

CAL 1997 A

CODIGO 82084983

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS**

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD



**ESTUDIO DE CONTAMINACION DEL RIO LA LAJA JALISCO
(1996-1998)**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

P R E S E N T A :

LUIS ALBERTO MARTINEZ RODRIGUEZ

GUADALAJARA, JALISCO, JULIO DEL 2002.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Centro Universitario de Ciencias de la Salud
Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental

SUBCOMITE DE TESIS E INVESTIGACION

M.C. Martha Georgina Orozco Medina

Titular por el CUCBA

Dr. Miguel Raygoza Anaya

Titular por el CUCS

Presente:

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted(es), que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó el(a) pasante:

LUIS ALBERTO MARTINEZ RODRIGUEZ

con el título: ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO LA LAJA, JALISCO (1996-1998)

Manifestamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva dar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

Las Agujas, Zapopan Jal., a de junio del 2002



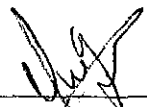
M.C. Ma. Cruz Arriaga Ruiz
Directora del Trabajo de Tesis



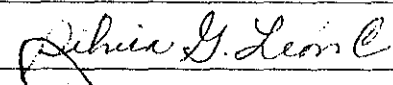
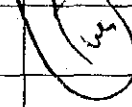
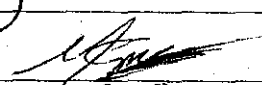
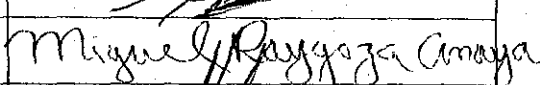
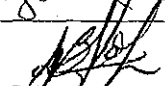
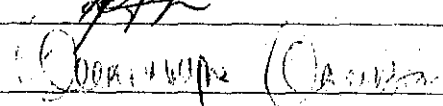
Luis Alberto Martínez Rodríguez
Alumno

Asesores

1. Dra. Martha Georgina Orozco Medina
2. Dr. Miguel Raygoza Anaya



Miguel Raygoza Anaya

Sinodales	Firma
1. MGSS. Silvia León Cortés	
2. Dr. Arturo Curiel Ballesteros	
3. M.C. Ma. Arriaga Ruiz	
4. Dr. Miguel Raygoza Anaya	
5. M.C. Alberto Jiménez Cordero	
6. Dra. Guadalupe Garibay Chávez	
Suplente	

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme permitido llegar a concluir un ciclo de metas para mi superación personal y profesional.

MI FAMILIA:

Por inculcarme el amor y la disciplina de mejorar día a día.

A MIS MAESTROS:

Por haberme enseñado y compartido toda su experiencia en conocimientos educativos.

A MIS AMIGOS:

Por compartir momentos inolvidables en estos cuatro años.

A M.C. MARICRUZ ARRIAGA, MGSS SILVIA LEON, DR. CURIEL, DR. RAYGOZA, M.C.

JIMENEZ, DRA. GARIBAY, DRA. MARTHA GEORGINA.

Por su apoyo incondicional.

INDICE GENERAL

TEMA	PAGINA
1.-RESUMEN.....	1
2.-INTRODUCCION.....	3
3.-JUSTIFICACION.....	5
4.-OBJETIVOS.....	6
5.-HIPOTESIS.....	6
6.-MARCO TEORICO	7
6.1 CARACTERISTICAS DE LAS DESCARGAS SECTORIALES AGROINDUSTRIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	
INDUSTRIA PORCICOLA.....	7
INDUSTRIA TEQUILERA.....	11
INDUSTRIA DE LÁCTEOS.....	19
6.2.-EL RECURSO HÍDRICO Y SU COMPOSICIÓN	20
CICLO HIDROLÓGICO.....	21
OCÉANOS.....	23
AGUAS SUPERFICIALES.....	23
AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	25
POZOS.....	26
NACIMIENTOS.....	26
6.3 CLASIFICACION DE LOS CUERPOS DE AGUA	26
6.4 PROPIEDADES DEL AGUA.....	27
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	28

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	29
FACTORES BIOLÓGICOS.....	29
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
6.5 MUESTREOS Y METODOS ANALÍTICOS PARA LA CALIDAD	
TIPO DE MUESTREOS Y EQUIPOS.....	35
MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTAMINANTES ACUÁTICOS.....	36
6.6 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LOS CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS.....	40
6.7 MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS.....	48
6.8 INDICES DE CALIDAD DEL AGUA.....	49
6.9 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA.....	51
6.10 LOS CONTAMINANTES EN LOS ECOSISTEMAS	53
CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN.....	53
EFFECTO EUTROFICACION.....	53
TIPOS DE CONTAMINANTES.....	55
ENVENENAMIENTO.....	56
EL EFECTO DE LOS NUTRIENTES DISUELTOS.....	57
6.11 PROPIEDADES FISICAS Y DE AGREGACIÓN	58
6.12 EL AGUA CALIENTE COMO CONTAMINANTE.....	64
DETERMINACIÓN DE METALES.....	65
6.13 CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS.....	9
6.14. COMPONENTES ORGÁNICOS.....	74
7. METODOLOGÍA.....	76

8. RESULTADOS	85
9. DISCUSIÓN	95
10. RECOMENDACIONES	101
11. CONCLUSIONES	104
12. BIBLIOGRAFIA	107

ABREVIATURAS

CNA	Comisión Nacional del Agua
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
G y A	Grasas y Aceites
ICA	Indice de Calidad del Agua
INE	Instituto de Ecología
LPS	Litros por Segundos
OD	Oxígeno Disuelto
pH	Potencial de Hidrógeno
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDUE	Secretaría de Desarrollo urbano y Ecológico
S.A.R.H	Secretaría de Recursos Hidráulicos
UPH	Unidades de Potenciales de Hidrogeno

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.-Principales residuos agroindustriales y urbanos que se producen a nivel nacional.....	17
Cuadro 2.- Se pueden observar el nivel de extracción, consumo y descarga de las principales industrias de la nación.....	18
Cuadro 3.-Principales cationes metálicos que causan la dureza y los principales aniones asociados a ellos.....	60
Cuadro 4.-Dos ejemplos de las clasificaciones utilizadas para las aguas duras.....	61
Cuadro 5.-Descargas tequileras (Vinazas).....	81
Cuadro 6.-Descargas porcícolas.....	81
Cuadro 7.-Descargas municipales	82
Cuadro 8.- Descargas de residuos lácteos	82
Cuadro 9.-Muestreo por las estaciones de año y frecuencia de muestras.....	83
Cuadro 10.-resultados de los análisis de descargas porcícolas	86
Cuadro 11.- Resultados de los análisis de descargas de lácteos	86
Cuadro 12. índices de calidad del agua de la zona de estudio Sep-1996-Ene.1997.....	88
Cuadro 13.- índices de calidad del agua de la zona de estudio Marzo a Julio de1997.....	90

Cuadro 14.-Cuadro concentrado de parámetros físicoquímicos de descargas Municipales.....	91
---	-----------

Cuadro 15.- Cuadro concentrado de parámetros físicoquímicos de descargas Industria tequilera.....	92
--	-----------

Cuadro 16.- análisis comparativo de los parámetros físicoquímicos: DBO,DQO, OD, SST, de las diferentes descargas municipales.....	93
--	-----------

Cuadro 17.-análisis comparativo de los parámetros físicoquímicos: pH, CLORUROS, SAMM, SS, de las diferentes descargas municipales.....	93
---	-----------

Cuadro 18.- análisis comparativo de los parámetros físicoquímicos:COLIFORMES TOTALES Y FECALIS , NITRITOS , GRASAS Y ACEITES, de las diferentes descargas municipales.....	94
---	-----------

Cuadro 19 .Acciones propuestas para el municipio de Zapotlanejo.....	100
---	------------

INDICE DE FIGURAS , MAPAS Y GRAFICOS

Figura 1.-Ciclo Hidrológico	20
--	-----------

MAPA 1.-Escala de la zona de estudio.....	77
--	-----------

MAPA 2.- AEREO de la zona de estudio).....	78
--	-----------

DIAGRAMA 1.- Planta de tratamiento de aguas residuales.....	33
--	-----------

GRAFICO 1 Indices de calidad del agua de periodo Sep-1996-Ene.1997.....	87
--	-----------

GRAFICO 2 Indices de calidad del agua de periodo Marzo a Julio-1997.....	89
---	-----------

1. RESUMEN

Los asentamientos humanos Históricamente hablando se han desarrollado en los márgenes de los ríos y los arroyos o cualquier tipo de cuerpo acuático, con el propósito de satisfacer sus necesidades más elementales

Como podemos observar, el recurso hídrico constituye uno de los elementos básicos para la especie humana, y es uno de los recursos vitales para que este desarrolle una gran cantidad de actividades, entre las que se encuentran por ejemplo las agrícolas, industriales, y para el uso personal, siendo igual de importante para la realización de las diversas dinámicas que se llevan a cabo en los diferentes ecosistemas.

En la actualidad se han identificado diferentes fuentes de contaminación de los distintos sistemas acuíferos. Se denominan potencialmente los que aun no están activos, o no se han podido demostrar sus actividades, por su geometría se dividen en tres grupos, los cuales son: puntuales, lineales y difusas, y por su origen en dos grupos: naturales o antrópogenicas.

La industria trajo consigo la generación de residuos líquidos denominados aguas residuales la cual representa una fuente de contaminación para los ecosistemas acuáticos. Como es el caso de la zona de estudio, ya que esta es una cuenca en donde se encuentran asentadas, las poblaciones que son: el Salitre, Santa Fe, la Laja y pueblos de la barranca, los cuales generan una gran cantidad de residuos domésticos, y en donde la principal actividad económica que se realiza es la industria tequilera, la industria de lácteos, y la industria porcícola.

Debido a la importancia y la trascendencia de la interacción, de los cuerpos de agua y de los centros productivos, la investigación pretende identificar los problemas de la contaminación de agua, por descargas tanto de giros industriales como municipales, en la entidad de la Cuenca del río la Laja. Para lograr este objetivo se determinaron las fuentes de contaminación del agua superficial, Tomado en cuenta la ubicación de industrias, asentamientos urbanos, áreas agrícolas y pecuarios, elaborándose un listado de las fuentes de contaminación más importantes.

Se cuantificó y se identificó, el grado de contaminación del cuerpo acuático, considerando los parámetros fisicoquímicos del agua, y los aspectos biológicos como es la presencia o ausencia de ciertos microorganismos, los cuales son considerandos como indicadores biológicos.

Tomando en cuenta las consideraciones que establece la Norma Mexicana NOM-ECOL-001/98 y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que ésta establece, fueron consideradas al analizar las muestras que se tomaron en los cinco puntos de muestreo, durante once meses. Aplicándose en el análisis de las descargas municipales, de las descargas porcícolas y de las descargas de lácteos.

Los resultados de los análisis de aguas Municipales, estas presentaron altas concentraciones de DBO, SST, Grasas y Aceites, y microorganismos patógenos, y de acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo de estudio, no cumplen con los límites máximos permisibles de contaminación de aguas residuales municipales. Los resultados de los análisis de aguas residuales de la industria del tequila, nos indican que las características que presentan estas vinazas se conceptualiza como agua de riesgo ya que no cumplen con la normatividad NOM-CCA-031ECO/96. De acuerdo a los resultados de los siguientes parámetros DBO,OD, DQO, y Sólido en todas las presentaciones, con un pH que es muy bajo y la temperatura de descarga es de 90⁰C sin tener la presencia de microorganismos patógenos. Las descargas de aguas residuales de lácteos, los análisis realizados a estas descargas nos permitieron observar concentraciones altas en materia orgánica, color, pH, grasas y aceites, y en sólidos totales. Donde no cumplen con la normatividad (NOM 002 –CCA- ECO/ 97). Se requiere de dar un tratamiento previo el cual consiste procesos fisicoquímicos y reconocimiento de la utilidad de este residuo.

En cuanto a los índices de calidad del agua (ICA). Se observo la tendencia de Septiembre a Enero del 1996- 1997, donde el análisis de las muestras de agua del río de la Laja en los 5 puntos de muestro a lo largo de 20 Km. Se observa que el comportamiento fue similar por que van de 38 a 58 (ICA). y son valores altos aunque estos no son satisfactorios, para la calidad de la vida acuática (índices mínimos, para un ecosistema en equilibrio debe ser mayor de 70 ICA). Por lo tanto hay que mencionar que con estos resultados, para un uso de agua potable requiere de un tratamiento para este tipo de uso, ya que puede provocar problemas a la salud en las poblaciones de estudio. En lo que se refiere a un uso para aguas recreativas, tienen una calidad aceptable, pero no recomendable.

Se propone un plan de restauración tomando en cuenta los fundamentos biológicos de la depuración de los ecosistemas acuáticos; para esto es necesario el control eficiente de las descargas por medio del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM 002 FEB,19978) , afín de evitar el aporte de mayor cantidad de residuos al cuerpo de agua y con ello facilitar la autodepuración del sistema acuático.

Se plantea la necesidad de realizar el control estricto de las fuentes de contaminación y algunas alternativas de solución que puedan realizarse.

2. INTRODUCCION

Históricamente los asentamientos humanos se han desarrollado en los márgenes de los ríos y los arroyos o cualquier tipo de cuerpo acuático, con el propósito de satisfacer sus necesidades más elementales. La demanda del agua potable ha aumentado significativamente y por lo tanto, las poblaciones y las industrias se han visto en la necesidad incluso de retornar las aguas residuales a las fuentes de abastecimiento.

De esta forma se plantea una curiosa paradoja del agua; es un recurso y al mismo tiempo un vehículo o receptáculo de desechos; Sin embargo, no existe contradicción entre estas dos funciones debido a que el líquido está dotado de un poder autopurificante, entre más dinámico es el sistema, se producen más bacterias capaces de eliminar la materia orgánica que se le agregue, pero este poder reductor no es infinito, ni se ejerce sobre los residuos químicos característicos del siglo XX. En la practica el vertido de residuos se muestra desastrosa, tan pronto se rebasan los límites de la autodepuración. (Bethemont, 1980).

En tiempos actuales la contaminación de los cuerpos acuáticos es un problema digno de tomarse en cuenta debido a que el uso intensivo, la degradación creciente y los problemas de salud como el deterioro de los acuíferos así como la disminución de fuentes de abastecimiento de fuentes de agua potable, indispensables para las poblaciones humanas, las cuales presentan problemas de salud por consumir agua contaminada, está en función de su utilización y está definida por un determinado número de parámetros cualitativos y cuantitativos.

El equilibrio ecológico y la existencia de gran cantidad de especies de flora y fauna acuáticas en ríos, lagos, lagunas, estuarios y zonas costeras. Las prácticas asociadas con el manejo y disposición de las aguas residuales, también han traído consigo diversos efectos socioeconómicos. Con la contaminación del recurso, se ha reducido la disponibilidad de agua superficial de buena calidad, ocasionando una explotación mayor de los mantos acuíferos, y la importación de fuentes cada vez más lejanas a los centros de desarrollo urbano-industrial, con el consecuente incremento en los costos de suministro y el déficit constante en la dotación a los sectores más pobres de la población.

Por lo anterior, es de primordial importancia clasificar los cuerpos receptores según el uso que se les pretenda dar, además de hacer un manejo eficiente de la información de la calidad del agua, de manera que con investigaciones científicas y programas de educación ambiental, como de salud ambiental, para que pueda el público estar enterado de la situación actual en materia de agua, y con ello estar dispuesto a colaborar y proponer propuestas que demande sus necesidades sentidas y plantearlas a las autoridades correspondientes.

Donde se determinaron las fuentes de contaminación del agua superficial, tomando en cuenta la ubicación de las industrias, asentamientos urbanos, áreas agrícolas y pecuarios, elaborándose un listado de las fuentes de contaminación más importantes.

De igual manera se cuantificaron e identificaron el grado de contaminación del cuerpo acuático, considerando tanto los parámetros fisicoquímicos del agua, como los aspectos biológicos, como son la presencia o ausencia de ciertos microorganismos, considerándolos como indicadores biológicos.

Denotando un plan de restauración, tomando en cuenta los fundamentos biológicos de la depuración de los ecosistemas acuáticos; para esto es necesario el control eficiente de las descargas por medio del cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana (NOM 002 ECOL/1998), afin de evitar el aporte de mayor cantidad de residuos al cuerpo de agua y con ello facilitar la autodepuración del sistema acuático.

La investigación está fundamentada en el análisis de uso intensivo del agua, en los efectos de los contaminantes naturales y los que genera el hombre en el ecosistema acuático del río de La Laja. Por lo que se identifican las fuentes más importantes de la contaminación de este cuerpo de agua, así como la consecuencia del deterioro en la calidad del agua y la degradación del ecosistema, presentándose resultados del análisis de descargas en dicho río, determinando cual es el contaminante y el tipo de residuo que se aporta al sistema acuático.

La evaluación de los parámetros físico-químicos de las descargas residuales de las poblaciones y efluentes agroindustriales tales como vinazas y cerdazas en el periodo de Julio a Noviembre de 1996. Se plantea la necesidad de realizar el control estricto de las fuentes de contaminación y algunas alternativas de solución que puedan realizarse. Que nos permitan reconocer cual es el estado de salud del ecosistema y los posibles efectos a la salud de la población asentada al margen del río, por lo cual se desprenden los siguientes cuestionamientos:

¿Cuál es el origen de las descargas que se vierten en el río?

¿Cuales son los niveles de contaminantes en las descargas que se vierten al río?

¿Cuales son los niveles de contaminación en que se encuentra el río?

¿Los índices de calidad del agua del río presentes, determinarán sus usos?

¿Que tecnologías existen para lograr el tratamiento y la utilización de los residuos agroindustriales?

3. JUSTIFICACION

En los últimos años un número considerable de empresas industriales enfrentan serios problemas con relación a las descargas o disposición inadecuada de sus efluentes líquidos y sólidos que son descargados sin previo tratamiento a los cuerpos acuíferos .

Están obligados a pagar altas multas o impuestos por las descargas de estos efluentes en ríos, como en colectores municipales o más aún, simplemente se les exige que construyan plantas para el tratamiento de sus efluentes.

Eliminar muchas compañías industriales, que están a las expectativas de poder encontrar alguna solución para resolver los problemas de contaminación y reducir su costo de operación, y que no exijan altas inversiones para su implementación. Esto mismo se aplica a todas las industrias del estado de Jalisco, y según su giro industrial es el tipo de descargas residuales, los cuales van a parar ya sea en un sistema de colectores municipales o bien en los cuerpos de agua receptores del estado.

Sin embargo no ha sido suficiente dicha reglamentación, ya que hasta la fecha los cuerpos acuíferos se siguen contaminando y la calidad del agua continúa decreciendo en forma acelerada, aumentando los riesgos a la salud pública ya que en el agua se encuentran presentes sustancias tóxicas, y gran cantidad de microorganismos patógenos. Por consiguiente es necesario realizar estudios completos de la situación que guardan los sistemas hidrográficos, por la gran variedad de causas que presentan, no tan solo de índole estético, sino de problemáticas de presencias de aerosoles hasta olores desagradables que caracterizan a estas cuencas contaminadas.

Debido a la importancia y la trascendencia de la interacción de los cuerpos de agua y de los centros productivos, la investigación pretende identificar los problemas de la contaminación de agua por descargas tanto de giros industriales como municipales en la entidad en estudio.

En este sentido la salud ambiental es una disciplina por con él desarrollo de este proyecto maneja una problemática como prioritario desde este punto de vista de los intereses políticos y de investigación tanto a nivel internacional como nacional por lo que el presente proyecto es una aportación al conocimiento integrar de las causas y consecuencias de la contaminación y obligación a la postura de generar propuestas para su atención

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la contaminación del agua, del río de la Laja Jalisco, por descargas industriales y municipales, 1996-1998

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Localizar las principales fuentes de contaminación, industrial y municipal ,en el río de la Laja Jalisco..

Analizar las descargas municipales, que son vertidas en el río de la Laja de acuerdo con la NOM 002 ECOL// 1998.

Analizar las descargas de las industrias: porcicola, tequilera y lácteos, que son vertidas en el río de la Laja de acuerdo con la NOM 002 ECOL// 1998.

Determinar los índices de calidad del agua ICA a lo largo del río de La Laja Jalisco.

5. HIPOTESIS DEL TRABAJO

Las descargas municipales e industriales vertidas al río la Laja Jalisco, rebasan los parámetros establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM 002, ECOL/1998), y representan una amenaza a la salud y a la estabilidad del ecosistema.

6. MARCO TEORICO

6.1 CARACTERISTICAS DE LAS DESCARGAS AGROINDUSTRIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

INDUSTRIAS PORCICOLAS

Las industrias porcícolas han enfrentado grandes problemas de tipo económico pero a estos problemas se han sumado el creciente problema de la contaminación ambiental, en áreas críticas como la cuenca del río Lerma Santiago, se localiza una parte significativa la industria porcícola nacional, en los municipios de La Piedad, Michoacán y de Pénjamo , Guanajuato . Pues se estima que en esta zona se localizan cerca de un millón de cerdos confinados, en su mayor parte en granjas de más de 5,000 cerdos por explotación.

Por lo tanto, la industria porcícola nacional tiene que enfrentar:

Un mercado con demanda estancada por el bajo nivel de ingresos de la población , un costo elevado por la necesidad de utilizar complementos concentrados de proteína de origen externo (pasta de soya) y, por si fuera poco tiene que completar las perspectivas de ver elevado su costo de operación, para satisfacer las exigencias de los nuevos reglamentos de la Secretaría del desarrollo social (SEDESOL -1999).

El aprovechamiento de estiércol de cerdo, responde a una creciente necesidad por conocer primero el potencial contaminante del estiércol de cerdo, para en base a ese conocimiento, plantear diferentes posibilidades de solución desde el punto de vista de lo que es considerado como biotecnología ambiental.

Se pretende crear conciencia y cultura entre las personas dedicadas a la actividad porcícola, de lo que representa para el medio ambiente que nos rodea, tirar indiscriminadamente toneladas de estiércol de cerdo. Por otro lado, se pretende una serie de alternativas técnicas y económicamente viables que bien pueden ayudar a solucionar el problema de contaminación ambiental, así como incrementar la disponibilidad de fuentes, de suministro de nutrientes para el mayor desarrollo y fortalecimiento de la porcicultura en nuestro país.

El conocimiento de nuestro medio ambiente y el efecto que se ejerce sobre la actividad industrial contaminante, hará que tomemos conciencia y reflexionemos para dejar un mundo más limpio y más bello a las futuras generaciones.

