemens se elimina del numerador 1×10^6 .

EXPRESION DE RESULTADOS

El resultado se expresa como:

σ = Microsiemens por centimetro ($\mu\text{S/cm}$).

IV RESULTADOS

TABLA 25 RESULTADOS

DETERMINACION	RESULTADOS POR TRIPLICADO
1. pH	a) 6.9 b) 6.9 c) 6.9
2. TEMPERATURA	a) 44°C b) 44°C c) 44°C
3. SOLIDOS SEDIMENTABLES	a) 1 ml/1 b) 1 ml/1 c) 1 ml/1
4. MATERIA FLOTANTE	a) AUSENTE b) AUSENTE c) AUSENTE
5. GRASAS Y ACEITES	a) 0.750 g/l b) 0.755 g/l c) 0.763 g/l x = 0.756 DE = 5.35 10 ⁻³ CV = 0.707 %
6. COLOR	NO SE REALIZO
7. SOLIDOS TOTALES	a) 0.870 g/l b) 0.858 g/l c) 0.876 g/l x = 0.868 DE = 7.48 10 ⁻³ CV = 0.862 %

TABLA 25 RESULTADOS (CONTINUACION)

DETERMINACION	RESULTADOS POR TRIPLICADO
8. DEMANDA QUIMICA	a) 131.2 mg/l b) 129.6 mg/l c) 134.4 mg/l $x = 131.73$ DE = 1.99 CV = 1.515 %
9. SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	a) 0.324 g/l b) 0.331 g/l c) 0.326 g/l $x = 0.327$ DE = 2.944 10^{-2} CV = 0.90 %
10. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	a) 113.0 mg/l b) 113.0 mg/l c) 111.3 mg/l $x = 112.43$ DE = 0.8014 CV = 0.713 %
11. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	a) 18.25 mg/l b) 17.9 mg/l c) 18.15 mg/l $x = 18.1$ DE = 0.1472 CV = 0.81
12. COLIFORMES TOTALES (NMP)	a) > 2400 NMP/100 ml b) > 2400 NMP/100 ml c) > 2400 NMP/100 ml
13. CONDUCTIVIDAD	a) 7.7 ppm ó 11.5 μmhs b) 7.7 ppm ó 11.5 μmhs c) 7.7 ppm ó 11.5 μmhs

V DISCUSION

1. La muestra que se utilizó fué obtenida de una descarga del agua residual de un laboratorio farmacéutico. De acuerdo a los resultados anteriores de las trece determinaciones que originalmente se planearon, se realizaron doce, la determinación que no se llevó a cabo fué la de COLOR debido a que en el laboratorio no se contaba con el equipo y el material necesario.

2. En las determinaciones en las que solo se necesita de la gravimetría y de instrumental calibrado, no hubo problema para que se llevaran a cabo, entre estas determinaciones estan:

- DETERMINACION DE pH
- DETERMINACION DE TEMPERATURA
- DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES
- DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE
- DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES
- DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS
- DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD

3. En la determinación de Grasas y Aceites es recomendable que si se tiene una pequeña cantidad de grasas y aceites se utilice el método de la NOM aunque se lleve un considerable tiempo, en caso contrario es conveniente utilizar como alternativa extracciones simples para ahorrar costo y tiempo.

4. En la determinación de la Demanda Química de Oxígeno es importante tener un control adecuado de los reactivos (en la titulación, caducidad, etc., según sea el caso), especialmente de

la solución de sulfato ferroso amónico y del indicador (solución de 1,10 fenantrolina). para evitar variaciones en los resultados. Otro parametro esencial es el tiempo de reflujo, ya que se debe asegurar que la cantidad de materia orgánica e inorgánica presente sea totalmente oxidada y ello dependerá del tipo de muestra.

5. En la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno cabe señalar que los parametros más importantes a controlar son:

5.1) trabajar la muestra en un tiempo menor a 6 horas (de no ser posible inmediatamente); 5.2) verificar que la muestra tenga un pH de 7, de no ser así hay que ajustarlo ; 5.3) corroborar que la muestra y el agua de dilución esten saturadas de oxígeno; 5.4) algunas muestras no requieran inóculo y de ser necesario se tendrá que hacer una adaptación del mismo, y por ultimo; 5.5) un control adecuado (en la preparación, utilización, caducidad, etc.) de los reactivos a utilizar.