La necesidad de una mayor producción de carne, a conducido a la actividad porcícola a un cambio de explotación de transpatio por intensiva, lo cual ha traído consigo muchos problemas de contaminación ambiental debido a las grandes cantidades de estiércoles generados (65 Kg/día/1,000 Kg. de peso vivo), y que no son manejados al menos en México en forma adecuada para proteger el medio ambiente. (7)

Regiones seleccionadas se han establecido tecnologías para la utilización del estiércol porcino, con la finalidad de obtener alimentos para animales en un proceso de recirculación de nutrientes, de particular importancia se han llevado estudios a efectos en los últimos años en la región porcícola del estado de Michoacán, que han conducido al desarrollo de tecnologías intermedias, con doble finalidad: contribuir a la producción de alimentos para animales porcícolas y aminorar el grado de contaminación del ambiente. Así como también se ha utilizado el estiércol en hectáreas de tierras destinadas al cultivo.

Concentraciones de 700 Mg. o más de nitrato por Kg. de pastura se consideran parcialmente tóxicos para el ganado. En el agua la concentración de nitratos se considera excesivo cuando más de 10 Mg. /lt de agua potable.

Los nutrientes llevados al agua por el estiércol traen crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, las que harán difícil el uso del agua. Los pescados también mueren como consecuencia de que el oxígeno se acaba cuando los nutrientes se encuentran en exceso en el agua.

La atención de muchos países sobre las rutinas porcícolas anteriores han sido un punto de gran interés, porque éstas pueden alterar a la salud y al bienestar de sus ciudadanos. Conforme las prácticas porcícolas han ido aumentando el efecto sobre el medio ambiente y se ha tratado de que estas prácticas antiguas e inadecuadas para el medio ambiente dejen de practicarse.

Impacto de la porcicultura en el medio ambiente

La mayoría de las granjas dedicadas a la crianza de cerdos consumen grandes volúmenes de agua diariamente en el lavado de las porquerizas y estas aguas son conducidas a un punto determinado donde se concentran y permanecen sin ningún tipo de tratamiento. (Andreadakis, 1992). Los desechos sólidos son transportados manualmente y vertidos en los alrededores de las granjas, no habiendo un sitio determinado para su disposición. (Mazzotta, 1992).

Los problemas de contaminación que se presentan son tanto en el suelo como los causados por la infiltración de las aguas hasta alcanzar los mantos de agua subterránea, la cual recibe una gran cantidad de contaminantes, tanto de materia orgánica como de microorganismos, esto ha sido comprobado por análisis de laboratorio de esas aguas en las que se encontraron elevadas concentraciones de organismos coliformes de origen fecal. Aún en el caso de que las excretas sean

separadas de las aguas se tiene un efecto muy similar, ya que ellos son depositados directamente sobre el suelo, donde se descomponen permitiendo la proliferación de moscas y otros insectos. (Vázquez, 1993).

El estiércol del cerdo está constituido de ingredientes alimenticios no absorbidos y no digeridos de productos catabólicos del metabolismo, de secreciones, de células microbianas y de tejidos.

Que después de la excreción, continúa su degradación debido a la acción microbiana produciéndose gases, olores y contaminación del suelo y del agua.

Entre los residuos animales el cerdo es el que más contamina debido a su alto contenido de materia orgánica e inorgánica, además de cerca del 50 % de la flora del agua residual de las granjas porcícolas está constituido de especies patógenas capaces de producir colibacilosis, disentería, salmonelosis, enteritis aguda, abscesos, tuberculosis, erisipela del cerdo, etc. Afortunadamente el estiércol del cerdo o diferencia de residuos industriales como el plástico, pueden ser incorporados a los ciclos biológicos naturales, por otro lado el estiércol de cerdo representa uno de los recursos menos aprovechados en México, que puede utilizarse como fuente de nitrógeno y minerales en la alimentación animal, lo que ayudaría en forma significativa a solucionar los problemas de contaminación ambiental, una vez establecido el reciclaje

La composición química del estiércol del cerdo especialmente el del alto contenido de nitrógeno(14 % de proteína cruda) (9) se sugiere la posibilidad de utilizarlos en la alimentación animal.

Aunque el estiércol de cerdo ha sido utilizado satisfactoriamente en mezclas alimenticias para los animales sin aparentar efectos dañinos para los animales, la práctica de utilizarlos sin procesamiento puede presentar un peligro potencial para su salud ya que el estiércol puede contener agentes patógenos. (10, 11).

La mayor preocupación es sobre la transmisión de enfermedades y un exceso de nutrientes en el agua debido al arrojado de estas excretas a éstas, y por lo tanto una excesiva contaminación de las aguas.

Hay más de 100 enfermedades que pueden ser transmitidas al hombre por los animales pero solo un pequeño número de ellas se encuentra en el estiércol.

La presencia de éstos microorganismos en el estiércol no necesariamente implican un riesgo a la salud, se pueden eliminar los patógenos en el estiércol, pues hay muchas condiciones en el medio ambiente que limitan su sobre vivencia, como organismos competitivos, variaciones de la temperatura, la luz solar, humedad y niveles de

nutrientes. Por ejemplo, el excremento de cerdo contaminado es más patógeno en invierno que en verano, ya que los microorganismos sobreviven más tiempo. (33)

Uno de los aspectos más estudiados es la posibilidad de recircular la proteína fecal de los cerdos, esta posibilidad se origina del hecho de que los cerdos excretan cerca del 30% del nitrógeno que ingieren y que en gran parte del nitrógeno excretado es de proteína de buena calidad, sin embargo, es necesario reconocer la existencia de limitantes toxicológicas por la eventual acumulación de metales como el cobre y el aluminio.

Ahora bien, aún reciclando todo el estiércol del cerdo producido en una granja en la alimentación animal mediante un proceso de fermentación para eliminar posibles riesgos de enfermedades siempre existirá una fracción líquida contaminante que requiera de un tratamiento adecuado antes de ser descargado a cualquier cuerpo receptor del agua, esto pudiera realizarse a través de lagunas aireadas mecánicamente.

Tradicionalmente se ha utilizado estanques grandes llamados lagunas para la disposición de desechos animales con el único interés histórico que puedan utilizar los constituyentes de estos líquidos como fertilizantes.

En Cuba existen centros de ceba y centros integrales de ganado porcino con diferentes capacidades llegando hasta 25,000 cabezas lo que provoca una elevada contaminación puntual.

Uno de los residuos más importante en el mundo por su producción, distribución geográfica y potencial contaminante son los procedentes del ganado porcino, agravado en algunos lugares por la concentración de animales en explotaciones industriales con gran número de cabezas con la consecuente acumulación de residuos. Ello introduce una nueva dificultad al problema de la contaminación, pero sin embargo concentra una fuente de materia orgánica con alto valor energético, haciendo posible su ulterior aprovechamiento como puede ser el de su transformación en metano.

La fermentación anaerobia de estos desechos nos permite:

Eliminar la contaminación, ya que con este proceso se puede reducir en un 70 - 80 % el material orgánico contaminante.

Obtener energía, pues por cada 1000 Kg. de sólidos totales (EST) del residuo tratado se pudiera obtener unos 250 m³ de metano, que en países tropicales como el nuestro, la relación en el proceso de obtención de metano y el consumo de energía supera los 10/1, cantidad que avala su rentabilidad.

Aplicación del efluente del proceso como fertilizante o para la creación de plantas acuáticas, microalgas y peces.

Utilizar el lodo digerido como abono orgánico y acondicionador de suelos.

Los desechos porcinos son un sustrato complejo para la digestión anaerobia directa ya que el contenido de los sólidos volátiles está compuesto de materiales solubles fáciles de ser digeridos; partículas finas y partículas fibrosas de mayor tamaño, las cuáles son relativamente inaccesible al ataque microbiano.

Para lograr una mejor eficiencia en la degradación de estos desechos es necesario utilizar un tratamiento preliminar para remover esas fibras largas que pueden provocar un bloqueo o tupición de las tuberías y equipos auxiliares, por otro lado esos sólidos biológicos inertes ocuparían después de sedimentarse dentro del digestor un volumen, disminuyendo la capacidad efectiva del mismo durante el tiempo de operación.

En nuestro país el residual porcino presenta unas concentraciones de ST inferiores a 2.5 % por lo que el empleo de digestores convencionales no es recomendado.

La digestión anaerobia de desechos de animales empleando reactores empacado y de microorganismos en suspensión ha recibido una considerable atención en los últimos años (Kennedy et al., 1982; Blanchard et al., 1984; Wilkie et al., 1984, 1986; Bolte et al., 1986; Lo et al., 1984; Hill et al., 1985, 1988). Shoemaker et al., (1986); Viñas, (1990, 1991), reportaron el empleo del proceso UASB en el tratamiento de estos desechos.

En el presente trabajo se expone los resultados del proceso UASB en el tratamiento de los residuales porcinos previamente tratados en un digestor de modo ascendente de sólido-líquido y una tecnología de tratamiento integral con su costo y período de recuperación para tratar los residuales de una granja de 20000 cerdos.

INDUSTRIA TEQUILERA

El tequila es uno de los productos regional cuyo origen al parecer data de la época prehispánica, cuando las tribus de los tiquilos lo elaboraban para ser consumidos en sus ceremonias por los sacerdotes y ancianos.

Entre mediados del siglo XVII se otorgaron las primeras concesiones por parte de la corona española, para producir tequila (Avalos 1982). Desde entonces y hasta la fecha el proceso de producción de tequila se ha mantenido en forma tradicional.

Del proceso de producción de tequila llama particularmente la atención, la operación de destilación, ya que en ésta se obtiene el tequila propiamente dicho y la vinaza.

Las vinazas en general son los subproductos obtenidos durante la destilación alcohólica de un mosto fermentado y representa la fracción no volátil de la materia que se obtiene en la corriente del fondo de la primera columna de destilación Sheenan & Greenfield, 1980. Este subproducto representa un gran porcentaje de flujo de materia y actualmente se desperdicia vaciándolo al drenaje, con lo que se convierte en un contaminante importante, pues su contenido de sólidos, aunque bajos (2 - 3 % p/v) se vuelve significativo por los volúmenes que se vierten. Lo anterior significa que para una producción de 10,000 lts. de tequila al día desperdicia 100,000 lts. de vinaza diariamente que representan aproximadamente de 1,800 a 2,700 Kgs. de sólidos al día (Guzmán 1987).

Así Sivanka et. al (1984) reporta que la producción de vinazas en la India anualmente es de aproximadamente 15,000 metros cúbicos.

Monteiro en 1975 haciendo una estimación de la producción de alcohol en el Brasil, concluyó que el equivalente en contaminantes (DBO 5) del año 1975 fue el de una ciudad de cien millones de habitantes.

De igual manera Tauk en 1982 estimó que la producción de alcohol de Brasil en el año de 1985 sería de 9 millones de metros cúbicos considerando que la producción de vinaza fue de aproximadamente 115 millones de metros cúbicos, este tipo de vinazas fueron obtenidas a partir de caña, cosa que en México también se producen este tipo de vinazas, pero para el presente estudio interesa revisar las vinazas que son producidas a partir de la materia prima denominada agave, ya que éstas presentan otro tipo de características físicoquímicas que se estudiarán.

La industria tequilera ha provocado de manera inherente un problema de contaminación manifestado por sus efluentes o residuos de destilación que se les llama vinazas.

Estas vinazas han constituido un grave problema ecológico ambiental debido a su alto potencial contaminante y a la compulsión química y condiciones en que se descargan, dado por su elevada demanda de oxígeno (de más de 35,000 mg/lit), un pH ácido que oscila entre 3.5-4 UP, una temperatura de descarga de 90 grados centígrados, y por presentar un elevado contenido orgánico, células de levaduras muertas, azúcares residuales, alcoholes superiores no fermentados, grasas y fibras(Baker et. al 1982, Costa et. al 1981, Nadir 1975).

Así como los grandes volúmenes generados ya que la producción de un litro de tequila produce de 12 a 14 lts. de efluente llegando a afectar severamente los ecosistemas acuáticos, cuando se arrojan sin ningún tratamiento. En los años recientes se han venido realizando estudios sobre tratamiento y utilización de las vinazas, manifestándose un renovado interés con el fin de eliminar o atenuar los efectos de contaminación ocasionados por estos residuos.

En la región de Tequila, Jalisco donde desemboca el arroyo de Atízcoa perteneciente al municipio de Tequila se ha realizado un análisis biológico que sirven de complemento para posteriores estudios químicos y de ingeniería ambiental los cuales han sido realizados por la S.A.R.H.(4) , compañías privadas (5), y por profesionistas de la UDG (2), por citar algunos. En el estudio realizado por Pérez de la Vega (1986 - 1987) reporta que las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos son abundantes en los lechos pedregosos que no reciben descargas de la industria tequilera. En esta zona se observa diversas etapas larvales en desarrollos pertenecientes a la clase de insectos principales, durante todo el período en estudio, siendo más abundante las del orden ODONATA en esta zona de muestreo. En las zonas del muestreo que son afectadas por las descargas no hubo presencia de organismos pertenecientes al macrobentos.

El gobierno federal consciente del problema que traen consigo las descargas residuales de las industrias tequileras creó la secretaría para el mejoramiento del medio ambiente, la cual se le encargó la misión de vigilar las condiciones de desechos industriales con el fin de prevenir la contaminación en todos los aspectos fundamentales.

A fin de mantener el equilibrio ecológico y evitar la contaminación de ríos y lagos, la mencionada secretaría ha creado un reglamento para la prevención en control del contaminante del lago en dichos reglamentos están establecidas las cantidades máximas tolerables de contaminantes, que en forma de agua de desecho deben de ser ajustadas por las industrias en general.

En caso de que las descargas de aguas residuales no cumplan con las especificaciones del reglamento deberán de presentar un informe preliminar de la ingeniería ambiental o proyectos para el tratamiento de aguas de desecho al fin de resolver el problema y estar dentro de las normas establecidas por la ley del diario oficial (1989).

En el diario oficial con fecha del 5 de enero de 1995 aparece la norma oficial mexicana NOM - 064 - ECOL - 1994, la cual establece las condiciones de descarga que deben presentar la industria tequilera.

Gran cantidad de estudios se han realizado con respecto a la recuperación de vinazas.

Así mismo, actualmente existen diversos procesos de tratamiento que están siendo utilizados para la eliminación de efectos contaminantes de las vinazas. Sin embargo entre los procesos usados o que han sido propuestos no existe un acuerdo generalmente aceptado sobre cual de los métodos resulte más adecuado para lograr este objetivo.

Esto se ha fundamentado principalmente por las variaciones derivadas de la naturaleza propia de la vinaza.

A continuación se señalan los procesos en operación y su nivel de tecnología disponible, algunos procesos en desarrollo y la implementación de tecnologías potenciales para la reutilización o tratamiento de vinazas.

Utilización de vinazas

a) Aplicación directa a la tierra.

La aplicación directa a la tierra, ya sea como agua de riego y/o como fertilizante, ha mostrado los siguientes efectos:

- Incrementa el pH del suelo a neutralizar, debido a los altos contenidos de calcio y magnesio.
- Mejora las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Establece condiciones ideales para el cultivo de caña de azúcar.
- Restaura y mantiene la fertilidad del suelo.

Incrementa la microflora del suelo. (Sheehan and Greenfield, 1980).

Y aunque pudiésemos considerar, dados los efectos que se señalan anteriormente, que esta alternativa es bastante atractiva y eficiente, a juicio de muchos autores (Nadir, 1975. Sheehan and Greenfield, 1980), es bastante engañosa ya que es justo mencionar, que esta metodología solo ha sido aprobada en el Brasil, en el cultivo de la caña de azúcar y solo en fases experimentales., y tal como señala Nadir en 1975. La factibilidad del proceso radica en el uso racional de las vinazas, si se ha analizado debidamente la composición del suelo, el cultivo que se va a fertilizar, así como las condiciones económicas que favorecen su uso en el campo y los gastos inherentes que van a incrementar de alguna manera el costo.

b) Evaporación y combustión

Las vinazas son evaporadas, ya sea para alimentación animal o fertilizante, y como una posible incineración para recuperación de potasa en caso diferente. Esta metodología ha sido probada en países como Francia, Gran Bretaña, y el Brasil (aunque utilizando vinaza de diferente composición y origen) y la gran mayoría de los propios autores han concluido que los costos de energía hacen de una manera general, incosteables al proceso, ya sea para producción de fertilizantes o para recuperación de potasa.

c) Suplemento alimenticio

Las vinazas producto de la fermentación de granos, como malta, cebada y otros, han sido por bastante tiempo utilizados como suplemento alimenticio, una vez secadas, en

raciones de rumiantes con buenos resultados de digestibilidad y aprovechamiento que han permitido su rentabilidad económica.

El gran inconveniente radica en que las vinazas de caña de azúcar, las cuales dada su composición básica, bastante ácidas hacen necesariamente su neutralización y como consecuencia presencia de efectos laxantes e hidroscópicos en el ganado, aunque con un incremento en el rendimiento de la leche.

Hodge et al. (1994), y varios autores han sugerido variantes en cuanto a la concentración de vinazas por ración y de acuerdo al animal a alimentar, ya que en pruebas con ratas se ha observado que el valor biológico fue similar al de la caseína, pero con una digestibilidad menor y siendo necesaria una suplemento de metionina y cisteína.

En general, podemos considerar que dada su poca digestibilidad y efectos laxantes, por altos contenidos de potasio, hacen poco viable el método, ya que aunado a los costos de secado de las vinazas, muy poco factible, económicamente el proceso a utilizar en vinazas tequileras., afectados las aguas residuales que se generan en la producción de bebidas alcohólicas mediante la fermentación contienen cargas orgánicas muy altas, una de estas es el tequila.

En la actualidad la producción de tequila en México es de aproximadamente 70 millones de litros anuales, si tomamos en cuenta que al producir un litro de tequila se obtienen de 7 a 10 litros de aguas residuales, esta industria genera de 490 a 700 mil m³ de aguas residuales vinazas.

Las condiciones a las que se descarga este efluente es a una temperatura de 90⁰C, pH de 3.4 y una concentración de materia orgánica medida como DQO de 66 g/L. Considerando el valor de la DQO y el volumen de vinazas producidas, se estima que el nivel de contaminación, es de aproximadamente 39,270 Toneladas de DQO/año.

Generalmente, estas aguas residuales se emplean para riego de sembradíos, pero debido a las características que presentan, posiblemente son usadas de manera inadecuad .Se ha intentado disminuir el contenido de materia orgánica que presentan estos efluentes mediante la aplicación de procesos biológicos, los cuales hasta el momento muestran eficiencias de remoción del orden del 70 a 80% (Álvarez *et al.*, 1995; Álvarez, 1996).

Sin embargo, esto no es suficiente porque el efluente que se descarga del tratamiento cuenta aún con elevada concentración en materia orgánica y un color intenso (el cual se modifica muy poco después del tratamiento).

Un problema que se tiene en el tratamiento de estos efluentes es la coloración. Se tiene conocimiento que la coloración que presenta la vinaza es por la presencia de material húmico (Hall & Packham, 1965; Narkis & Rebhun, 1975 y 1977; Edwards & Amirtharajah, 1985), que son sustancias parcialmente aromáticas y alifáticas, polimerizadas aleatoriamente, de alto peso molecular con características polianiónicas en soluciones neutras o alcalinas, amorfas, ácidas, parcialmente hidrofílicas e hidrofóbicas y complejas químicamente. Dempsey *et al.*, (1984), mencionan que la solubilidad aparente de material húmico puede controlarse mediante la adición de ácidos, bases u otros iones y por contacto con una superficie. Narkis & Rebhun, (1997), reporta que de la degradación de estas sustancias se generan moléculas que contienen como principales constituyentes grupos funcionales alcohol-OH, fenol-OH, carboxilo, metoxílico y quinóidico. Cookson, 1987, y Nigel *et al.*, 1992, han demostrado que pueden ser precipitadas utilizando únicamente polielectrolitos.

En el caso de la remoción de material húmico presente en efluentes que descarga un reactor anaerobio que trata agua residuales de la destilación de alcohol a partir de jugo de caña, Prabhakara *et al.*; 1990, la realiza empleando cloruro férrico, sulfato de hierro y aluminio teniendo más del 80% de eficiencia en la remoción de color y alrededor del 50% de la DQO. Otros investigadores (Hall & Packham, 1965; Narkis & Rebhun, 1977; Dempsey *et al.*, 1984) que han trabajado en la remoción de color, debido a material húmico presente en aguas naturales también reportan buenos resultados con sales de hierro y aluminio.

Hay estudio que presentan resultados en la aplicación de un proceso de coagulación-floculación a un efluente que descarga un reactor anaerobio tipo UASB, que trata vinazas tequileras con el propósito de eliminar materia orgánica y el color remanente del tratamiento.

El tratamiento de las aguas residuales con lleva diversas etapas de tratamiento en las cuales pueden estar implicados diversos procesos.

En México se cuenta con volumen de agua suficiente para satisfacer las demandas de abastecimiento de todos los sectores, pero el químicos, físicos, bioquímicos, eléctricos, biológicos, etc.

Objeto de estas etapas es ir eliminando paulatinamente cada uno de los contaminantes presentes en el agua residual. A continuación se presentan esquemáticamente algunos de los principales métodos y procesos para el tratamiento de aguas residuales de origen urbano, pecuario o agroindustrial.

Para el caso de la industria química los procesos especializados dependerán del tipo de contaminante presente, sea plomo, mercurio, compuestos orgánicos, organoclorados, compuestos aromáticos, etc.

Cuadro 1. Principales residuos agroindustriales y urbanos que se producen a nivel nacional

TIPO DE INDUSTRIA	TIPO DE RESIDUO
• Cañera • Cafetalera • Cervecera • Vinicultora y tequilera • Papelera • Tenerías • Porcícolas • Establos • Jugueteras	• Vinaza, cachaza • Pulpa, agua residual • Mosto • Vinaza • Aguas residuales • Aguas residuales • Estiércol, aguas residuales • Estiércol, aguas residuales • Aguas residuales
RESIDUOS URBANOS	TIPOS DE RESIDUOS
Aguas negras	excremento, microorganismos residuos de jardinería, pañales, etc.
Basura	residuos alimenticios, papel, carbón,

Según King, 2000

A continuación en el cuadro 2. se pueden observar el nivel de extracción, consumo y descarga de las principales industrias de la nación.

Posteriormente se hace un recuento de los giros agroindustriales que más contaminan nuestros cuerpos acuíferos.

Extracción, consumo y descargas en la industria a nivel nacional (%) creciente deterioro en la calidad del recurso hídrico, debido ha las contaminaciones por descargas de aguas residuales sin tratar, limitan sus posibilidades e incrementan sustancialmente el riesgo de afectar la salud pública y el ambiente.

Tal es el caso de las epidemias gastrointestinales, ya que en las aguas contaminadas los microorganismos encuentran un medio propicio para su desarrollo. También se encuentran residuos peligrosos procedentes de descargas industriales como plaguicidas y fertilizantes provenientes de las aguas de escurrimiento agrícola.

Cuadro 2. Se pueden observar el nivel de extracción, consumo y descarga de las principales industrias de la nación.

Industria	Extrac.	Consumo	Descarga
	%	%	%
Azucarera	35	14	86
Química	22	24	76
Celulosa y papel	8	42	58
Petróleo	7	11	89
Bebidas	3	42	58
Textil	2.5	19	81
Siderúrgica	2.5	47	53
Eléctrica	2	65	35*
Alimentos	1	25	75
Resto del sector	17	18	82
	100		

Según King, 2000

Los principales contaminantes que llegan al agua y la afectan son básicamente los siguientes:

- * Aguas negras
- * Desechos industriales y agroindustriales
- * Microorganismos
- * Plaguicidas
- * Materiales en suspensión y de arrastre
- * Temperatura

Aunque los cuerpos de aguas naturales y artificiales tienen un grado de depuración, con frecuencia dicho rango puede ser rebasado y provocar efectos indeseables para los ecosistemas acuáticos y la flora y fauna que depende de ellos, incluyendo al hombre. Con frecuencia los efectos negativos son: proliferación de microorganismos indeseables, disminución de la calidad del agua con fines domésticos e industriales, anoxia, eutroficación, mal aspecto, cambio de color, olor, pH, envenenamientos, rayos genéticos, alteración de procesos naturales, etc.

En general la contaminación ha llevado a que la gran mayoría de los cuerpos superficiales, y buena parte de los subterráneos, se encuentran bajo condiciones medianas y críticas de contaminación. Es abundante el número de industrias que utilizan el agua superficial y subterránea y la vierten al ambiente sin ningún tipo de tratamiento. Así mismo la mayor parte de las aguas residuales de origen urbano que se generan en nuestro país son enviadas a los cuerpos sin ningún tipo de tratamiento. Esto desde luego, ha generado una serie de problemas que han afectado a diversos sectores de los habitantes de nuestro país.

INDUSTRIA DE LÁCTEOS

Dentro de la zona de estudio nos encontramos con algunas procesadoras de leche y sus derivados, hay que estas cuenca dentro de las actividades productivas que se dedican es solamente a la cría de ganado vacuno y porcícola compra y venta si no al elaboración de productos lácteos donde la población que lo localizamos que más explota este sectorial es la población de santa fe , primer punto de muestreo en la cuenca del río de la laja Jalisco .donde las enfermedades pueden ser propagadas por la leche infectada principalmente por tuberculosis, fiebre tifoidea, disentería, salmonelosis solo por mencionar algunas, hay que estos productos buenos propagadores de microorganismos. En esta zona de estudio lo que mas se fabrica es el queso, panela, donde debe de estar sujeto a inspección sanitaria. En lo que se refiere a desechos estas industrias caseras deben de reutilizarlos y no descargarlo en la cuenca del río de la laja hay que no cuentan con infraestructura de drenaje lo que existe va a descargar a la cuenca en estudio.

6.2.-EL RECURSO HÍDRICO Y SU COMPOSICIÓN

CICLO HIDROLOGICO

Toda el agua viene en forma de precipitación. El agua se evapora del océano por la energía del sol en una proporción de cerca de 1.8 metros de agua anualmente. El agua que se evapora esta libre de sales minerales más pesadas que son dejadas atrás. Este vapor de agua sube y es transportado por los vientos, donde eventualmente condensa en las nubes. Cuando estas nubes se enfrían, las pequeñas partículas de agua se colectan dentro de gotas más grandes las que pueden precipitar dentro de la tierra o del agua en lagos y océanos. Cuando el agua cae en forma de lluvia nieve, o granizo, adhiere y transporta a la tierra el polvo y toda clase de impurezas en el aire. Innecesario es decir, que la primera agua trae la mayor concentración de contaminación. Después de un corto periodo de lluvia, la precipitación es relativamente libre de contaminantes. Una gran parte del agua evaporada es llevada sobre la tierra por los vientos y las gotas que caen producen nuestras fuentes de agua fresca. Estas gotas pueden humedecer la tierra e infiltrarla a los mantos acuíferos, caer como nieve en la parte alta de las montañas o colectarse en lagos o ríos, pero en una forma u otra, todas las gotas eventualmente retornan al océano. Esta es una breve descripción del ciclo hidrológico. (Figura 1)

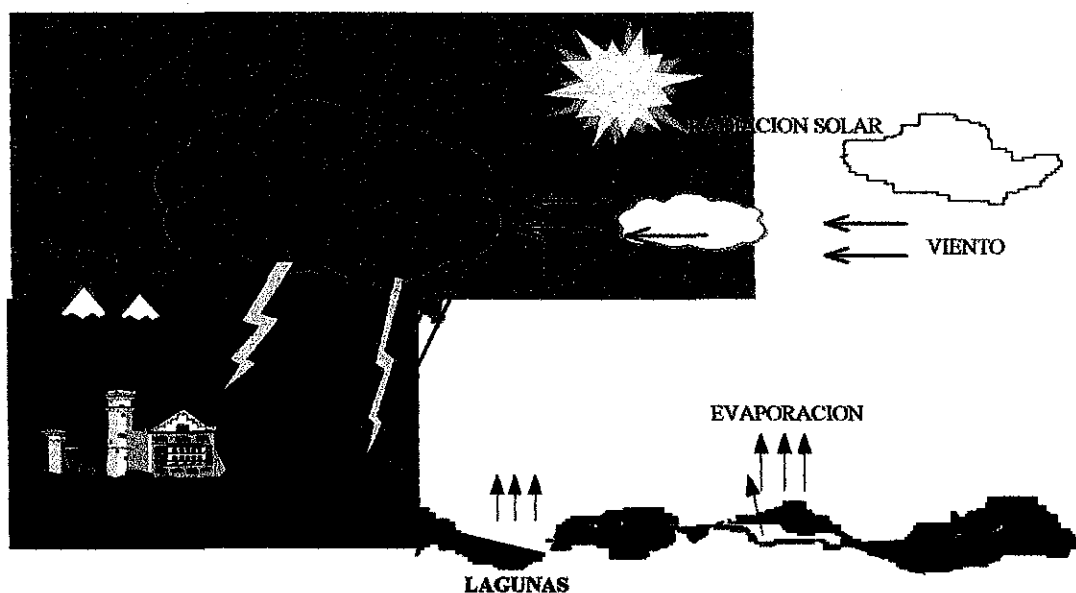
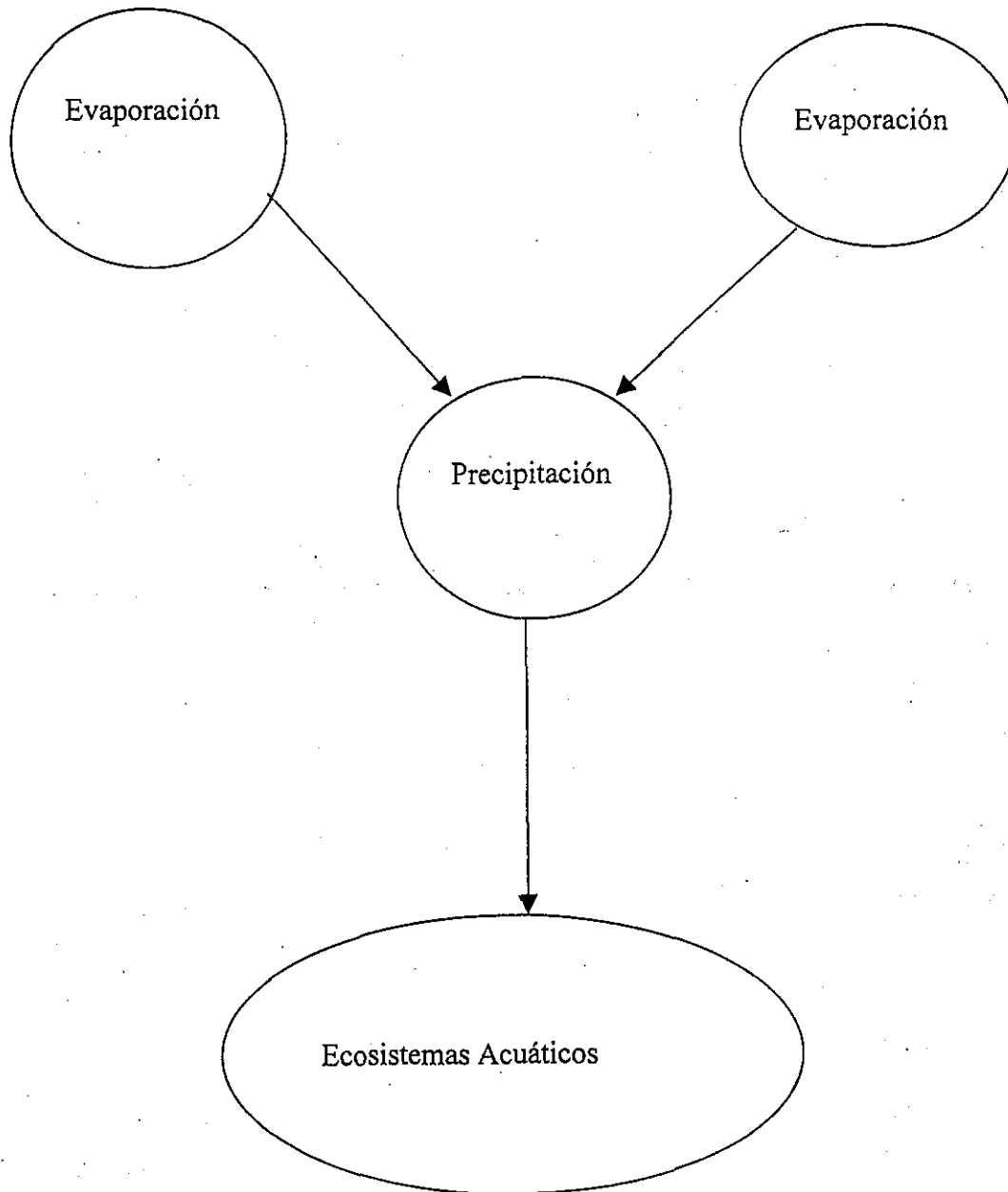


Figura 1

CICLO HIDROLOGICO



OCEANOS

Alguna vez en la Historia, virtualmente toda el agua residía en los océanos. El agua en los océanos es demasiado salina para beber o para uso en irrigación. La tecnología de desalinización esta avanzando y puede hacer que el agua de los océanos sea favorable para otros usos útiles. Por otra parte, la humedad por evaporación es transferida de la superficie del océano a la atmósfera, como fue descrito anteriormente en el ciclo hidrológico, esta agua eventualmente retorna al océano.

AGUAS SUPERFICIALES

El agua superficial se acumula principalmente como resultado de las corrientes, por la precipitación (lluvia y nieve). Precipitación que no entra en la tierra a través de la infiltración o no es retornada a la atmósfera por evaporación fluye sobre la superficie de la tierra y es clasificada como corriente directa. La corriente directa es agua que drena de superficies saturadas o impermeables, dentro de una corriente o canal y después dentro de sitios de almacenaje naturales o artificiales (o en el océano en áreas costeras).

La cantidad disponible de agua superficial depende grandemente de la lluvia. Cuando la lluvia es limitada, el agua superficial disponible podría variar considerablemente entre años secos y húmedos (ejemplo, El fenómeno del niño) En las áreas de escasas lluvias, la gente construye cisternas individuales para el almacenaje de la lluvia, la cual drena de las áreas de recepción como son los techos de las casas. Este tipo de fuente de agua es usado extensamente en áreas como las islas Bermudas, donde el agua en tierra virtualmente no existe y no hay corrientes.

Fuentes de aguas superficiales podrían dividirse en ríos, lagos y fuentes de abastecimiento. En general son caracterizadas como aguas blandas, con turbiedad, sólidos suspendidos, algo de color y contaminación microbiológica. Aguas subterráneas por otra parte, son caracterizadas por concentraciones elevadas de sólidos disueltos, bajos niveles de color, relativamente alta dureza y libres de contaminación microbiológica.

Ríos y corrientes

Muchas de las grandes ciudades en el mundo dependen enteramente de grandes ríos para sus fuentes de abastecimiento de agua. En el uso de ríos o corrientes como fuentes de abastecimiento, siempre se estará preocupado con las condiciones río arriba. Algunas ciudades toman agua para uso potable de una corriente o río, en el cual previamente agua residual tratada (drenajes) de ciudades aguas arriba, han sido descargadas. Esto puede representar muy serios problemas en el tratamiento del agua. A causa de la contaminación aguas arriba (agua residual, drenaje agrícola o residuos industriales), el tratamiento apropiado del río y de la corriente de abastecimiento es extremadamente importante.

Lagos y embalses

La selección y el uso del agua de cualquier fuente superficial de almacenaje requieren considerable estudio y planeación.

Cuando presas, lagos y almacenajes abiertos son usados como fuentes de abastecimiento de agua el peligro de contaminación y de la consecuente difusión de enfermedades tales como la tifoidea, hepatitis, disentería y gardiasis existen. Agua transparente no siempre es agua segura y el viejo dicho de que la corriente de agua se "purifica a sí misma" a calidad de agua potable dentro de una distancia determinada, es falso.

El potencial por contaminación del agua superficial hace necesario considerar tales fuentes de abastecimiento como inseguras para uso domestico a menos que sean apropiadamente tratadas, tratamiento que incluye filtración y desinfección, para asegurar la entrega constante de agua potable segura a los consumidores, también se requiere una diligente atención a la operación y al mantenimiento del sistema de distribución.

Lagos y reservas están sujetas a cambios en la calidad del agua por las estaciones, tales como aquellos relacionados con la ESTRATIFICACIÓN (formación de capas separadas de temperatura vida acuática y vegetal) y el posible aumento de contaminación orgánica y mineral que ocurre cuando un lago "se vuelca". En todos los cuerpos de agua, la superficie del agua es calentada por el sol en primavera y verano, causando más altas temperaturas en la superficie. Entonces en otoño, las bajas temperaturas del aire, enfrían la superficie del agua hasta que alcanza la misma temperatura que en las aguas mas profundas.

En este punto, la temperatura del agua es ligeramente uniforme (la misma) a través de toda la profundidad del lago o almacenamiento. Una brisa podría empezar a circular el agua de la superficie y causar que el lago se vuelque, de tal manera que aguas profundas de pobre calidad sean traídas a la superficie.

Lagos y reservas son susceptibles al florecimiento de algas especialmente después de los vuelcos de otoño y primavera. El rápido crecimiento de algas (florecimiento) ocurre cuando la temperatura es adecuada y el agua contiene suficientes nutrientes para soportar el rápido crecimiento de las algas. En determinados cuerpos de agua, el florecimiento de varios tipos de algas puede ocurrir varias veces durante una estación, dependiendo de que alga esta presente y de sí las condiciones son las apropiadas para el crecimiento del alga.

AGUAS SUBTERRANEAS

Parte de la precipitación que cae se infiltra en la tierra. Esta agua reaprovisiona la humedad en la tierra o es usada en el crecimiento de vegetación y retornada a la atmósfera por TRANSPIRACIÓN. El agua que drena hacia abajo (infiltra) por debajo de la zona de raíces, finalmente alcanza un nivel en el cual todas las aberturas en los materiales de la tierra, están llenas con agua. Esta zona es conocida como la zona de saturación. Agua en la zona de saturación es referida como agua subterránea. La parte superior de la zona de saturación, si no esta confinada por material impermeable, es llamada espejo de agua. Cuando una capa de formación impermeable confina el agua en la zona de saturación bajo presión, es dicho que el agua subterránea esta bajo presión artesiana. El nombre "artesiano" viene de la antigua provincia de Artesia en Francia, donde en los días de los Romanos, agua fluía a la superficie de la tierra de un pozo. Sin embargo no toda el agua de los pozos que penetra (formaciones artesianas) fluye al nivel de tierra. Para que un pozo sea artesiano, el agua en el pozo deberá subir arriba de la parte superior del acuífero. (Un acuífero de agua es la presencia de una formación de agua, en una capa subterránea de roca o tierra que permite el pasaje del agua.)

El material poroso justamente arriba del espejo de agua, podría contener agua por capilaridad en los pequeños espacios. Esta zona es referida como la franja capilar. El agua retenida en la zona capilar no drena libremente por gravedad, esta zona no es considerada como una fuente de abastecimiento verdadera.

A causa de las irregularidades en los depósitos subterráneos o capas y en la superficie (TOPOGRAFÍA), el espejo de agua ocasionalmente intercepta (encuentra) la superficie de la tierra, en algún nacimiento o en una corriente, lago, así como también del océano.

Como resultado, el agua subterránea se mueve de estos lugares como un escurrimiento fuera del acuífero (reserva de agua subterránea). De esta manera, el agua subterránea esta continuamente moviéndose dentro del acuífero, a pesar de que el movimiento puede ser muy lento. El espejo de agua (presión artesiana superficial) puede escurrir de áreas de recarga a áreas bajas de descarga. La presión diferencial representada por este escurrimiento, causa el flujo de agua subterránea dentro del acuífero. Variaciones en el suministro de agua a las reservas subterráneas, por cambios de estación, causan considerables cambios en la elevación y escurrimiento de la mesa de agua y del nivel de presión artesiana.

Pozos

Un pozo que penetra el espejo de agua puede ser usado para extraer líquido del vaso subterráneo. La remoción de agua por bombeo causa una baja o descenso del espejo de agua cerca del pozo. Si el bombeo continua en una proporción que excede el reemplazo por el agua infiltrada, el "rendimiento sostenido" de un pozo o grupo de pozos ha sido excedido. El "rendimiento seguro" será excedido, si los pozos extraen agua de un acuífero, en un periodo de tiempo y en una proporción tal, que puede agotar el acuífero, lo que puede traer además otros resultados indeseables (tal como infiltración de agua de mar y agotamiento de la tierra). Esta situación es una practica pobre, pero ocurre muy frecuentemente en muchos lugares.

Nacimientos

El agua subterránea que fluye naturalmente del subsuelo es llamada nacimiento. Dependiendo si la descarga de agua es de un espejo de agua o un acuífero artesiano, los nacimientos pueden fluir por gravedad o por presión artesiana. El flujo de un nacimiento podría variar considerablemente, cuando el espejo de agua o la presión artesiana fluctúa, también el flujo del nacimiento.

6.3 CLASIFICACION DE LOS CUERPOS DE AGUA

Con base en las constancias de las escorrentías los cursos del agua se pueden dividir en:

Perenes

- corrientes con agua todo el tiempo
- el nivel de agua subterránea mantiene una alimentación continua y no de descende nunca debajo del lecho del río

Intermitentes

- Corrientes que escurren en estación de lluvias y se seca durante el verano
- El nivel del agua subterránea se conserva

Efimeros

Existen apenas durante o inmediatamente después del periodo de precipitación, y solo transportan escurrimientos superficiales

Orden de las corrientes esta reflejado por el grado de ramificación o bifurcación dentro de hoyas hidráulicas.

El análisis de del hidrograma de un río lleva a las siguientes conclusiones:

- Los caudales medios diarios presentan valores variables, mostrándose por un lado la tendencia de acuerdo con las estaciones o épocas de lluvias o de sequías como por ejemplo valores mayores de caudales en épocas lluviosas que en las de estiaje, por otro lado, muestran aleatoriedad en las ocurrencias de estas estaciones, que dependen de un gran número de variables. Posiblemente la lluvia y los factores geológicos.
- Se pueden definir en el periodo considerado los caudales máximos, medios y mínimos, de cuyos valores dependen gran parte del planteamiento relativo a la utilización del recurso hídrico de un río.
- También es importante dentro de los recursos hídricos de una zona hidrográfica destacar el hecho de que el caudal mínimo puede ser alcanzado apenas durante cierto tiempo; en caso de que el periodo de estiaje sea más extenso los caudales estarán próximos al mínimo. Lo mismo se puede decir del caudal máximo.

Ríos y corrientes son también susceptibles a arrastres del fondo, cambios de canales y asolvamiento. Antes de que la toma para el abastecimiento de agua sea localizada en un río o corriente, un cuidadoso estudio deberá ser hecho del fondo de la corriente, su grado de arrastre y la precipitación de sedimentos. Provisiones deberán tomarse en el diseño de la toma de agua para estar seguro que puede resistir la fuerza con la cual podría actuar en tiempos de inundación, alta sedimentación, condiciones por formación de hielo y condiciones adversas de la corriente. A causa de las variaciones en la calidad del agua suministrada por un río o corriente, la efectividad de la purificación deberá de ser continuamente revisada. Esto es especialmente verdad si hay industrias aguas arriba de la toma, las cuales podrían arrojar residuos indeseables dentro de la fuente de abastecimiento. Repetidas cargas de contaminantes podrían no ser descubiertas a menos que se tenga un monitoreo constante del agua cruda, el cual es ejecutado por el operador de la planta de tratamiento.

6. 4 PROPIEDADES DEL AGUA

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Para ser adecuada al uso humano, el agua deberá de estar libre de toda impureza que sea ofensiva a los sentidos de la vista, gusto y olfato. Las características físicas que podrían ser ofensivas incluyen turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

Turbiedad: La presencia de material suspendido en el agua causa un nublamiento el cual es conocido como turbiedad. Barro, arena, material orgánico finamente dividido, plancton y otros materiales inorgánicos dan al agua esta apariencia. Turbiedades en exceso de 5 unidades de turbiedad, son visibles fácilmente en un vaso de agua y este nivel es usualmente desagradable por razones estéticas. El mayor peligro de turbiedad en el agua potable, es que puede guardar bacteria, además de ejercer una alta demanda de cloro. Agua que ha sido filtrada para remover la turbiedad, deberá tener considerablemente menos de una unidad de turbiedad. Plantas con buen tratamiento, consistentemente obtienen agua con niveles de turbiedad de 0.05 a 0.3 unidades.

Color: Material orgánico disuelto de vegetación en descomposición y cierta materia inorgánica causan color en el agua.

Ocasionalmente excesivos florecimientos de algas o el crecimiento de otros microorganismos acuáticos podrían también impartir color. Hierro y manganeso pueden ser la causa de quejas del consumidor (agua roja o negra). Mientras que el color por si mismo no es objetable desde el punto de vista de salud, su presencia es desagradable estéticamente y sugiere que el agua necesita un mejor tratamiento. En algunas circunstancias sin embargo, un color en el agua indica más que un problema estético. Por ejemplo, un color ámbar en el agua podría indicar la presencia de sustancias las cuales podrían mas tarde formar triahalometanos o podrían indicar aguas ácidas de las descargas de minas.