6. En la determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno (detergentes) es necesario tener un control adecuado de:

6.1) los reactivos; 6.2) cada vez que se lleve a cabo una determinación es conveniente que se corra una curva patrón ya que la concentración va a depender del numero de extracciones que se lleven a cabo, y 6.3) hay que tomar en cuenta que la solución que se forma con azul de metileno y SAAM (detergentes) es estable durante 30 minutos, debido a que se degrada.

7. Para poder seleccionar el método que se utilizó en cada determinación fu necesario hacer un estudio previo para evaluar:

reactivos a utilizar, costo de la determinación, sensibilidad del método, equipo con el que se cuenta en el laboratorio, facilidad de realizar la determinación, tiempo en horas-hombre y mano de obra referente a la necesidad de personal calificado.

VI CONCLUSIONES

1. El método interno se eligió solo para pH y temperatura.

2. El método oficial se eligió para las determinaciones:

- Sólidos sedimentables.
- Grasas y aceites.
- Sólidos totales.
- Demanda química de oxígeno.
- Sólidos suspendidos totales.
- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Sustancias activas al azul de metileno.
- Coliformes totales.
- Conductividad.

3. En ninguno de los casos se seleccionó el método de los KITS porque no cumplía con la sensibilidad requerida.

4. Para verificar que los métodos eran reproducibles fue importante tener bajo control los parámetros que influyen en cada determinación.

5. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que los métodos seleccionados son reproducibles, ya que no se encuentra variación significativa en los resultados y la mayoría de ellos se encuentran dentro del rango de sensibilidad predefinido (tabla 1). Sin embargo, son alternativas analíticas disponibles en caso de que no se requiera alta sensibilidad.

6. La determinación que se sale del rango es: Grasas y aceites. Cabe mencionar que la tabla 1 se obtuvo de algunas de las NTE (Normas Técnicas Ecológicas) ya existentes para algunas

industrias.

7. Las especificaciones contenidas en la TABLA 1 incluyen 11 diferentes tipos de industria y contempla el rango para cada una de las determinaciones sujetas al estudio.

Cabe mencionar que en este listado no se incluye la Industria Farmacéutica.

BIBLIOGRAFIA

1. NOM-AA-3-1980. AGUAS RESIDUALES.-MUESTREO.
2. NOM-AA-8-1980. AGUAS-DETERMINACION DE pH.
3. NOM-AA-7-1980. AGUAS DETERMINACION DE LA TEMPERATURA.
4. DGE-AA-4-1977. AGUAS DETERMINACION DE SOLIDOS SRDIMENTABLES.
5. DGE-AA-1973. DETERMINACION DE MATERIA FLOTANTE EN AGUAS RESIDUALES.
6. NOM-AA-5-1980. AGUAS.-DETERMINACION DE GRASAS Y ACRITES.
7. NOM-AA-45-1981. ANALISIS DE AGUA.-DETERMINACION DE COLOR (ESCALA PLATINO-COBALTO).
8. NOM-AA-34-1981. ANALISIS DE AGUA DETERMINACION DE SOLIDOS.
9. NOM-AA-30-1981. ANALISIS DE AGUA.-DETERMINACION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.
10. NOM-AA-28-1981. ANALISIS DE AGUA.-DETERMINACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO.
11. NOM-AA-12-1980. AGUAS.-DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO.
12. NOM-AA-39-1980. AGUA.- DETERMINACION DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO.
13. NOM-AA-42-1987. CALIDAD DEL AGUA -DETERMINACION DEL NUMERO MAS PROBABLE (NMP) DE COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES (TERMOTOLERANTES) Y Escherichia coli PRESUNTIVA.

14. STANDARD METHODS FOR DE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA).- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) AND WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).- 14 th EDITION..
15. NOM-AA-93-1984. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.
16. LEGISLACION RELATIVA AL AGUA Y SU CONTAMINACION. SARH (SUBSECRETARIA DE PLANEACION - DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA), 1975.
17. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. HENNEROW NELSON LEONARD. MADRID, ESPANA. 1977.
18. DIARIO OFICIAL DEL 20 DE SEPTIEMBRE DE 1991.

NOTA: NOM = NORMA OFICIAL MEXICANA