Temperatura: La mejor agua para tomar es consistentemente fría y no tiene variaciones de temperatura de mas de unos pocos grados. Agua subterránea y agua superficial de áreas montañosas generalmente cumplen estos requerimientos. La mayoría de individuos encuentran que el agua teniendo una temperatura entre 10°C y 15°C es más placentera, mientras que arriba de 30° C no es aceptable. La temperatura del agua subterránea cambia con la profundidad del acuífero. Agua de pozos muy profundos (mas de 300m) podría ser algo templada. La temperatura también afecta la percepción sensitiva de sabores y olores.

Sabores: Cada área natural del agua, tiene un sabor distintivo relacionado a las características de los minerales disueltos por la geología local. Ocasionalmente,

crecimiento de algas también imparte un sabor distintivo. Sin embargo, el sabor es raramente medido, debido a que la mayor parte de los tratamientos de agua no pueden alterar las características minerales del agua.

Olores: Crecimientos de algas en los suministros de agua, pueden dar al agua un olor poco placentero. Algunas aguas subterráneas podrían contener sulfuro de hidrogeno, el cual produce un desagradable olor a huevos podridos.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

La naturaleza de los materiales que forman la capa de la tierra afecta no solamente la cantidad de agua que podría recuperarse, sino también su contenido químico. Cuando el agua se infiltra y va hacia abajo al espejo de agua, disuelve algunos de los minerales contenidos en la tierra y rocas. Sin embargo, el agua subterránea algunas veces contiene más minerales disueltos que el agua superficial. El uso y disposición de químicos por la sociedad también pueden afectar la calidad del agua.

El análisis químico de la fuente para el suministro de agua potable es dividido dentro de tres áreas:

1. Químicos inorgánicos entre los que se incluyen los tóxicos (venenosos) metales - arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio y plata; y los no metales - flúor y nitrato.
2. Químicos orgánicos los cuales incluyen los orgánicos volátiles tal como el benceno, cloruro de metilo, tricloruro de etilo y otros químicos orgánicos tales como pesticidas (hidrocarburos clorinados), pentaclorofenol, dibromodicloloro-propano (DBCP) y PCBs; y
3. Los constituyentes minerales generales, los cuales incluyen alcalinidad, calcio, cloruro, cobre, agentes espumantes (MBAS), hierro, magnesio, manganeso, pH, sodio, sulfato, zinc, sólidos totales disueltos y la dureza (calcio y magnesio).

Los límites máximos permisibles para concentraciones de químicos son enlistados en esta sección, los cuales han sido establecidos por la Secretaria de Salud e instituciones gubernamentales competentes.0

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

El agua para propósitos domésticos, deberá de estar libre de organismos que producen enfermedades (patógenos). Estos organismos incluyen bacterias, esporas, virus, quistes y lombrices parásitas.

Muchos organismos que causan enfermedades en el hombre, se originan con las descargas fecales de individuos infectados. El monitoreo y control de las actividades de portadores humanos de enfermedades es raramente práctico.

Por esta razón, es necesario tomar precauciones para prevenir la contaminación de fuentes de agua normalmente seguras o instituir métodos de tratamiento los cuales puedan producir un agua segura.

Desafortunadamente, los organismos específicos que producen enfermedades presentes en el agua no son fácilmente aislados e identificados. Las técnicas complejas para un examen bacteriológico completo consumen tiempo.

Sin embargo, ha sido necesario desarrollar pruebas que indican el grado relativo de contaminación en términos de una calidad fácilmente definida. El método más ampliamente usado, involucra la estimación del número de bacterias del grupo coliformes, las cuales están siempre presentes en los desechos orgánicos y sobrepasan Bastamente en número a los organismos productores de enfermedades. Bacteria del tipo coliformes normalmente habita el tracto intestinal del hombre, pero también son encontrados en la mayoría de los animales y aves, así como también en la tierra. La norma para agua potable segura, a establecido un nuevo nivel máximo de contaminación (NCL). Coliformes deben de estar ausentes en al menos 95% de las muestras. Aparte los requerimientos de las bacterias coliformes, requieren según la nueva regulación federal, una técnica de tratamiento de agua específica (filtración y/o desinfección) para asegurar la remoción de Giardia, virus y otros organismos patogénicos.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El propósito de una planta de tratamiento de agua es producir agua potable segura y agradable. Esta agua deberá de estar libre de organismos causantes de enfermedades y sustancias tóxicas. También el agua no deberá de tener sabor, olor, o apariencia desagradables.

Una planta de tratamiento de agua, toma agua cruda de una fuente tal como una corriente o lago y después pasa el agua a través de una serie de procesos de tratamiento. El agua cruda fluye a través de tanques o canales donde químicos son agregados y mezclados con ella. Entonces el agua fluye lentamente a través de tanques más grandes, que permiten que los sólidos suspendidos mas pesados se sedimenten. Algún remanente de sólidos es removido por filtración y el agua es desinfectada.

El tamaño de la planta de tratamiento, así como el número de procesos específicos que son usados depende de varios factores: (1) las impurezas en el agua cruda, (2) estándares de calidad del agua (pureza), (3) la demanda de agua por la población que es servida y (4) consideraciones de costos.

Para describir una planta de tratamiento de agua, seguiremos una gota de agua tal como pasa a través de una planta típica convencional, donde agua superficial es tratada. La mayoría de las aguas superficiales reciben este tipo de tratamiento. El diagrama muestra el patrón de flujo a través del proceso de tratamiento de agua y el propósito o función de cada proceso. En este diagrama las vistas de planta y la vista de lado proporcionan ayuda para visualizar la apariencia de una planta de tratamiento de agua.

Agua cruda usualmente entra a una planta de tratamiento de agua a través de algún tipo de rejilla a la entrada. El propósito principal de la rejilla de entrada es que al pasar el agua prevenga que hojas y otros despojos puedan tapar o dañar bombas, tuberías y otras piezas de equipo en la planta de tratamiento. Varios tipos de rejillas son frecuentemente encontradas en estructuras de entrada o en la línea de succión de las bombas de agua cruda.

La cloración al principio de una planta de tratamiento de agua (precoloración) puede ayudar a controlar olores y sabores (en algunos casos los incrementa) y también el crecimiento de algas y musgos en otros procesos de tratamiento. Cloro es agregado al agua para eliminar organismos patógenos (causantes de enfermedades). También, el uso de la precloración frecuentemente reduce los requerimientos de cloro en la postcloración. Algunas aguas no deben de ser precloradas, porque ellas contienen sustancias las cuales reaccionan con el cloro y forman compuestos que causan cáncer (trihalometanos).

Los coagulantes químicos tal como el alumbre, es agregado para ayudar a remover pequeñas y ligeras partículas y otros materiales suspendidos en el agua. Los coagulantes causan que estas partículas muy finas se junten y formen partículas más grandes. Una agitación rápida es usada para mezclar completamente los coagulantes químicos con el agua a ser tratada. Floculación es el nombre del proceso de tratamiento en el cual agitadores mezclan completamente el agua. Los cúmulos de partículas formados por la coagulación se juntan y forman partículas más grandes de floc. Estas grandes partículas de floc son fácilmente removidas por sedimentación y filtración.

La sedimentación es una operación en la cual el agua que esta siendo tratada fluye muy lentamente a través de un gran tanque o recipiente. Durante este tiempo las partículas de floc pesado gradualmente sedimentan del agua que esta siendo tratada.

El floc y sólidos sedimentados que llegan al fondo del recipiente en forma de lodo, deberán de ser removidos y o bien descargados al drenaje, o también dispuestos en un relleno sanitario, después de ser secados en camas de secado. Agua tratada sale del recipiente de sedimentación fluyendo sobre vertederos (un artefacto para el control uniforme de flujo) a la salida del recipiente. Después de la sedimentación, el agua pasa a través de algún tipo de filtro para remover las impurezas restantes suspendidas y flotantes que no alcanzo a sedimentar. El filtro podría estar hecho de arena, antracita, o algún otro tipo de material granular o una combinación de estos materiales.

Después de la filtración el agua es usualmente desinfectada por algún tipo de proceso de cloración. El propósito de la desinfección es eliminar del agua los organismos remanentes que causan enfermedades.

Si el agua tratada es corrosiva (daña el metal de las tuberías), químicos deberán agregarse para reducir la corrosividad del agua o prevenir la formación de depósitos (herrumbre).

El agua tratada es almacenada en grandes tanques o recipientes, hasta que es bombeada dentro del sistema de distribución para ser usada por la población, o para ser almacenada en otros tanques y servir durante periodos de baja demanda, para su uso mas tarde, durante periodos de alta demanda. El almacenaje también proporciona tiempo de contacto con el cloro para desinfección.

Algunas plantas de tratamiento de aguas incluyen procesos para el ablandamiento del agua. Las aguas son ablandadas para remover el exceso de durezas causadas por el calcio y magnesio. Jabón extra es necesario para limpiar o lavar con agua dura. También las aguas duras causan la formación de depósitos en los calentadores de agua, tuberías y conexiones.

Hierro y manganeso son indeseables, ya que causan color indeseable en el agua, también manchan la ropa y accesorios de baño. Hierro y manganeso también promueve el crecimiento de la bacteria de hierro, que causa sabores y olores.

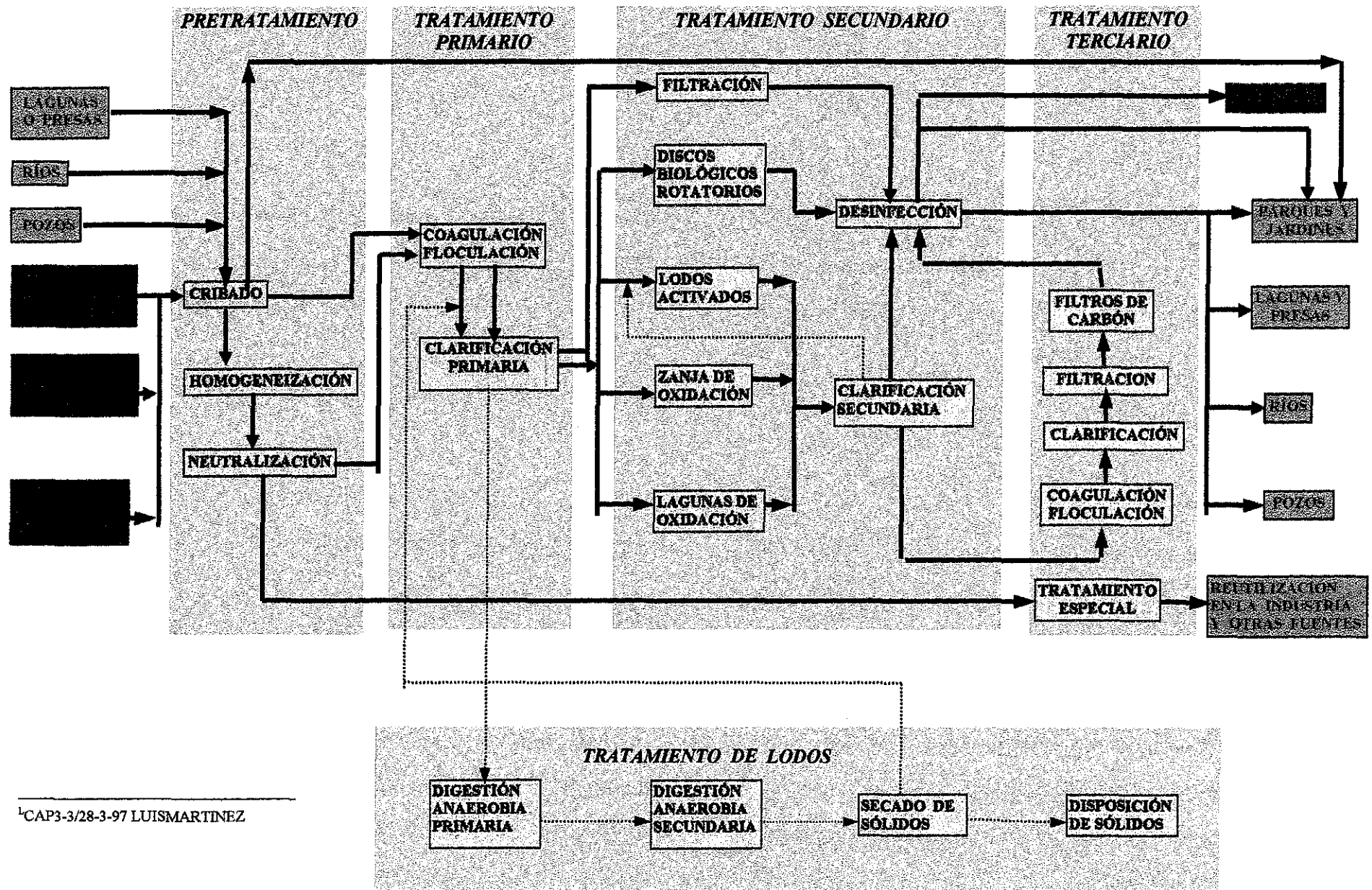
En la operación de plantas de tratamiento de aguas, tres objetivos básicos son controlados:

1. Producción de agua potable segura.
2. Producción de agua potable organolépticamente atractivas y
3. Producción de agua potable a un costo razonable con respecto al capital, a la operación y también a los costos de mantenimiento.

Desde la perspectiva de la salud publica, la producción de agua potable segura, es aquella que esta libre de bacterias dañinas y materiales tóxicos como primera

prioridad. Pero, también es importante producir agua de alta calidad que guste al consumidor. Generalmente, esto significa que el agua deberá de ser clara (libre de turbiedad), sin color y libre de sabores y olores desagradables. Los consumidores también muestran una preferencia por el suministro de agua que no manche (muebles de baño, accesorios y en el lavado de la ropa), que no sea corrosiva a los accesorios del baño y tuberías y que no deje depósitos de sarro o manche la loza y los artículos de cristal.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE AGUA POTABLE¹



6.5 MUESTREOS Y METODOS ANALÍTICOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA.

TIPO DE MUESTREOS Y EQUIPOS

Se distinguen dos tipos de equipos de muestreos en aguas.

Muestreadores automáticos

Equipos auxiliares medidores de parámetros en sitio

Muestreadores automáticos

Los muestreadores automáticos son equipos programables que sirven para efectuar una toma de muestras simples o compuestas con volúmenes fijos o proporcionales al caudal

Medidores de caudal

Caudalímetro

Medidores de caudal en secciones conocidas para medios de vertederos.

Velocímetro

Aparato que mide la velocidad del agua

Ultrasonidos

- Molinetes etc.
- Potenciometro.

Este equipo consta de un electrodo que mide la basicidad o acidez de un efluente liquido.

Conductivímetro.

Proporcionar datos sobre la conductividad o movilidad del conjunto de iones presente en una solución, dependiendo de la concentración en el que se encuentre los mismos. Se expresa en microsiemenes/cm .

Oxígeno disuelto

Es la medida más difícil de efectuar pues varía mucho dependiendo de las condiciones del lugar, del criterio con que se efectúe la medida, etc.

El resultado se expresa en concentración (mg/l) o saturación (%).

Sonda múltiples

Para la realización de trabajos en los que se requiere gran cantidad de parámetro directos existen equipo que, siendo aceptablemente manejables, efectúan la mayoría de las medidas tales como las siguientes ; pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, óxido - reducción, salinidad , profundidad , etc. Facilitando así el muestreo teniendo un parámetro en el sitio de muestreo.

En todos los aparato para mediciones en continuo. Estos equipos de medida deben de estar equilibrados con sus determinados patrones. También existen aparatos para mediciones en continuo.

MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTAMINANTES ACUÁTICOS

Color

Cuando se habla de color es imprescindible entre el denominado color aparente y el color real. El termino color aparente se refiere tanto el color que presenta un agua por la presencia de sustancias en disolución como a la presencia de materiales en suspensión. Al contrario del color real se aplica aguas alas que previamente se a eliminado la turbiedad .tal eliminación suele efectuarse mediante filtración o mediante centrifugación .

La determinación de este parámetro tanto en análisis de aguas limpias como en el de las aguas residuales, si bien la metodología emplearse suele ser distinta en ambos casos.

Los procedimientos típicos de laboratorio para establecer el color de una muestra de agua son.

Método del platino - cobalto.

En el que la coloración del agua puestos en tubos edosemetricos se compara con la de una solución de referencia de platino - cobalto Este método se aplica para determinar color real en las aguas limpias.

Método de diluciones

En el que la muestra se diluye con agua destilada en las siguientes proporciones de 1/20, 1/30, 1/40 para visualmente apreciar en cual de estas diluciones no aparece color. Este procedimiento se suele emplear sólo para establecer el color aparente de una muestra de aguas residuales.

Turbidez

La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que asigna que la luz se disperse y se absorba en vez de transmitirse en línea recta en las muestras. Se trata de un parámetro que normalmente solo se determina en aguas limpias, antes y después de un tratamiento para distintos usos. El método más aceptado de análisis de la turbiedad es el método nefelométrico.

Método nefelométrico .

El procedimiento se basa en comparar la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y dispersados por una solución de referencia en idénticas condiciones mediante el empleo de un turbidímetro.

Alcalinidad

Con este nombre se conoce a la capacidad de una agua para neutralizar los ácidos, corresponden al contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos que están presentes. Este parámetro se emplea en el control de los procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales.

Método volumétrico

Según este procedimiento, que es el que más suele aplicarse, un cierto volumen de agua es neutralizado por un ácido mineral diluido (sulfúrico o clorhídrico 0.1 N) en la presencia de un indicador de color.

Dureza

Se entiende por dureza total a las sumas de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas como mg/l de carbonato de calcio.

Suele ser un parámetro a determinar en las aguas limpias, aunque también puede determinarse en los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Existen dos métodos de determinación

Cálculo numérico

A partir de las determinaciones aisladas de carbono magnesio, mediante la siguiente formula:

$$\text{DUREZA TOTAL (mg/l CO}_3\text{Ca) } 2.497 (\text{Ca mg/l}) + 4.1188 (\text{Mg , mg/l})$$

Método volumétrico con EDTA.

Los alcalinotérreos presentes en el agua forman un complejo con la sal disódica del ácido etilen diaminotetracético (**EDTA**). La desaparición de las últimas trazas de elementos libres a determinar se pone de manifiesto por el viaje del indicador negro del ericromo.

En un medio adecuado tamponado para evitar la precipitación del magnesio, el método permite determinar la suma de los iones calcio y magnesio.

Conductividad

Se trata de una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente electrónica, capacidad que dependerá del tipo de iones presentes en la disolución de una concentración y naturaleza, así como la temperatura a la que se efectúe la muestra.

La conductividad suele medirse en todo tipo de aguas, siendo un parámetro de los llamados directos esto es, que puede medirse en sitio gracias a equipos portátiles, los conductímetros de campo. En el laboratorio la medida se realiza con ayuda de equipo de sobremesa, más precisos y fieles que los de campo.

Tipos de sólidos

Todos los materiales suspendidos o disueltos que aparecen en una agua (independientemente del tipo que sea) se denominan sólidos básicamente se distinguen cuatro tipos de sólidos:

- Sedimentables
- En suspensión
- Disueltos
- Volátiles.

Sólidos sedimentables

Estos sólidos corresponden al material que se desprenden de las suspensiones en un periodo determinado. Normalmente es un parámetro que se utiliza en aguas residuales. Su determinación puede hacerse por dos métodos:

a) Método volumétrico

En el que se llena un cono y Mhoff con un litro de muestra y se Observa el material suspendido a las dos horas. El resultado se expresa en mm/l.

b) Método gravimétrico

Una vez determinados esto, se toma un Volumen de la zona intermedia de una muestra que haya estado una hora en reposo.

Sobre ese Volumen se determinan, graviméricamente, los sólidos no suspendidos. La diferencia entre los sólidos en suspensión y los no sedimentables darán los sólidos sedimentables, y se reportan en mg/l.

Sólidos en suspensión

Son aquellos retenidos en filtros de fibra de vidrio se determinan graviméricamente en secado en estufa a 103/105 °C.

Sólidos disueltos

Se determinan por diferencia entre los sólidos total y los sólidos en suspensión. El análisis de los sólidos totales se realiza después de evaporar en la placa de porcelana la muestra y secarla a 103/105 ° C. La determinación es gravimétrica. Cuando los sólidos disueltos son sometidos a ignición y pesados de nuevo la porción de peso perdido corresponde a los sólidos volátiles.

6.6 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LOS CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS.

Cianuro

Este término incluye todos los grupos CN en compuestos de cianuro que pueda determinarse mediante métodos utilizados. Dichos compuestos pueden clasificarse en cianuros simples y en cianuros complejos.

Se puede pasar la mayoría de los cianuros complejos a libres mediante una destilación previa de la muestra. Una vez destiladas se puede determinar los cianuros simples o libres por los tres siguientes procedimientos.

Método volumétrico

En el que se valora la muestra con nitrito de plata, utilizando como indicador el p/dimetilaminobensalrodanina. Este método se aconseja para la concentración mayor de 1mg/l.

Método colorímetro

En el que el cianuro presente en la muestra se hace reaccionar con piridina y con pirazolona para formar un complejo de color azulado cuya concentración se establece espectrofotométricamente. Este procedimiento se recomienda para concentraciones que van entre 20 a 1mg/l.

Método potenciométrico

Utiliza un electrodo de cianuro. Se puede emplear este método para rangos de concentraciones entre 0.05 y 10mg DCH.

Los cianuros pueden determinarse tanto en aguas residuales como en aguas potables, aunque es más frecuente su determinación en efluentes industriales.

Cloro

Cuando para desinfectar una agua le añadimos cloro en forma molecular en forma de hipoclorito éste sufre una hidrólisis para dar cloro molecular acuoso a ácido hipocloroso. El cloro molecular libre reacciona con los compuestos de nitrógeno presentes en el agua para formar cloro combinado.

Los métodos para determinar cloro libre total y combinado pueden ser de dos tipos: titrimétricos y colorimétrico este último es el más usado. En el método colorimétrico el (N,N-dietil-para-fenilenediamina) es oxidado por el cloro formando un compuesto rojizo cuya intensidad se mide con un espectrofotómetro.

Cloruros

Aunque pueda determinarse el cloro tanto en aguas residuales como potables, es un parámetro de rutina en la analítica del segundo grupo de aguas. Este método también puede emplear la determinación de cloro en la atmósfera, por métodos trimétricos (nitrito de mercurio y nitrito de mercurio), métodos colorimétricos (tiocianato de mercurio) y métodos potenciométrico.

Métodos del nitrato de mercurio.

Es en el que el nitrato de mercurio reacciona selectivamente con todos los cloruros presentes en la muestra para producir cloruro mercúrico e iones nitrato. Cuando todo el cloruro ha sido acomplejado, lodo, iones mercúricos en exceso se combinan con difenilcarbozona para formar un complejo de color púrpura que indica el punto final de la reacción.

Método argentométrico de Morfh

En este método, también llamado del nitrato de plata, el nitrato de plata reacciona selectivamente con los cloruros presentes en la muestra para producir cloruro de plata insoluble. Después de que todo el cloruro ha sido precipitado, el nitrato de plata reacciona con el cromato potásico para formar cromato de plata, de color anaranjado, marcando el punto final de la titulación. Este método se aconseja para aguas claras con contenidos en cloruros de 0.15 a 10mg/l

Métodos de tiocianato de mercurio

La determinación colorimétrica por este método implica la reacción de los cloruros presentes en la muestra con el tiocianato mercúrico para producir cloruro mercúrico e iones de tiocianato libre. En presencia de ión férrico, los iones libres de tiocianato forman tiocianato férrico coloreado en proporción a la concentración de cloruros. La intensidad de color se mide en un espectrofotómetro.

Método potenciométrico

Emplean un electrodo selectivo de cloruros. Este procedimiento resulta especialmente útil para muestras turbias o coloreadas difíciles de analizar por titulación o por colorimetría.

Este método también se emplea en la determinación de cloruros en atmósfera. El cloruro es un parámetro a determinar tanto en aguas limpias como en aguas residuales.

Fluoruros

Los métodos más satisfactorios para determinar fluoruros son:

Métodos potenciométricos

Adecuadamente para las concentraciones de fluoruros entre 0,1 mg/l y más de 10 mg/l.

Método Spadns

Este método colorimétrico es adecuado para concentraciones entre 0 y 1,40 mg/l. En este procedimiento el fluoruro se hace reaccionar con una laca coloreada de zirconio, disociando una parte de ella para dar un ión complejo incoloro y el colorante. A mayor contenido de fluoruro, más pálido será el color producido. Esta variación del color se mide espectrofotométricamente.

De ambos métodos suele recurrirse al primero porque en aguas de vertidos sería necesaria una destilación para eliminar las interferencias del método colorimétrico.

Los fluoruros suelen determinarse tanto en aguas potables como en aguas residuales, si bien en estas últimas la determinación se reserva normalmente a vertidos industriales. Estos métodos también se emplean en la determinación de fluoruro en la atmósfera.

pH.

El pH del agua puede medirse por dos métodos que son los más utilizados son los siguientes.

Se añade a la muestra un indicador, y la coloración obtenida y se compara con una escala de colores preparados a partir de soluciones de pH conocidas, de exactitud muy relativas debido a la subjetividad inherente a los cambios de color y a las variaciones que el color de las soluciones puede sufrir en el tiempo, este método rara vez se utiliza.

Electrométrico

Procedimientos basados en la medida de la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrógeno y otro de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino por el que se pasan burbujas de hidrógeno gaseoso a una presión de 101 Kpa. Debido a la dificultad de utilizarlo, se utiliza comúnmente el electrodo de vidrio.

La medida del pH suele ser una determinación necesaria para todo tipo de aguas. Puede efectuarse tanto en campo como en el laboratorio gracias a la existencia en el mercado de equipos portátiles de gran fiabilidad.

Compuestos de nitrógeno

Amonio

Básicamente existen tres métodos para su análisis:

Método de Nessler.

En este procedimiento colorimétrico el reactivo de Nessler (K_2HgI_4) reacciona bajo condiciones fuertemente alcalinidad, con el amonio presente en la muestra para formar un compuesto amarillo cuya intensidad, proporcional al contenido de amonio, se mide espectrofotométricamente.

Método Volumétrico

Aplicable a concentraciones superiores a los 5 mg/l de amonio. Consiste en valorar la muestra previamente destilada, con ácido sulfúrico diluido, utilizando una solución indicadora mixta de rojo de metilo y azul de metileno.

Potenciométrico

Aplicable a muestras en un contenido de amonio de entre 0,03 y 1,4 mg/l. Utilizando un electrodo de amonio

El amonio es un parámetro de gran importancia en todo tipo de aguas, por lo que cualquier analítico lo suele incluir.

Nitritos

La forma habitual de análisis de nitritos es la colorimetría según el método de la diazotización. En este procedimiento, los iones nitritos de la muestra presenta una reacción con ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio que reacciona con el ácido cromotrópicos para formar un complejo rojo anaranjado directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente. La intensidad del color se mide en aparato espectrofotométricamente. El nitrito de especial importancia en las agua limpias, siendo mucho más frecuente la necesidad de una determinación en este tipo de aguas que en las residuales.

Nitratos

Básicamente existen dos métodos de determinación de nitratos

Potenciométrico

Aconsejados para rango de concentraciones que van de entre 0,14 a 1,4 mg/l de nitrato como nitrógeno.

Utiliza un electrodo selectivo de nitrato. Se trata de un método aconsejable para aguas turbias y coloradas.

Colorimétrico

El método de la reducción con cadmio; aconsejable para valores de nitrato de entre 0,1 a 1 mg / l de nitrato como nitrógeno. En este procedimiento el cadmio reduce los nitratos a nitritos, después los nitratos reaccionan en un medio ácido de ácido sulfanílico para dar una sal de diazonio que a su vez reaccionará con ácido para dar un compuesto de color ámbar, cuya intensidad se mide espectrofotométricamente.

Nitrógeno orgánico (nitrógeno Kjeldhal)

La determinación del nitrógeno Kjeldhal está referida al amonio y los compuestos orgánicos de nitrógeno presente en la muestra, excluyendo nitritos y nitratos. Este análisis se realiza en tres etapas:

- Digestión
- Destilación
- Determinación de nitrógeno

En la digestión, los compuestos de carbono se oxidan a CO_2 y mayor parte de las formas de nitrógeno presentes se convierten en amonio. La digestión se realiza con ácido sulfúrico y un catalizador metálico a 200 grados centígrados de temperatura durante 2 horas.

En la destilación se añade hidróxido sódico al digerido y se recoge el amoníaco desprendido en una solución de ácido bórico sobre los que se determina el amonio presente según el método descrito en los anteriores aparatos susceptibles de determinarse en aguas limpias y residuales, el nitrógeno orgánico suele ser el parámetro más importante para las aguas residuales .

Oxígeno disuelto

Normalmente el oxígeno disuelto se analiza por cualquiera de estos métodos:

Método de Winkler

En este método yodométrico el ion manganeso reaccionan con el oxígeno disuelto presente en la solución alcalina para formar un floculo de hidróxido Oxido de manganeso. Se añade un elemento ácido para eliminar las posibles interferencias de los nitratos en los pasos siguientes del análisis. La muestra recogida en frascos especiales y en la que el oxígeno ha sido fijado de la forma descrita, estando la muestra acidificada en el laboratorio, y el floculo de manganeso es reducido por el yoduro para formar ión manganeso y yodo libre. Que es valorado con tiosulfato usado en la valoración, Se establece la concentración de oxígeno disuelto.

Método electrométrico

Emplea un electrodo de membrana unible al oxígeno. Se trata de un método fácil y cómodo al disponer el mercado de equipos muy fiables, tanto del laboratorio como de campo.

La medida de oxígeno disuelto es un parámetro de análisis muy común y para todo tipo de aguas.

Fósforo

Generalmente puede clasificarse como ortofosfato, fosfato condensado, el ortofosfato puede determinarse directamente dándose las demás formas de un pretratamiento para convertirse en ortofosfato, consiste en una digestión con ácido sulfúrico y persulfato potásico. Los ortofosfatos suelen determinarse mediante el método del ácido ascórbico

Método del ácido ascórbico

En este procedimiento el ortofosfato reacciona con el molibdato en solución ácido para formar un complejo amarillo de fosfomolibdato. Este complejo es reducido por el ácido ascórbico para formar una especie de molibdeno de color azul, cuya intensidad es medida

Espectrofotométricamente.

El fosforo suele medirse tanto en aguas limpias como aguas residuales.

Sílice

El método más frecuente es colorimétrico es el método silicomolibdato .

Método silicomolibdato

En este procedimiento los iones molibdato reacciona con el sílice y fosfato bajo condiciones ácido para formar un color amarillo. Se añade ácido cítrico para destruir el complejo de ácido fosfomolibdico.

Para cantidades elevadas de sílice el color amarillo remanente es lo suficientemente intenso como para leerlo directamente. Para concentraciones bajas se usa una gente reductor aminoácido que transforma el complejo azul oscuro. El color formado es directamente proporcional al contenido en sílice de las muestras. Este parámetro normalmente se analiza en aguas limpias, pero rara vez en residuales que contengan:

- Compuestos de azufre.
- Sulfuros

Método yodométrico

Adecuado para concentraciones superiores a 1 mg /l de sulfuro en aguas limpias. En este método, después de la acidificación de la muestra los sulfuros son desplazados en forma de HS por un gas inerte y recogido en solución de acetato de zinc. El yodo utilizado en exceso reacción con la suspensión de sulfuro de zinc. En ciertas condiciones de acidez.

Método colorimétrico de azul de metileno.

Aplicable a muestras con hasta 20 mg /l de sulfuro. El ensayo esta basado en la capacidad del sulfuro de hidrógeno y los sulfuros metálico solubles en ácido para convertirse en N,N- dimetil-p-fenilenediamina directamente azul de metileno en presencia de dicromato potásico. La intensidad del color azul desarrollado es proporcional a la del disulfuro de la muestra.

Método potenciométrico

Después de la acidez de la muestra los sulfuros son desplazados en forma de H_2S por un gas inerte y recogido en una solución de hidróxido potásico. La medida de la actividad iónica de los sulfuros reacciona mediante un electrodo específico.

Los sulfuros pueden analizarse tanto en aguas potables como residuales pero es más conveniente para potables.

Sulfitos

El análisis de sulfitos suele efectuarse mediante un método volumétrico. En este procedimiento, los sulfatos se oxidan en presencia de yodo y en medio ácido. El exceso de yodo se valora en tiosulfato sódico.

Sulfatos.

Pueden emplearse varios métodos en la determinación:

Método gravimétrico

De ejecución bastante larga requiere personal experto y familiarizado con el procedimiento. Los iones SO_2 se hacen precipitar en forma de sulfato de bario y se evalúan en forma gravimétricamente.

Método turbimétrico

Más fácil y cómodo, aunque cuenta con el inconveniente de las interferencias del color, Las materias en suspensión y en la materia orgánica. Los sulfatos son determinados por precipitación cuantitativamente con cloruro de bario.

Método volumétrico

En el que los iones SO_4 se determinan por volumétrica en presencia de sulfato de bario y en medio alcohólico. Se utilizo como indicador una solución 0.2 % de alizaeín sulfonato de sódico. Las interacciones ácidas a ciertos iones pueden eliminarse pasando previamente la muestra por una resina catiónica.

Método conductimétrico

Los iones de SO_4 - se determinan volumétricamente con una sal de bario en presencia de un soporte de precipitación, registrando la variación de conductividad en función del volumen de reactivo y determinando el punto de equivalencia.

Los SO_4 - son parámetro que ordinariamente se determinan en aguas limpias y residuales.

6.7 MÉTODOS ANALÍTICOS DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅) es un ensayo que tiene por objeto determinar los requerimientos de oxígenos de vertidos, efluentes y aguas contaminadas.

La prueba tiene una amplia aplicación en la evaluación de los sistemas de tratamiento de las estaciones depuradoras. El ensayo mide el oxígeno utilizado durante el periodo de incubación de 5 días para la degradación bioquímica de la materia orgánica (demanda carbonácea) y el oxígeno empleado en la oxidación de materia inorgánica como hierro ferroso sulfuros.

Básicamente, existen dos métodos para determinar DBO₅, el de diluciones y los métodos instrumentales.

Los resultados pueden estar influenciados por la presencia de sustancias tóxicas (metales, cloro, etc.) que inhiban la oxidación bioquímica.

La presencia de algas y microorganismos nitrificantes pueden producir artificialmente resultados altos.

Demanda química de oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno equivalente a la cantidad de dicromato consumido por los materiales disueltos y en suspensión, cuando la muestra de agua se trata con dicromato en unas condiciones determinadas. Es una medida aproximada de la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación total de los constituyentes orgánicos.

La mayoría de los compuestos orgánicos se oxidan por este método en el 95%. En el caso de algunos compuestos predominantemente orgánicos, el valor de DQO es una aproximación bastante buena de la demanda teórica de oxígeno.

Para agua con alto contenido en sustancias difícilmente oxidables por dicromato, La DQO se aleja de la demanda teórica, como es el caso de algunos vertidos industriales.

El método se lleva a cabo calentando a reflujo la muestra con sulfato de mercurio (II) y una cantidad conocida de dicromato de potasio en presencia de un catalizador de plata y en medio ácido. Parte del dicromato se reduce por las materias oxidantes , y el exceso de dicromato restantes se valora con solución de sulfato ferrosoamónico.

Existen otras formas de determinación de la demanda química de oxígeno, es la que utiliza permanganato potásico como oxidante. Esta determinación suele recibir el

nombre de oxibilidad al permanganato es mas adecuado para muestras de agua con bajo contenido de materia orgánica (como agua potable y agua limpia). El método analítico consiste poner a ebullición la muestra con cantidad de permanganato en exceso, lo que queda de éste después de oxidar la materia orgánica se valora con ácido oxálico.

Detergentes

Los detergentes más utilizados son los iónicos y , dentro de éstos, los detergentes aniónicos. El método de determinación analítica que es más común mente se utilizan para estos compuestos es el llamado azul de metileno. No son los detergentes anónimos las únicas sustancias que dan reacción con azul de metileno este método determina, otras sustancias activas ese compuesto El método consiste en poner en contacto la muestra con el azul de metileno, con lo que se forma un complejo extraíble en cloroformo que pueden determinarse espectrofotométricamente a 650 nm.

6.8 INDICES DE CALIDAD DEL AGUA

Medición

Como calidad del agua se puede entender la amplia gama de características físicas, químicas y biológicas, que la hacen adecuada o inadecuada para un uso específico. Es bien conocido el hecho de que la calidad del agua en corrientes, lagos, embalses y otros cuerpos acuáticos, varía continuamente con el tiempo y espacio, tanto en forma natural como bajo la influencia de las actividades socioeconómicas que se realizan en las comunidades adyacentes donde podemos mencionar casos como la agricultura.

Así como la propia industria solo por mencionar algunas causas debido a tales variaciones y, dado que el agua es un recurso natural intrínsecamente de usos múltiples, en un momento determinado ésta puede considerarse no apta para el uso a que se le piensa destinar Por lo anterior, es de importancia primordial conocer la calidad y sus tendencias de cambio en los cuerpos receptores, cuyas características puedan, en combinación con los Volúmenes de escurrimiento, definir los usos adecuados a que se pueda destinar el agua, aprovechándola al máximo.

La contaminación del agua ocurre cuando una calidad presente en el agua impone ya sea una carga económica o un perjuicio estético como a la salud publica sobre los usos a que ésta se destina provocando riesgos a la salud.

La medición del grado de contaminación es bastante complejo por lo que la Ley de Aguas Nacionales otorga la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes al Ejecutivo Federal , quien la ejerce a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA) las normas oficiales Mexicanas.

En los términos de ley federal sobre metrología y normalización referidas a la conservación seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento, la cual en coordinación con las Secretarías de Marina, de Salud y Pesca han establecido los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. Herramienta con la cual la CNA podrá calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, recreación, riego agrícola, pesca y vida acuática.

Criterios ecológicos de calidad del agua Los criterios establecen los niveles permisibles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua, tomando en consideración que, en el país, las condiciones naturales de los cuerpos de agua varían ampliamente en calidad y cantidad.

El avanzado deterioro que presentan algunos de estos cuerpos, las condiciones ambientales necesarias para la existencia y desarrollo normal de los organismos en un ecosistema y los diversos efectos que ocasiona la variación de las características físicas, químicas y biológicas del agua entre especies y aun entre individuos de la misma especie, así como los principales usos.

La comparación de estos criterios ecológicos con la calidad real de los cuerpos de agua permitirá a las autoridades competentes, identificar la necesidad de establecer programas coordinados de prevención y control de la contaminación del agua, orientados a restaurar la calidad de aquellos cuerpos de agua que muestran signos de deterioro, o bien para proteger a aquellos que actualmente cumplen con las condiciones establecidas en los criterios para su uso específico; determinar la necesidad de rediseñar la red nacional de monitoreo de la calidad del agua, así como identificar los casos en que deberán fijarse condiciones particulares a las descargas de aguas residuales.

Por lo anterior se definen a continuación los usos del agua que se registrarán bajo los criterios ecológicos (J.Eugenio Barrios UNAM).

Fuente de abastecimiento de agua potable. La calidad del agua requerida para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo humano se enfocará a la protección de la salud. En este caso, los criterios no se refieren a la calidad que debe tener el agua para ser ingerida, sino a los niveles permisibles en el cuerpo de agua que se pretenda utilizar para abastecer agua, cuando no se ajuste a las disposiciones sanitarias deberá ser sometida a tratamiento.

Recreación con contacto primario. La calidad del agua requerida para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

Riego agrícola. La calidad del agua requerida para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivos, tipos suelo y métodos de riego.

Pesca y vida acuática. La calidad del agua requerida para mantener un hábitat para el crecimiento y reproducción de los organismos de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas y así evitar el peligro de bioacumulación, previniendo el daño a las especies que forman parte de la cadena alimenticia.

Es importante poder establecer las condiciones actuales que guardan en materia de calidad los diversos cuerpos de agua que conforman nuestro Territorio Nacional, por lo que, basándose en los Criterios Ecológicos, el Índice de Calidad del Agua, las concentraciones presentes de algunos parámetros en los diversos cuerpos de agua, así como el saber las fuentes y volúmenes de aguas residuales que se descargan a éstos.

Usos generales

El nivel de calidad del agua de los diversos cuerpos monitoreados, a través de la Red Nacional de Monitoreo, de la Comisión Nacional del Agua (CNA) para el año 1995, se ha determinado a partir de investigaciones de red y mediante el empleo del Índice de Calidad del Agua (ICA), por lo que se puede establecer que en general las aguas nacionales están dentro de un rango de poca contaminación.

Es preocupante saber que casi no se dispone de una agua de excelente calidad que es aquella que puede ser utilizada como agua potable y por lo tanto para cualquier otro uso que se le destine .

6.9 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

Sumado a lo anterior, se cuenta con otra herramienta de evaluación que es el Índice de Calidad del Agua (ICA), el cual ofrece una unidad definida de medición de la calidad del agua, que responde a cambios en dicha calidad. Este método, dada la característica de su función para cambiar los resultados de los cambios en los niveles de los parámetros, refleja un valor neto de calidad, el cual puede ser significativamente interpretado. A continuación se puede apreciar detalladamente una clasificación del grado de contaminación que se relaciona con el ICA y con los diferentes usos.

a) Excelente. Para cuerpos de agua que pueden ser utilizados en cualquier actividad, aunque debe establecerse una como principal. $85 < \text{ICA} \leq 100$; **Todos los usos.**

b) Aceptable. Para cuerpos de agua que pueden tener uno o más de sus usos amenazados, por lo que se deberá restringir o realizar un leve tratamiento. $70 < \text{ICA} \leq 85$; **Usos amenazados.**

c) Poco contaminada. Para cuerpos de agua que tienen uno o más de sus usos parcialmente inadecuados, por lo que su utilización es dudosa y se deberá realizar un tratamiento. $50 < \text{ICA} \leq 70$; **Algunos usos inadecuados.**

d) Contaminada. Para cuerpos de agua cuyo uso no puede ser útil debido a condiciones naturales o a la actividad humana, por lo que se requiere de un tratamiento mayor para su utilización. $30 < \text{ICA} \leq 50$; **Usos restringidos.**

e) Altamente contaminada. Inaceptable para cualquier uso o actividad. $0 < \text{ICA} \leq 30$; **Sin uso.**

6.4 LOS CONTAMINANTES EN LOS ECOSISTEMAS

CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN

Una corriente natural sana, como un lago, o un río posee una capacidad limitada de autopurificación. Cuando ésta capacidad se destruye o se agota, la corriente se contamina. La capacidad de autopurificación se debe a cantidades relativamente pequeñas de microorganismos presentes en el agua. Dichos microorganismos utilizan como alimento gran parte de la materia orgánica contaminante que llega al agua de algún modo. Los microorganismos forman un microsistema ecológico de bacterias, hongos y algas que a su vez forman parte de una cadena alimentaria para otros organismos como protozoarios, insectos, gusanos y peces. La presencia de dicha fauna acuática en un río es una indicación de su salud.

En el proceso de purificación las materias orgánicas se descomponen finalmente en compuestos simples como anhídrido carbónico o metano y los microorganismos aumentan en número; así los contaminantes orgánicos se eliminan de la corriente de agua, en parte por descomposición bioquímica y en parte por conversión en células microbianas. Si la población microbiana se destruye los solutos contaminantes que entran en el agua no se descompondrán y se acumularán en ella; según se acumulen los contaminantes su concentración en el agua puede hacerse tan alta que no se podrá reestablecer una población microbiana; el agua queda entonces permanentemente contaminada.

El agua se puede contaminar por las sustancias con las que se encuentra en contacto; la naturaleza de estas y sus efectos sobre los cuerpos de agua variarán dependiendo del origen de las aguas, residuales, las concentraciones de las sustancias contaminantes, los volúmenes descargados y las características de los propios cuerpos de agua.

EFEECTO EUTROFICACIÓN

La contaminación de un curso de agua por un fuerte crecimiento orgánico, estimulado por nutrientes inorgánicos se conoce como eutroficación.

Los organismos de que se trata son principalmente los microorganismos fotosintéticos llamados algas. Se les puede considerar como plantas microscópicas que utilizan la energía de la luz para sintetizar materias orgánicas complejas a partir del CO₂, agua, y algunos otros materiales, los más significativos son los compuestos de Nitrógeno y Fósforo.

Por lo general se dispone en cantidad de sus principales requerimientos -luz, CO₂ y agua-; el crecimiento de algas tiende a estar controlado por la disponibilidad de los compuestos de Nitrógeno y Fósforo, así cuando estén presentes en la corriente concentraciones extraordinariamente grandes de Nitratos o Fosfatos, aparece un

considerable crecimiento de algas, conocido como crecimiento algáceo. Este crecimiento produce una capa antiestética verde de lama sobre la superficie acuática.

Todos los organismos vivos requieren compuestos de Nitrógeno y Fósforo para el crecimiento bacteriano. En el crecimiento bacteriano se asimila el Fósforo en forma de fosfatos. Se puede generalizar la asimilación microbiana del Nitrógeno, estableciendo que mientras que la mayoría de bacterias asimilan el N en forma de Amoníaco y solo unos cuantos tipos asimilan el Nitrato, la mayor parte de las algas asimilan el Nitrato y algunas asimilan el amoníaco. Algunas bacterias pueden utilizar los nitratos como fuente de Oxígeno en condiciones anóxicas liberándose el Nitrógeno (N). El punto importante en este caso es la inclusión del N en los compuestos orgánicos por medio del organismo. De hecho hay más tipos de bacterias capaces de utilizar Nitratos como fuentes de Oxígeno que las que pueden utilizarlos como fuente de Nitrógeno. Los organismos que se ocupan de la purificación de las corrientes de agua forman un sistema ecológicamente balanceado en una corriente saludable.

La descomposición de la materia orgánica produce CO_2 y utiliza el Oxígeno, y el crecimiento de los organismos fotosintéticos utiliza el CO_2 y produce Oxígeno. Cuando un ecosistema resulta desbalanceado, los resultados pueden ser desagradables ó hasta desastrosos, como cuando la estimulación del crecimiento de los organismos consumidores de Oxígeno da origen a una corriente anaeróbica maloliente. La eutroficación es el resultado de un desbalance en la dirección opuesta, con una producción desastrosamente excesiva de organismos fotosintéticos; como dichos organismos fotosintéticos producen oxígeno y como la disponibilidad del Oxígeno es clave para la contaminación orgánica, puede que no resulte inmediatamente obvio el porque la eutroficación es indeseable, aparte de su aspecto antiestético.

Hay dos puntos clave:

En 1er. lugar la fotosíntesis implica la creación de materia orgánica a partir de materiales inorgánicos y por tanto la producción de cantidades de sustancias orgánicas donde antes solo existían unas pocas. Cuando los organismos fotosintéticos mueren, sus componentes se convierten en nutrientes orgánicos, ejerciendo una demanda de Oxígeno sobre la corriente acuática.

En 2do. lugar, en ausencia de luz muchos tipos de algas usan actualmente el Oxígeno para obtener energía de la descomposición oxidativa de compuestos orgánicos previamente fotosintetizados.

En efecto almacenan la energía luminosa en la forma de energía química para usarla en ausencia de luz, así que mientras un fuerte crecimiento de algas puede producir supersaturación de una corriente de agua durante el día, podrá causar una seria desoxigenación durante la noche. Cuando se produce una cubierta algácea muy

gruesa, puede que la luz no penetre hasta los estratos inferiores de la cubierta, de manera que aún de día, las algas en los niveles inferiores utilizan el oxígeno.

Las masas algas depositadas en los márgenes de un río mueren y se pudren, produciendo condiciones anaeróbicas y presentando un peligro para la salud, de la misma manera que en una corriente anaeróbica algunos tipos de algas producen ellas mismas toxinas que matan peces, animales y pájaros.

Entre otros problemas resultantes del rápido crecimiento de las algas, es que se forman filamentos que pueden realmente estorbar el curso de un río; esta vegetación puede atrapar partículas sólidas, y si tales partículas son orgánicas, se acumula una gran masa en descomposición que ejercerá demanda concentrada de oxígeno.

Durante muchos años se consideró que los fosfatos constituían los nutrientes controlados de la eutroficación, en conexión con su creciente concentración en los residuos domésticos; en muchas corrientes naturales el fosfato está presente como resultado de la lixiviación de las rocas, y el nutriente que controla es el Nitrógeno, especialmente en la forma de nitratos.

Como sucede con otros efectos biológicos hasta ahora tratados, los sistemas eutróficos operados bajo condiciones controladas se pueden usar en el tratamiento de aguas residuales, y se ha hecho un generalizado uso de las lagunas que utilizan los efectos balanceados de la producción fotosintética y de la descomposición de los nutrientes que consumen el oxígeno, para el tratamiento de residuos industriales en países que tienen un clima soleado adecuado.

Además los residuos industriales que contienen los nutrientes inorgánicos requeridos para el crecimiento de las algas, se pueden usar para producir grandes cantidades de biomasa algácea para usarla como alimento en la cría intensiva de peces. Nuevamente se requiere un clima soleado y confiable para esta operación, lo que se ha puesto en práctica con éxito sobre las aguas residuales de una fábrica de explosivos en un país europeo del Sur. Los residuos de explosivos son ricos en compuestos inorgánicos de Nitrógeno.

TIPOS DE CONTAMINANTES

Después de ser descargadas las aguas residuales provenientes de fuentes urbanas, industriales, agrícolas o naturales a un cuerpo de agua grande, los desechos pierden su identidad y se obtienen mezclas heterogéneas de contaminantes. Los diferentes tipos de sustancias contaminantes que se encuentran en las aguas residuales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

***Sustancias orgánicas**

Los compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son las proteínas, carbohidratos y lípidos, etc. Estas sustancias son susceptibles de ser biodegradables por poblaciones heterogéneas de microorganismos mediante una fermentación aerobia o anaerobia u otros mecanismos.

***Organismos microbianos**

La contaminación microbiana de los cuerpos receptores es de gran preocupación por sus repercusiones sobre la salud del hombre, ya que muchos de los microorganismos causantes de enfermedades son ampliamente distribuidos por las aguas. Este tipo de contaminación proviene en su mayoría de las excretas humanas y animales.

***Sustancias inorgánicas**

Los compuestos inorgánicos de las aguas residuales, la mayor parte de éstas son sales inorgánicas (cloruros, sulfatos, silicatos y óxidos metálicos) que son relativamente estables y no están sujetos a los procesos de degradación. Una de las principales repercusiones es la toxicidad que presentan los metales pesados (Plomo, Mercurio, Cadmio, etc), los nitratos y nitritos.

***Contaminación térmica**

Esta es debido a la descarga de aguas residuales con temperaturas mayores que las de condiciones naturales.

ENVENENAMIENTO

La población microbiana puede ser destruida por envenenamiento, lo que ocurriría si se descargan residuos tóxicos. Por ejemplo el fenol (a veces llamado ac. carbónico) es tóxico para muchos organismos, por cuya razón se ha usado como desinfectante. Ciertas bacterias del género *Pseudomonas* pueden utilizar el fenol como nutriente y descomponerlo a pesar de que su actividad se verá inhibida si el fenol está presente a una alta concentración.

Las materias tóxicas que pueden descomponerse por procesos naturales, biológicos o químicos, se conocen como venenos parciales.

Los venenos verdaderos son aquellos que no pierden su toxicidad y se incluyen en este grupo muchos de los metales pesados como el Plomo y Arsénico, y compuestos orgánicos persistentes como algunos plaguicidas, los que no se descomponen por procesos naturales, químicos o biológicos.

Los organismos vivos pueden sobrevivir en presencia de venenos verdaderos a bajas concentraciones, a pesar de que su crecimiento se puede ver inhibido, no obstante los venenos verdaderos tienden a acumularse en un medio ambiente, y pueden alcanzar niveles que son perjudiciales a la vida aunque la concentración en la corriente que descarga al río puede ser baja. Esta es una de las dificultades que se presentan al tratar de determinar los límites de seguridad de determinadas sustancias. Cualquier sustancia que se conozca como resistente a los procesos naturales de remoción, se debe examinar cuidadosamente a pesar de que tenga solo una ligera o sospechosa toxicidad.

Otro problema para establecer límites de seguridad es que la toxicidad se puede aumentar por procesos naturales.

Un ejemplo es el mercurio; desde hace mucho tiempo la toxicidad de los compuestos inorgánicos de mercurio se conoce, pero recientemente se demostró que los compuestos de órgano-mercurio, cuyo efecto tóxico es casi 10 veces mayor, se forman del mercurio inorgánico en el medio ambiente natural.

Los extremos de pH son letales o severamente inhibitorios para los organismos vivos y se puede considerar como un envenenamiento por iones hidrógeno o hidroxilo. La neutralización de los residuos antes de la descarga es un requerimiento normal en las áreas controladas y es un proceso bastante simple de llevar a cabo. Con frecuencia es posible controlar el pH de un efluente balanceando corrientes ácidas y alcalinas provenientes de diferentes procesos.

EL EFECTO DE LOS NUTRIENTES DISUELTOS

Los nutrientes disueltos causan contaminación cuando entran en una corriente de agua en cantidades suficientes para destruir la capacidad de autopurificación de ésta, esto ocurre aún cuando los solutos son completamente no tóxicos para la población microbiana y completamente apropiados para los procesos naturales de descomposición, y se aprecia por los mecanismos de los procesos de descomposición microbiana.

El oxígeno libre disuelto es el reactivo esencial para los procesos aeróbicos y cuando los organismos de este tipo utilizan los nutrientes orgánicos consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto; si no se repone el oxígeno disuelto, el crecimiento se detiene cuando se agota el oxígeno, y solo pueden continuar los procesos anaeróbicos lentos y malolientes; la disponibilidad del oxígeno libre disuelto en el agua es por tanto, el factor clave que limita la capacidad de autopurificación de una corriente de agua.

La principal restricción que se presenta a la disponibilidad del oxígeno disuelto es su baja solubilidad en el agua; el agua saturada con aire disuelto contiene solo unas 10 ppm de oxígeno.

Si los nutrientes disueltos entran en el agua a una tasa tal que el oxígeno disuelto se gaste más rápidamente de lo que se puede reponer, el agua se desoxigena, y ningún aeróbico obligado de los microorganismos hasta los peces podrá sobrevivir en el agua. Al cesar los rápidos procesos de purificación, los contaminantes orgánicos se acumularán en el agua.

El término "Oxígeno libre disuelto" se usó al referirse a la disponibilidad del oxígeno disuelto; fue necesario especificarlo debido a que, a pesar de que la mayoría de los organismos aeróbicos requieren oxígeno en la forma de oxígeno molecular disuelto, algunos tipos de microorganismos son capaces de utilizar el oxígeno combinado en compuestos químicos disueltos como el nitrato y el nitrito, cuando no está disponible el oxígeno libre disuelto. Aún cuando este proceso solo tiene lugar cuando falta el oxígeno, no es estrictamente anaeróbico y se describe como anóxico. Este proceso es usado en el tratamiento residual para la eliminación de nitratos del agua.

A parte de lo desagradable de su olor una corriente anaeróbica presenta un peligro para la salud, pues ciertas bacterias extremadamente peligrosas son anaeróbicas obligados, sobre todo los que causan el tétanos y el botulismo y es probable que prosperen en este tipo de corrientes.

Cuando el agua contiene sulfatos disueltos, las bacterias anaeróbicas reductoras de sulfatos producen sulfuro de hidrógeno, el cual además de su olor desagradable, es corrosivo y extremadamente venenoso.

6.11 PROPIEDADES FÍSICAS Y DE AGREGACIÓN

Color

El color es causado por materia en solución o en condición coloidal y debe ser distinguida de la turbiedad la cuál puede causar un aparente color. El color verdadero es generalmente causado por tintes provenientes de la descomposición vegetal.

Las aguas de pantanos o lagos con maleza y arroyos están por lo tanto más propensos a ser un problema inquietante en este aspecto.

El agua coloreada es no solo indeseable por los consumidores a causa de su apariencia, pues ésta podría decolorar ropa y adversamente afectar procesos industriales.

El color es expresado en números de una escala arbitraria. Este no debe exceder de 20.

Turbidez

Un agua es turbia cuando contiene material visible en suspensión. Mientras la turbiedad puede resultar de las algas vivas o muertas u otros organismos, ésta es generalmente causada por cieno (arena) o arcilla. La cantidad y el carácter de la turbiedad va a depender sobre el tipo de tierra sobre el cuál el agua ha corrido y la velocidad de la misma. Cuando el agua está en calma, partículas más grandes y largas se asientan rápidamente, mientras otras más ligeras y más finamente divididas se asientan muy lentamente. La arena muy finamente dividida puede requerir meses de completa quietud para el asentamiento.

Las turbiedades son expresadas en p.p.m./peso, o por mg/lit y podría clasificarse en las aguas naturales desde 1 mg/lit o menos, hasta tanto como 40,000.

Alcalinidad y acidez

A causa de que las sales alcalinas son muy comunes en el suelo, la mayoría de las aguas son más o menos alcalinas. Los carbonatos y bicarbonatos de calcio, sodio, y magnesio son las impurezas comunes que causan la alcalinidad. En el análisis, la alcalinidad es expresada en mg/lit de carbonato de calcio equivalente. La alcalinidad es una importante determinación para el operador de la planta de tratamiento de aguas, puesto que la acción de los coagulantes usados para clarificar el agua y prepararla para la filtración requiere suficiente alcalinidad para asegurar una reacción apropiada.

Si hay insuficientes minerales alcalinos en el agua para reaccionar con los coagulantes usados, o si en otras palabras la alcalinidad es demasiado baja, ésta es incrementada por adición de cal o carbonato de sodio. La excesiva alcalinidad podría de cualquier modo interferir en la coagulación.

La alcalinidad cáustica no ocurre naturalmente en agua, además de que algunas veces resulta de los procesos de tratamiento. En las plantas de ablandamiento de aguas, donde la cal es usada, podría resultar en un exceso de hidróxido de calcio formado por la cal y el agua además de ser requerido para reducir la dureza del carbonato. Las alcalinidades cáusticas son acompañadas por altos valores de pH, como 9.5 o más altos.

Los ácidos y álcalis descargados por plantas químicas y otras industrias, hacen al arroyo inconveniente no solo para la recreación sino también para la propagación de peces y otra vida acuática. Altas concentraciones de H_2SO_4 suficiente para bajar el pH a menos de 7.0 cuando el cloro libre no está presente, ha sido reportado que causa irritación en los ojos de los nadadores, rápida corrosión de barcos, cascos y acelerada deterioración de las redes de los pescadores.

La toxicidad del H_2SO_4 para la vida acuática está en función del pH resultante. Una dosis que podría ser letal en agua blanda, podría ser totalmente inocuo en agua dura o altamente amortiguada (buffer). Generalmente se dice que el pH de un arroyo debe ser no menos de 4.5 y no más de 9.5, si los peces están para la supervivencia.

Aún los valores de pH de los arroyos desde 2 hasta 11 podrían ocurrir cerca de los orígenes de la contaminación industrial.

El NaOH (por citar un ejemplo de álcali), es altamente soluble en agua y afecta la alcalinidad y el pH; éste aparece en aguas de muchas industrias, incluyendo la manufactura de jabones, tintes textiles, y curtiduría de pieles. Los arroyos que contienen poco como 25 ppm de NaOH, han sido reportadas como mortales para los peces.

Algunos procesos misceláneos afectados por el uso de aguas con ciertos valores de pH son el grado de fermentación industrial, la calidad de la masa en la pastelería, el sabor en las bebidas gaseosas, la actividad de la levadura en la fabricación de la cerveza, el sabor de frutas enlatadas, especialmente tomates, y la manufactura de gelatinas y pegamentos.

Obviamente en soluciones tan diluidas como están los suministros de agua, las sales no están presentes como tales, pero en cambio están práctica y completamente disociados dentro de los correspondientes aniones y cationes.

Dureza

La dureza o blandura del agua varia de un lugar a otro y refleja la naturaleza de la geológica del área la cuál ha estado en contacto con el agua. En general las aguas superficiales son más blandas que las aguas subterráneas, aunque no siempre este es el caso. Las aguas duras están asociadas a cuencas de captación de creta y caliza, mientras que las aguas blandas están asociadas con rocas impermeables como el granito.

Química de la dureza

La dureza esta causada por cationes metálicos como el Calcio (Ca^{2+}), pero de hecho todos los cationes divalentes originan dureza, como se verá en la próxima tabla. Reaccionan con ciertos aniones tales como Carbonato o Sulfato para formar un precipitado.

Los cationes monovalentes como el Sodio (Na^+) no afectan a la dureza. Estroncio, ion Ferroso (Fe^{2+}) y Manganeseo son generalmente componentes tan minoritarios de la dureza que son ignorados, tomándola como dureza total la suma de las

concentraciones de Calcio y Magnesio; Aluminio (Al^{2+}) y el ion Férrico (Fe^{3+}) pueden afectar a la dureza pero su solubilidad es limitada al pH de las aguas naturales, de modo que estas concentraciones iónicas pueden considerarse despreciables.

Cuadro 3. Principales cationes metálicos que causan la dureza y los principales aniones asociados a ellos.

CATIONES	ANIONES
Ca^{2+} (Calcio)	HCO_3^- (Carbonato ácido)
Mg^{2+} (Magnesio)	SO_4^{2-} (Sulfato)
Sr^{2+} (Estroncio)	Cl^- (Cloruro)
Fe^{2+} (Hierro)	NO_3^- (Nitrato)
Mn^{2+} (Manganeso)	SiO_3^{2-} (Silicato)

El Bario puede también originar dureza, pero su concentración en el agua normalmente es extremadamente baja.

La dureza total ($Ca + Mg$) se expresa en mg/lit de $CaCO_3$. La clasificación de las aguas en duras y blandas es arbitraria, utilizándose varias clasificaciones. En la tabla

1.2 se dan dos, pero hay un número de términos adicionales relativos a la dureza.

**Dureza total*, es la medida directa de la dureza.

**Dureza del Calcio*, es la medida del calcio únicamente.

**Dureza de carbonatos*, es la dureza derivada de la solubilización del carbonato de calcio o de magnesio por conversión del carbonato en carbonato ácido; ésta dureza se puede eliminar por calentamiento.

**Dureza de magnesio*, es la dureza derivada por la presencia del magnesio, y se calcula por sustracción de la dureza del Calcio a la dureza total.

**Dureza de no Carbonato*, es la dureza atribuible a todos los cationes asociados con todos los iones excepto carbonato, por ejemplo Cloruro de Calcio y Sulfato de Magnesio.

**Dureza permanente*, es equivalente a la dureza de no carbonatos, la cuál no se puede eliminar por calentamiento del agua.

**Dureza temporal*, es equivalente a la dureza de carbonatos y que puede ser eliminado por calentamiento. Todos los valores de dureza se expresan en mg/lit de $CaCO_3$.

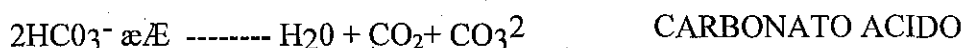
En términos de calidad de agua, la dureza puede tener un profundo efecto. La dureza del agua fue originalmente medida por la habilidad del agua en destruir una capa de espuma de jabón, ya que este es uno de los problemas principales de las aguas muy duras.

Aunque la dureza neutraliza el poder del jabón de formar espuma, no afecta a las formulaciones de los modernos detergentes. Las aguas blandas son más agresivas que las aguas duras, pues favorecen la corrosión de las cañerías de Cu y Pb. con una dureza por encima del 150-250 mg/lit comienzan los problemas de incrustaciones. Este solo es el caso de la dureza del Ca ó de la dureza temporal.

Cuadro 4.- Dos ejemplos de las clasificaciones utilizadas para las aguas duras

Clasificación A		Clasificación B	
Conc. (mg/lit) grado de dureza		Conc. (mg/lit) grado de dureza	
0 – 50	Blanda	0 - 75	Blanda
50 -100	Moderadamente blanda	75 -150	Moderada
100-150	Ligeramente dura	150-300	Dura
150-250	Moderadamente dura	300 +	Muy Dura
250-350	Dura		
350	Excesivamente dura		

El carbonato ácido se elimina durante el calentamiento para formar carbonato de calcio que forma gruesas escamas sobre superficies de tuberías. La reacción química que sucede es:



Cuanto mayor es el grado de dureza de carbonatos más serio llegara a ser el problema, aunque un moderado nivel de dureza (150 mg/lit) es provechoso ya que se formará una película protectora de carbonato cálcico sobre la superficie interior de las cañerías, previniendo el lixiviado de metales y la corrosión.

Los sólidos totales disueltos disecados a 180°C están muy correlacionados con la dureza. Un considerable número de estudios principalmente en U.S.A. indican una correlación entre dureza de sólidos disueltos totales y mortalidad, especialmente enfermedades cardiovasculares.

En 1982 en el Reino Unido se confirmó que la mortalidad por enfermedades cardiovasculares se relacionaba estrechamente con la dureza del agua, con un descenso de mortalidad conforme la dureza se incrementaba. El efecto se presentaba tanto para el ataque al corazón como para enfermedades isquémicas, pero no para enfermedades no cardiovasculares.

La diferencia en la relación de mortalidad entre las áreas de aguas blandas (alrededor de 25 mg/lit de CaCO_3) y las áreas de aguas duras estaban desde un 10 hasta un 15% ; esto está en concordancia con los datos anteriores de un descenso de la mortalidad en un 0.8% con cada incremento de 10 mg/lit de CaCO_3 en dureza hasta 170 mg/lit de CaCO_3 .

Es también una regla general que la toxicidad de los contaminantes es significativamente menor en aguas duras que en aguas blandas. El consenso general es que una agua moderadamente dura es buena para las personas, pero origina incrustaciones en las tuberías de distribución y domésticas.

Conductividad

La conductividad k , es una medida de la habilidad de una solución acuosa para llevar corriente eléctrica. Esta habilidad depende de la presencia de iones, de su total concentración, su movilidad y valencia, y de la temperatura al momento de la medición.

Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos son relativamente buenos conductores. A la inversa, moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas conducen una muy pobre corriente (si es que lo hacen).

Definiciones y Unidades de expresión

Conductancia G , es definida como la recíproca de Resistencia R :

$$G = \frac{1}{R}$$

donde la unidad de R es el ohm y de G es ohm^{-1} (algunas veces escrito mho). La conductancia de una solución es medida entre dos electrodos espacialmente arreglados y químicamente inertes. Para prevenir la polarización en la superficie de los electrodos la medición de la conductancia es hecha con una corriente alternativa señalada. La conductancia de una solución, G , es directamente proporcional al area de la superficie del electrodo A , cm^2 e inversamente proporcional a la distancia entre los electrodos L , cm. La constante de proporcionalidad k , tal que:

$$G = k \left(\frac{A}{L} \right)$$

es llamada conductividad (concepto preferido sobre conductancia específica), ésta es una característica propia de la solución, entre los electrodos. Las unidades de k son

los $1/\text{ohm-cm}$ o mho por centímetro. La conductividad es normalmente expresada en micromhos por centímetro ($\mu\text{mho/cm}$).

En el sistema internacional de unidades (SI), la recíproca del ohm es el siemens (S), y la conductividad es reportada como milisiemens por metro (mS/m); $1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$ y $1 \mu\text{S/cm} = 1 \mu\text{mho/cm}$. Para reportar resultados en unidades del SI de mS/m , dividir $\mu\text{mhos/cm}$ entre 10.

Sólidos

“Sólidos” se refiere a la materia suspendida o disuelta en el agua o aguas residuales. Los sólidos podrían afectar el agua o a la calidad del efluente en un numero de formas. Las aguas con alta cantidad de sólidos disueltos generalmente son de baja palatabilidad y podría inducir una reacción psicologica desfavorable en el momento de consumir. Por estas razones el limite de 500 mg/lit de sólidos disueltos es el deseable para las aguas de consumo. Aguas altamente mineralizadas son también inconvenientes para muchas aplicaciones industriales. Las aguas con altos niveles de sólidos suspendidos podrían ser estéticamente insatisfactorias para propósitos como agua de baño.

Sólidos totales

“Sólidos Totales” es el término aplicado a todo residuo material que queda en el contenedor después de la evaporación de una muestra y su subsecuente secado en un horno a una temperatura definida. Los sólidos totales incluyen a los “Sólidos Suspendidos Totales”, que es la porción de los sólidos totales retenidos por un filtro, y “Sólidos Disueltos Totales” es la porción que pasa a través del filtro.

Sólidos sedimentables

“Sólidos Sedimentables” es el termino aplicado al material que se está asentando fuera de suspensión dentro de un periodo definido. Esto podría incluir material flotante dependiendo de la técnica.

6.12 EL AGUA CALIENTE COMO CONTAMINANTE

El agua en su estado natural suele estar fría y son pocos los que se dan cuenta de que el agua a T° muy alta es en si un contaminante. La T° del agua determina la clase de peces que pueden vivir y reproducirse en ella, ya que la T° gobierna la cantidad de oxígeno disuelto disponible.

El oxígeno se combina más rápidamente con los desechos orgánicos a medida que aumenta la T° del agua, de ahí que el oxígeno pueda consumirse con mayor rapidez de lo que se restituya al ir el agua río abajo, y su contenido de oxígeno pueda desaparecer completamente.

En situaciones ideales el agua calentada debería ser enfriada antes de descargarla al río, esto puede hacerse usando estanques mansos, estanques de rociada o torres de enfriamiento.

DETERMINACION DE METALES

La precipitación es empleada para la remoción de metales pesados de las aguas residuales. Los metales pesados son generalmente precipitados como el hidróxido, en la adición de cal ó sosa cáustica a un pH de mínima solubilidad. De cualquier modo algunos de éstos compuestos son anfotéricos y exhiben un punto de mínima solubilidad. El pH de mínima solubilidad varía con el metal en cuestión.

Las solubilidades del cromo y zinc son mínimas a un pH de 7.5 y 10.2 respectivamente y muestran un significativo incremento en concentración arriba de esos valores de pH.

Cuando se están tratando aguas residuales industriales conteniendo metales, es frecuentemente necesario pretratar las aguas residuales para remover sustancias que van a interferir con la precipitación de los metales. El Cianuro y el Amoniaco forman complejos con muchos metales, que limitan la remoción que puede ser lograda por precipitación. El cianuro puede ser removido por cloración alcalina ú otros procesos tales como oxidación catalítica sobre carbón.

Los metales pesados pueden ser removidos de una agua residual industrial por precipitación con cal. Los metales pesados también pueden ser precipitados como el sulfuro y en algunos casos como el carbonato, como en el caso del plomo.

Para muchos metales tales como el As y el Cd, la coprecipitación con Fierro (Fe) y Aluminio (Al) es altamente efectiva para removerlos a bajos niveles residuales.

Usando la precipitación y clarificación solamente, las concentraciones de metales en el efluente podría ser tan altas como 1 a 2 mg/lit. La filtración debe reducir éstas concentraciones a 0.5 mg/lit o menos. Para el tratamiento de los residuos de cromo hexavalente, el Cr debe primero ser reducido a su estado trivalente Cr^{3+} y luego precipitado con cal. Este es referido como el proceso de reducción y precipitación.

Los agentes reductores comúnmente usados para los residuos de Cr son: el sulfato ferroso, meta-bisulfito de sodio, o dióxido de azufre.

Arsénico (As)

El arsénico y los compuestos arseniales están presentes en aguas residuales de la industria metalúrgica, cristalería y producción cerámica, operaciones de curtiduría, tintes y colorantes, manufactura de pesticidas, manufactura de algunos químicos orgánicos é inorgánicos, refinación del petróleo, etc.

El arsénico también se encuentra en la tierra y aire como tóxico ambiental. Este elemento suele ser recuperado como un derivado de la fundición del cobre, plomo, zinc y otros minerales, esto puede producir la liberación del arsénico en el ambiente; también la aplicación de plaguicidas y herbicidas que contienen arsénico han aumentado su dispersión ambiental; el arsénico es ligeramente soluble en agua y muy soluble en ácidos, álcalis, alcoholes y glicerina. Otras fuentes de contaminación de este metal es en sus formas inorgánicas : arsenito de sodio y arsenito de potasio. No es inflamable y posee una elevada reactividad en presencia de gas hidrógeno convirtiéndose en gas arsina, que es sumamente tóxico.

El arsénico ingresa al organismo por vía oral, respiratoria y dérmica; del total que se ingiere se absorbe el 90 %. El arsénico se deposita principalmente en hígado, riñón, corazón, y tejido nervioso. A causa del alto contenido sulfhidrílico de la queratina existen altas concentraciones del metal en pelo y uñas; se deposita en hueso y dientes en razón de su semejanza química con el fósforo, y es retenido allí durante largos periodos. La eliminación es a través de la orina , en algunos casos por bilis, heces, sudor; los compuestos inorgánicos se eliminan como derivados metilados.

El arsénico puede combinarse químicamente con grupos sulfhidrílicos; posteriormente la combinación con proteínas tisulares y enzimas se acompaña de la pérdida de grupos sulfhidrilos reactivos.

La arsina inhibe enzimas, sobre todo a nivel eritrocítico, y es la glucosa -6-Fosfato-deshidrogenasa a la que afecta, oxidando la hemoglobina y forma m-hemoglobina. El arsénico es removido de las aguas residuales por precipitación química. Los niveles efluentes de arsénico de 0.05 mg/lt son logrados por precipitación del arsénico como el sulfuro por la adición de sulfuro de sodio ó sulfuro de hidrógeno a un pH de 6 a 7.

El arsénico presente en bajas concentraciones puede también ser reducido por filtración a través de carbón activado, las concentraciones en el efluente de 0.06 mg/lt de arsénico ha sido reportado de una concentración inicial de 0.2 mg/lt.

El arsénico es removido por coprecipitación con hidróxido férrico que ata al arsénico y lo remueve de la solución. Las concentraciones en efluentes de menos de 0.005 mg/lt han sido reportadas en este proceso.

Cadmio (Cd)

El Cd está presente en aguas residuales de aleaciones metalúrgicas, cerámicas, galvanizado, fotografía, trabajos con pigmentos, impresión de textiles, industria química y drenaje de minas de plomo. El cadmio es removido de las aguas residuales por precipitación o intercambio iónico. En algunos casos los procesos de recuperación electrolítica y evaporativa pueden ser empleados, proveendo las aguas residuales en forma concentrada. El Cd forma un insoluble y altamente estable

hidróxido en un pH alcalino. El Cd en solución está aproximadamente en 1 mg/l a un pH de 8, y 0.05 mg/l a un pH de 10 a 11. La coprecipitación con Hidróxido de Hierro, una precipitación en un pH de 6.5 va a reducir el cadmio a 0.008 mg/l; el Hidróxido de hierro en un pH de 8.5 reduce el cadmio a 0.05 mg/l. El Cd no es precipitado en presencia de complejos iónicos tales como el Cianuro; la destrucción del Cianuro es prioritaria para la precipitación del cadmio.

Un sistema de oxidación-precipitación de peróxido de hidrógeno ha sido desarrollado para simultáneamente oxidar cianuros y formar el óxido de cadmio, por lo tanto produce cadmio, lo cuál es factible.

Cromo (Cr)

Las concentraciones de cromo hexavalente de agua para beber en USA han sido reportadas variando entre 3 y 40 µg/l, con una media de 3.2 µg/l. Las sales de cromo son usadas ampliamente en procesos industriales y podrían entrar en suministros de agua a través de descargas de desechos. Los compuestos crómicos frecuentemente son agregados a aguas refrescantes, para control de la corrosión. El cromo podría existir en los suministros de agua en ambos estados, tanto hexavalente como trivalente, aunque éste último es raramente encontrado, por lo menos en agua potable.

Cobre (Cu)

Los principales orígenes del Cu en las aguas residuales industriales son los procesos de enchapado de baños (tinajas para baño). El Cu podría también estar presente en aguas residuales de gran variedad de procesos de manufactura químicos empleando sales de cobre ó cobre como catalizador. El cobre es removido de las aguas residuales por precipitación o procesos de recuperación, los cuales incluyen intercambio iónico, evaporación y electrodiálisis. El valor del cobre recuperado en metal convierte a éste proceso, atractivo. El intercambio iónico o carbón activado son métodos de tratamiento factibles para las aguas residuales conteniendo Cu a concentraciones de menos de 200 mg/l. El cobre es precipitado como un metal hidróxido relativamente insoluble en un pH alcalino.

En la presencia de sulfatos fuertes como el de calcio, (éstos) también serán precipitados, lo que va a interferir con el valor de la recuperación del sedimento de cobre. Esto podría dictar el uso de un álcali más caro tal como NaOH para obtener un sedimento puro. El óxido cúprico tiene un mínimo de solubilidad entre un pH de 9.0 y 10.3 con una solubilidad reportada de 0.01 mg/l.

Hierro (Fe)

El Fe está presente en una amplia variedad de aguas residuales industriales, incluyendo operaciones de minería, aguas residuales de la industria química,

manufactura de tintas, procesamiento de metales, de fábricas textiles, refinación de petróleo y otros. El Fe existe en las formas férrica, y ferrosa, dependiendo del pH y la concentración de oxígeno disuelto. En un pH neutral y con la presencia de oxígeno, el hierro ferroso soluble es oxidado a hierro férrico, el cuál con facilidad se hidroliza para formar el precipitado de hidróxido de hierro insoluble. En valores altos de pH, el hidróxido férrico, va ha solubilizarse aún con la formación del complejo de hidróxido de hierro $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$.

Níquel (Ni)

Las aguas residuales conteniendo Ni se originan de las industrias del procesamiento de metales, fundiciones de acero, motocicletas, y naves aéreas, imprentas y en algunos casos la industria química. En la presencia de agentes complejos como cianuro, él Ni podría existir en una forma de complejo soluble. La presencia de los complejos de cianuro de níquel interfiere con el tratamiento de ambos, cianuro y níquel.

Las formas insolubles de níquel, Hidróxido de níquel sobre la adición de cal, resulta en una solubilidad mínima de 0.12 mg/lit en un pH de 10 a 11 . El Ni puede también ser precipitado como el carbonato o el sulfato, asociados con los sistemas de recuperación. En la práctica, la adición de cal (pH 11.5) podría ser esperada para producir una concentración residual de níquel del orden de 0.15 mg/lit después de sedimentación y filtración.

Plomo (Pb)

El **Pb** está presente en aguas residuales de la manufactura de acumuladores, fabricación de cables, pinturas y pigmentos, y un pequeño porcentaje de la producción total de **Pb** es utilizado como antidetonante en la gasolina. Es un componente natural de la corteza terrestre, se encuentra normalmente en el aire, agua, suelo, animales y plantas.

Su presencia en el organismo humano, en los tejidos y líquidos corporales es consecuencia de la contaminación ya que a diferencia de otros metales no desempeña ninguna actividad fisiológica esencial, y hasta la fecha no se han encontrado evidencias que le confieran importancia biológica.

ZINC (Zn)

El **Zn** está presente en arroyos de aguas residuales de trabajos con acero, hilos de rayón y manufactura de fibras, producción de pulpa de madera y sistemas de recirculación de aguas refrescantes, empleando tratamiento catódico. El zinc está también presente en aguas residuales de la industria del enchapado y procesamiento del metal. El zinc puede ser removido por precipitación como hidróxido de zinc con

cal o sosa cáustica. La desventaja de la adición de cal es que ocurra la precipitación de sulfato de calcio en la presencia de altos niveles de sulfato en el agua residual. Un efluente soluble de **Zn** de menos de 0.1 mg/lit ha sido alcanzado a un pH de 11.0

6.13 CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS

Cloruros

El ión cloruro (Cl^-) es uno de los mayores aniones inorgánicos en agua natural y aguas residuales. En el agua potable el sabor salino producido por las concentraciones de cloruro es variable y depende de la composición química del agua. Algunas aguas conteniendo 250 mg/lit podrían tener un detectable sabor salino si el catión es sodio. Por otro lado el típico sabor salino podría estar ausente en aguas conteniendo tanto como 1,000 mg/lit cuando los cationes predominantes son calcio y magnesio.

La concentración de cloruro es más alta en aguas residuales que en aguas crudas porque el cloruro de sodio es un compuesto común de la dieta y pasa inalterado en el sistema digestivo. A lo largo de las costas marítimas puede estar presente en altas concentraciones por la filtración del agua salada dentro del sistema de alcantarillado. Esto también puede estar incrementado por los procesos industriales.

Un alto contenido de cloruros podría dañar tuberías metálicas y estructuras, además del crecimiento de las plantas.

Potencial Hidrógeno (pH)

La medida del pH es uno de los más importantes y frecuentemente usados exámenes en la química del agua. Prácticamente cada fase de los suministros de agua y del tratamiento de las aguas residuales, por ejemplo, neutralización ácido-base, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión dependen del pH.

El pH es usado en las mediciones de la alcalinidad y de la cantidad del dióxido de carbono y muchos otros equilibrios ácido-base. A una T° dada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución es indicada por el pH o actividad del ión hidrógeno.

La alcalinidad y acidez son la capacidad de neutralización ácido-base de un agua y usualmente son expresadas como mg/lit de $CaCO_3$.

Las aguas naturales usualmente tienen valores de pH en el rango de 4 a 9 y la mayoría son insignificamente básicas por la presencia de los bicarbonatos y carbonatos del álcali y metales alcalino térreos.

El Nitrógeno es un nutriente esencial para las plantas, y normalmente se absorbe del suelo como nitrato o como amoníaco. Se utiliza para formar las proteínas vegetales, que por turnos se utilizan como la mayor fuente dietética de aminoácidos para humanos y animales. El Nitrógeno absorbido del suelo se debe reemplazar para mantener la fertilidad del suelo.

Los agricultores reponen el nitrógeno tanto esparciendo estiércol como aplicando fertilizantes artificiales. La mayoría del Nitrógeno en el suelo está en forma orgánica

que está estrechamente ligado tanto a la materia vegetal como a la materia orgánica y al humus.

Como las plantas solamente pueden utilizar Nitrógeno inorgánico (mineral), esta reserva natural de Nitrógeno orgánico no está disponible para el crecimiento de las plantas, a menos que se descomponga por la acción microbiana, de su forma orgánica a nitrato. Este lento proceso continuamente libera nitrógeno mineral en bajas concentraciones, pero no siempre cuando y en la cantidad requerida por las cosechas.

Hay dos orígenes principales de la contaminación por nitratos en los recursos de agua: (1) El nitrato se libera cuando la materia orgánica se descompone por las bacterias del suelo, sin embargo, si los cultivos no están en crecimiento entonces el nitrato producido por la acción microbiana no es utilizado por las plantas y así es arrastrado al suelo por el agua de lluvia hasta el acuífero, contaminando el agua subterránea. (2) Los agricultores añaden directamente el Nitrógeno inorgánico a los campos en forma de fertilizantes artificiales. Donde la aplicación excede las necesidades de la planta para utilizar el nitrato, entonces el exceso o bien se quedará ligado al suelo, o lo más seguro, será arrastrado del suelo por la lluvia tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas.

En condiciones ideales el 50-70% del Nitrógeno aplicado al terreno como fertilizante es captado por las plantas, 2-20% se pierde por volatilización, 15-25% se liga a la materia orgánica o las partículas de arcilla en el suelo, dejando entre un 2 y un 10% para ser lixiviado directamente a las aguas superficiales o subterráneas. El porcentaje de nitrato que lixivía del suelo depende de varios factores, incluyendo la estructura del suelo, la actividad de la planta, T°, precipitaciones, el ritmo de aplicación del fertilizante, el contenido en agua del suelo y muchos más, de modo que es difícil generalizar o predecir exactamente la cantidad de nitrato que se perderá en un área de tierra de cultivo.

¿Es correcto concluir que el principal origen de la contaminación por nitratos son los fertilizantes artificiales? Trabajos publicados sobre la contaminación de los recursos de agua por nitratos claramente concluyen que el lixiviado de los fertilizantes agrícolas es el principal origen.

Dependiendo de factores como el tipo de suelo, condiciones atmosféricas y previsiones de crecimiento de la cosecha, hasta un 3% de este Nitrógeno ligado orgánicamente se puede desmineralizar a amoníaco por las bacterias del suelo. Este es un proceso lento, pero la subsiguiente nitrificación del amoníaco a nitrato sucede muy rápidamente.

La descomposición de la urea en Nitrógeno gas: esto tiene lugar a través de un número de procesos microbiológicos, tanto anaerobios como aerobios.

El nitrato está entonces disponible para numerosos procesos del suelo, por ejemplo, para ser captado por los cultivos, fijarse biológicamente en el suelo como biomasa microbiana, desnitrificación por microorganismos a nitrógeno gas que se pierde en la atmósfera, o lixiviarse del suelo a los recursos de agua.

Cuando las tierras de pasto están intensamente fertilizadas con estiércol debido a la alta densidad de ganado o al excesivo esparcimiento del estiércol animal o de lodos de aguas residuales, entonces habrá un exceso de Nitrógeno que será en forma de lixiviado como nitrato. En cierto tipo de suelos como los suelos arenosos, la velocidad de lixiviado puede alcanzar los niveles observados en las tierras de cultivo. Donde las tierras de pasto se roturan hay una gran liberación de nitrógeno al suelo el cuál puede lixiviarse a los recursos de agua.

El problema es que los microorganismos son más activos cuando las condiciones son ideales para ellos, no cuando los cultivos necesitan el Nitrógeno. Por ejemplo, es en el otoño cuando el suelo esta tibio y su contenido en humedad está incrementándose de modo que los microorganismos están estimulados a producir más nitrato; este es también el período cuando las precipitaciones comienzan a exceder la evaporación, de modo que el agua fluye hacia las aguas subterráneas, llevándose consigo cualquier nitrato soluble.

Formas del Nitrógeno inorgánico diferentes al nitrato encontradas en los fertilizantes son el amoníaco y la urea, las cuales son rápidamente transformadas por los microorganismos del suelo en nitrato; tanto las aguas superficiales como las subterráneas que se utilizan para el abastecimiento pueden contaminarse. El problema es por tanto las prácticas agrícola en general más que el sobre uso de fertilizantes específicamente.

Los fertilizantes inorgánicos también contienen pequeñas cantidades de Fósforo y de Potasio. Estos nutrientes generalmente no causan problemas ya que están ligados y sujetos por las partículas del suelo, y a diferencia del nitrato no se lixivian fácilmente del suelo por la lluvia.

Sin embargo, aunque el Fósforo y el Potasio no afectan directamente la calidad del agua, el Fósforo, junto con el Nitrógeno, pueden causar la eutroficación en las aguas superficiales con todos los problemas que lleva asociados de excesivo crecimiento de plantas.

Fuentes de los residuos nitrogenados

Las fuentes más importantes de los residuos nitrogenados son los sectores de la industria química que fabrican y utilizan compuestos de Nitrógeno y las fuentes biológicas como los residuos humanos, animales y los de las industrias procesadoras de alimentos.

Al considerar los residuos nitrogenados procedentes de la industria química, se debe recordar que, como la mayoría de los productos químicos industriales, los compuestos de Nitrógeno son valiosos y no se deben desperdiciar. Sin embargo, las concentraciones que sean tan bajas que resulte no económico ó impracticable recuperar los materiales de las corrientes del proceso por operaciones químicas normales, pueden ser todavía suficientemente altas en términos biológicos para causar contaminación.

El amoníaco y el ác. nítrico son productos químicos industriales clave, y la industria de los fertilizantes en particular implica la fabricación de amoníaco, ác. nítrico, nitrato de amonio, sulfato de amonio y urea. Es posible que todos ellos entren a las corrientes de aguas residuales como resultado de derrames, lavado de recipientes y la descarga de los depuradores. La industria de explosivos, fabrica también nitrato de amonio y utiliza el ácido como el principal reactivo para la nitración de diversos materiales como los desperdicios del algodón para la nitrocelulosa, tolueno para TNT, y glicerina para la nitroglicerina y la dinamita.

El ác. nítrico también se usa en las industrias de acabado de metales para su "limpieza" y desincrustación y en la manufactura del plaguicida inorgánico arseniato de plomo.

El proceso de carbonización (*del carbón*), por el cuál se produce el coque, es fuente importante de las aguas residuales que contienen amoníaco.

Fuentes del fósforo en las aguas residuales

Los compuestos de Fósforo son componentes característicos de los organismos vivientes y son liberados por la descomposición de las células, de manera que los residuos humanos y animales y las aguas residuales procedentes de industrias que procesan materiales biológicos, como la industria alimentaria, constituyen las fuentes principales de los compuestos de Fósforo.

Los detergentes, tanto para uso doméstico como industrial contienen frecuentemente fosfato para aumentar la efectividad del producto, y el contenido de Fósforo de las aguas negras de origen doméstico se origina de los residuos humanos y los detergentes en proporciones aproximadamente iguales.

Las industrias "biológicas" acostumbran también efectuar frecuentes lavados de la planta, y contribuyen así compuestos orgánicos procedentes de los detergentes así como de fuentes orgánicas.

Otras fuentes de aguas residuales que contengan Fósforo, aparte de las industrias biológicas, son las operaciones donde se fabrican fosfatos y ácido fosfórico, muy especialmente la industria de los fertilizantes y la industria de acabado de los metales;

los compuestos de Fósforo tienen mucho uso en general para la inhibición de las incrustaciones en las calderas, intercambiadores de calor, y circuitos de enfriamiento y como un inhibidor de la corrosión en general.

Sílice

El Sílice en cantidades de 1 a 100 ppm es encontrado en todos los suministros naturales de agua. En los análisis de lluvia, granizo y nieve se han encontrado niveles de sílice en rango desde 0.1 a 2.8 ppm; en análisis de varias aguas superficiales y subterráneas se encontraron rangos desde 1 a 107 ppm.

El Sílice es particularmente no deseable en las modernas calderas de alta presión, donde tiene pronunciadas tendencias a formar escamas. Si la dureza al calcio está presente en el agua que se encuentra en la caldera, la escama formada podría ser un silicato de calcio, si la alúmina soluble está presente una escama de aluminio-silicato podría ser formada, y bajo otras condiciones la escama podría consistir casi exclusivamente de Sílice.

Las escamas de sílice son usualmente muy duras, vidriosas, adherentes y difíciles de remover; el Sílice es frecuentemente acarreado por el vapor, formando escamas en tubos de radiadores y en cuchillas de turbinas. Mientras esta acción es adjudicada a un acarreo mecánico, hay otra explicación que ha sido manejada y es, que el Sílice es soluble a una cierta extensión de vapor a alta presión. de metálico. Mediante tratamientos apropiados el contenido de Sílice en el agua podría ser reducido a cantidades nada despreciables. Si el agua a tratar es de tipo superficial la cuál requiere coagulación, el uso de sulfato férrico como coagulante va a ayudar en la reducción del contenido del Sílice.

Sulfatos

El ión sulfato (SO_4^{2-}) está ampliamente distribuido en la naturaleza y podría estar presente en aguas naturales en rangos desde pocos hasta varios miles de mg/lit. Los residuos de drenajes de minas podrían contribuir a grandes cantidades de sulfatos a través de la oxidación de la pirita.

Los sulfatos de sodio y magnesio ejercen una acción catártica. En la presencia de materia orgánica ciertas bacterias podrían reducir el SO_4^{2-} a S^{2-} . Para prevenir esto se deben almacenar las muestras altamente contaminadas a 4°C.

6.14 COMPONENTES ORGÁNICOS

Materia orgánica.

La presencia de materia orgánica en los desechos domésticos, particularmente organismos coliformes fecales es peligrosa. Afortunadamente estos desechos orgánicos pueden ser transformados por las plantas de tratamiento. El proceso se vale de determinados tipos de bacterias que atacan la materia orgánica. Aunque factores biológicos tiendan a purificar la contaminación orgánica, no existen en suficiente cantidad en los ríos abiertos, lagos y costas como para transformar cantidades excesivas de contaminantes; estos límites hacen que sea necesario que el hombre intervenga para ayudar en el proceso.

El tratamiento de desechos orgánicos emplea tanto productos químicos como cuerpos vivos, pero los desechos deben contener la suficiente cantidad de Oxígeno puesto que los organismos vivos requieren Oxígeno para estar activos. En la terminología científica la Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB) es la medida del Oxígeno que se requiere para remover la materia orgánica del agua por medio de este proceso de descomposición por bacteria aeróbica (que vive solo en oxígeno). La materia orgánica de los desechos se estabiliza o convierte en materia inocua cuando es descompuesta por organismos bacteriales vivos.

Los compuestos orgánicos, gases disueltos y sedimentos afectan la calidad del agua y no reaccionan por igual a la acción bacterial.

El Oxígeno Disuelto (OD) en suficiente cantidad es indispensable para la supervivencia de los peces y otros organismos acuáticos, pero es un agente activo hasta el punto de ser corrosivo. En el agua no contaminada el Oxígeno está presente en proporción en 10 ppm (partes por millón) o menos. La mayoría de los peces no pueden sobre vivir en agua con menos de 5 ppm, aunque hay unos que viven en agua con menos de 3 ppm de Oxígeno Disuelto.

Las mediciones de Oxígeno Disuelto (OD), junto con la utilización de Oxígeno Demanda Bioquímica (DOB) son los factores que se usan para determinar el grado de contaminación del agua. En otras palabras:

¿Hay suficiente oxígeno para que las bacterias actúen sobre la materia orgánica y también para soportar la vida acuática, principalmente peces?

El agua tratada por acción bacterial que se descarga en los ríos no debe contaminarlos hasta el punto de que el Oxígeno Disuelto en ellos sea reducido al grado de que produzca la muerte de los peces; de hacerlo, los peces muertos contaminarán naturalmente el agua aún más y se podrá utilizar aún menos agua abajo.

El Dióxido de Carbono, otro gas es soluble en agua y se produce por descomposición de materia orgánica principalmente.

El Dióxido de Carbono en solución aumenta la acción solvente del agua y la hace más corrosiva. En altas concentraciones el Dióxido de Carbono ataca el cemento, acelera la oxidación del Hierro y el Acero y fomenta la solución del Plomo. Estas reacciones químicas pueden observarse en el agua potable que no se considera contaminada, cuando los depósitos de herrumbre del hierro o acero de los tubos llegan a los baños y fregaderos. Se puede tolerar una cantidad moderada de corrosión, pero cuando los desechos domésticos e industriales llevan una cantidad excesiva de CO_2 disuelto se convierte en factor contaminante por razón de su efecto corrosivo.

Aceites y grasas

En la determinación de aceite y grasa, una cantidad absoluta de una sustancia específica no es medida. Mejor dicho, grupos de sustancias con similares características físicas son determinados cuantitativamente sobre la base de sus comunes solubilidades en un solvente orgánico para extracción. Aceite y grasa es definido como un material recuperado de una sustancia soluble en el solvente. Esto incluye otros materiales extraídos por el solvente de una muestra acidificada (tales como compuestos de Azufre, ciertas tintas orgánicas y clorofila) y no volatilizada durante el examen.

Productos químicos

Los insectos compiten con el hombre por alimentos; los pesticidas, insecticidas y herbicidas usados para destruir insectos y plantas nocivas pueden contaminar el agua. Los pesticidas llegan a los ríos y pozos de las aguas tratadas, con el desagüe de las lluvias o del agua superficial y se filtran por la tierra. Estos contaminantes tienen con frecuencia efectos graves en la vida de aves, peces y animales salvajes.

Los detergentes sintéticos han complicado igualmente la depuración; los detergentes se desarrollaron para eliminar las desventajas del jabón ordinario, en el agua dura o en agua con alto contenido de mineral; el jabón forma en su función de limpiar, compuestos insolubles o nata y a menudo da un color a la ropa recientemente lavada. Los detergentes sintéticos tienen la ventaja de mantener su eficiencia aún en agua dura sin que formen nata.

La mayoría de detergentes limpian mejor que el jabón ordinario, pero suelen contener *sulfonato de benceno alquídico* que crea espuma o jabonaduras en vez de nata. La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales no pueden calmar los detergentes y no son descompuestos por las bacterias, permanecen en el agua de desecho en su forma original y tienden a espumar de nuevo en los ríos cuando son agitados.

Pueden también filtrarse por la tierra con agua de desecho conservando su estado químico original. Imparten al agua potable un gusto de aceite o de pescado y pueden que tengan un olor perfumado. Los detergentes son un buen sustituto popular del jabón y de poder hacerlos seguros desaparecerán muchos de los problemas de las plantas de tratamiento municipales.

7. METODOLOGÍA

Este estudio lo realizamos en varias etapas las cuales se describen a continuación:

- Tipo de estudio
- Delimitación y caracterización de la zona de estudio
- Recopilación de la información
- Identificación y caracterización de las principales descargas acuáticas de acuerdo a su origen
- Toma de muestras de las descargas municipales, Industriales (tequileras , lácteos ,granjas porcícolas)
- Análisis de las muestras de toma de muestras del río de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos de la NOM 002 ECOL/1998.
- Determinación de los índices de calidad del agua a lo largo del río
- Identificar amenazas para la salud y zonas críticas .

Tipo de estudio: descriptivo transversal se realizó con un monitoreo ambiental periódico donde los ensayos se realizaron tanto para descargas municipales e industrias porcícolas, en la cuenca del río de la Laja donde por cada 15 días se realizaron los monitoreos de diciembre del 1996 a febrero 1998 donde se denota el comportamiento del ecosistema por estaciones del año.

Criterios de inclusión

- Descargas municipales de la poblaciones, Santa Fe, la Laja ,Salitre
- Industrias tequileras, granjas porcícolas, descargas de lácteos .
- Río de la Laja Jalisco en sus cinco puntos de muestreo tales como el Salitre, La Paz, Laja , pueblos de la barranca .San Isidro .

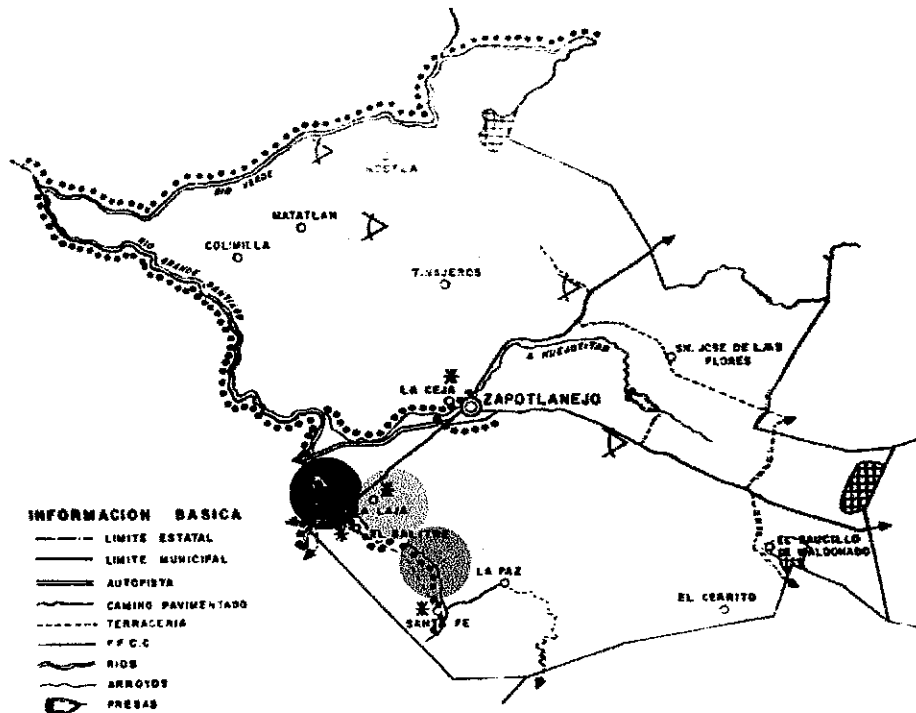
Criterios de exclusión

- Industrias de la curtiduría
- Industria textil
- Industria cromadoras

DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Descripción del Medio Ambiente en la Cuenca de la Laja

La región de Santa Fe Jalisco municipio de Zapotlanejo Jal, comprende una extensión aproximada de 2,000 Has. de tierras laborales propiciadas para la agricultura intensa beneficiadas, por la irrigación mediante un canal de aproximadamente 20 Km. extensión que abarcando de la población de Juanacatlán, cabecera del Municipio del mismo nombre termina en el río Santiago, al norte de Puente Grande, utilizando agua del mismo río.



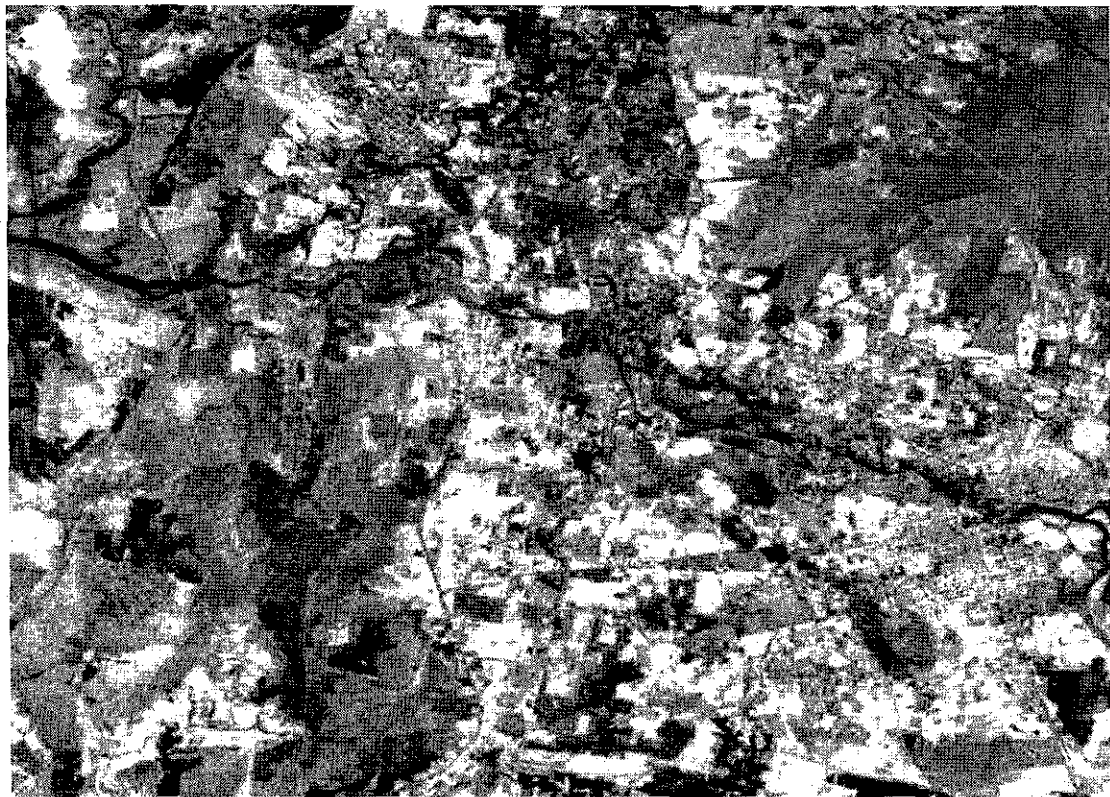
Mapa de la zona de estudio y presencia de amenazas.

Hacia el oriente, y corriendo del sur al norte se encuentra el río Laja Jalisco, que sirve de límite natural a este pequeño ecosistema. Este río que se origina en las serranías de las partes del sur del municipio., es un cause natural con corrientes de agua solamente en tiempos de lluvia, pero ya a la altura de Santa Fe mediante las descargas de los excedentes de las aguas de los canales de riego que se desprenden del canal principal originan un caudal permanente durante todo el año que beneficia a los pobladores de la paz, Santa Fe, la cuadra, El Salitre, La Laja, Pueblos de la Barranca, San Isidro, hasta terminar junto con el canal en el río Santiago.

Zona geográfica

El río de la Laja se ubica en la parte central del estado de Jalisco. Aproximadamente 15 Km. Al sureste de la zona metropolitana de Guadalajara. Es un tributario del río grande de Santiago. El mismo se ubica regionalmente en la cuenca del río grande de Santiago y forma el río de la Laja una subcuenca exorreica abierta. Con el mismo nombre esta subcuenca tiene una superficie de aproximadamente 175 Km.

El drenaje involucradas en esta subcuenca es de orden 6 su drenaje es dendrítico a rectangular la longitud máxima del río es de 34 Km.



Vista aérea de la zona de estudio

Clima

Con en épocas excepciones(corrientes perenes , drenes , de extensas tierras húmedas) el caudal de las corrientes es muy variable durante el año, aunque se pueden predecir pocas las estaciones con las medidas de los flujos altos y bajos debido ala capacidad de formación del cause es función de la creciente del gasto.

La precipitación anual es de 570.8 mm con una temperatura anual de 18.5°C y evaporación anual de 768.6 mm. Con vientos dominantes en dirección noreste. El periodo de lluvias se establece en los meses de finales de mayo, junio, julio, agosto, los meses de diciembre, enero, febrero, se consideran los más propicios para el fenómeno de heladas (estación climatológica del municipio del salto 2001)

Estudios hidrológicos

Estos estudios son relevancia, hay que nos indica las cualidades hidrológicas de sistema acuático y estos deben incluir la cantidad de descargas anuales, estacionales, periodicidad de descargas, proceso de flujo superficial incluyendo velocidades, turbulencias, corrientes tranquilas; crecientes de flujos de agua y procesos de intercambios tiempo de retención, tamaño de partículas y cantidad de lecho y flujo del sedimento.

Se identificaron características de una cuenca perenes donde se reconoce profundidad y longitud así Flujo recorriendo topografía y tipo de vegetación.

Usos del agua

- Industrial
- Agrícola

Fuentes contaminantes del río de la Laja

- Industria Tequilera
- Industrias porcícolas
- Pequeñas industrias productoras de lácteos que descargan en río de la Laja
- Descargas municipales

Zona geológica

La zona se ubica dentro de la provincia y su gráfica denominada la Laja volcánica mexicana, cuyas característica principal es el de terreno volcánico de actividad reciente y estructurada geológicamente (fallas y fracturas) que afectan a éste material volcánico.

En la zona por lo menos existen dos extractos de volcanes el primero en el cerro Papantlón de Juanacatlán y el segundo el mirador ambos de plioceno-pleistoceno.

Existen además un aparato monogenético (cerro de la Coronita). El material volcánico se puede clasificar como andesita y basalto y al norte de la zona se puede considerar que éstas rocas fueron emitidas a través de fisuras .

Desde el punto de vista estructurales las fallas existen en la localidad y puede asociarse al denominado graben de Chápala cuyas características principales son las estructuras regionales con dirección este oeste. A partir de la alteración de esas rocas se ha formado suelo residual y suelo transportado que se ha acumulado de principio en la parte más baja de esta subcuenca cuya altura varía de 2,300 a 1,400 mts. Sobre el nivel del mar.

La infiltración que se da en la zona es en las partes altas de las fallas y fracturas existente, ya que las rocas adensiticos tienen una permeabilidad baja y la infiltración solo es factible a través de las estructuras geológicas mientras que en las partes bajas de la subcuenca (porción noroeste). Los sedimentos acumulados tienen una alta permeabilidad por lo que la infiltración se da en los espacios intersticiales de los sedimentos y se puede considerar que la proporción noroeste de esta subcuenca es altamente vulnerable ante los contaminantes.

Este se realizó a partir de recorridos al lugar, con ello se delimitó el área de estudio.

Recopilación de la información.

- 1.-Se recopiló información de la zona de estudio sobre: datos históricos,
- 2.-. Se contactó con líderes de la comunidad o personas que tenían alguna presentatividad, los cuales nos proporcionaron datos sobre la problemática del lugar.
- 3.-Se realizaron visitas en las diferentes dependencias :tanto agropecuarias como industriales en la zona de estudio, Instituto nacional estadístico de información geográfica ,secretaria de recursos hidráulicos. En estos sitios se obtuvo información tales como: meteorológicas precipitación y características de los escurrimientos. Localización de las descargas en la cuenca del río según sus giros tales como: deshechos tequileros (vinazas), descargas porcícolas, y descargas municipales de las diferentes poblaciones que se vierten en las márgenes del río de la Laja .
- 4.- Se elaboró un mapa cartográfico, para ubicar y localizar las industrias en la zona de estudio, al igual que las granjas porcícolas, y los diferentes asentamientos a lo largo del río de la laja.

Caracterización de las descargas y toma de muestras

Se consideraron dos tipo de descargas municipales e industriales en las cuales se muestrearon en el sitio de descargas .

A).-Vinazas tequileras. Se colectaron muestras compuesta cada hora iniciando a las 8 am. Concluyendo 12 am..(cuadro 5) en los conductos de descargas de las empresas tequileras, estas fueron debidamente transportadas al laboratorio donde se les realizaron los análisis correspondientes a los parámetros fisicoquímicos que marca la NOM Mexicana 002 – 1998.

Cuadro 5. Descargas tequileras (Vinazas)

Descargas Tequileras	Año de muestreo	Mes de muestreo	FRECUENCIA DEL MUESTREO
Tequilera No.1 Predio 15	1996 – 1997	Mayo, Julio, Octubre	Cada 15 días por 4 horas
Tequilera No.2 predio 29	1996 –1997	Mayo, Julio, Octubre	Cada 15 días por 4 horas

B).- Descargas porcícolas. Se colectaron muestras compuesta cada hora iniciando a las 8 am. Concluyendo 12 am.. (ver cuadro 6) en los conductos de descargas de las grajas porcícolas, estas fueron debidamente transportadas al laboratorio donde se les realizaron los análisis correspondientes a los parámetros fisicoquímicos que marca la NOM Mexicana 002 ECOL– 1998.

Cuadro 6. Descargas porcícolas.

Descargas porcícolas	Año de muestreo	Mes de muestreo	FRECUENCIA DEL MUESTREO
Granjas 1 14 km.	1996 -1997	Mayo, Julio, Octubre	Cada 15 días por 4 horas
Granjas 2 6 km.	1996 -1997	Mayo, Julio, Octubre	Cada 15 días por 4 horas
Granjas 3 8 km.	1996- 1997	Mayo, Julio, Octubre	Cada 15 días por 4 horas
Granjas 4 4 km.	1996 -1997	Mayo, Julio, Octubre	Cada 15 días por 4 horas

C).- Descargas municipales. Se colectaron muestras compuesta cada hora iniciando a las 8 AM. Concluyendo 12 AM.. de los tres puntos de muestreo (ver cuadro 7) en los conductos de descargas municipales(Santa Fe, El Salitre, La Laja), estas fueron debidamente transportadas al laboratorio donde se les realizaron los análisis correspondientes a los parámetros fisicoquímicos que marca la NOM Mexicana 002 ECOL/– 1998

Cuadro 7. Descargas municipales

DESCARGA S MUNICIPALES	AÑO DE MUESTREO	MESES DE MUESTREO EN SITIO	FRECUENCIA DEL MUESTREO
Santa Fe	1996 -1997	Mayo, Julio, Octubre.	Cada 15 días por 4 horas
El Salitre	1996 -1997	Mayo, Julio, Octubre.	Cada 15 días por 4 horas
La Laja	1996 - 1997	Mayo, Julio, Octubre.	Cada 15 días por 4 horas

Una muestra cada mes

D).-Descargas de la industria de lácteos

Se colectaron muestras compuesta cada hora iniciando a las 8 am. Concluyendo 12 am.. (Cuadro 8) de las descargas de cinco casas de las poblaciones de Santa Fe y El Salitre del municipio de Zapotlanejo. Estas fueron debidamente transportadas al laboratorio donde se les realizaron los análisis correspondientes a los parámetros fisicoquímicos que marca la NOM Mexicana 002 ECOL/ 1998.

Cuadro 8. Descargas de residuos lácteos

DESCARGAS PROCESADORAS DE LACTEOS	AÑO DE MUESTREO	MESES DE MUESTREO EN SITIO	FRECUENCIA DEL MUESTREO
Santa Fe	1998	Enero	5 muestras por mes
El Salitre	1996 -1997	Marzo,	5 muestras por mes

Muestreo de las aguas superficiales.

Se procedió a identificar las estaciones de muestreo en función de los siguientes factores:

- Fotografía aérea del sitio de muestreo
- Localización física del lugar
- Determinación de las coordenadas

De esta manera, se establecieron las siguientes estaciones de muestreo :

Estación R₁ Salitre,

Ubicada entre la longitud 103 grados 03 minutos 32 segundos W
Y la latitud 20 grados 32 minutos 24 segundos. N

Estación R₂ la Paz

Ubicada entre la longitud 103 grados 05 minutos 55 segundos W
Y la latitud 20 grados 33 minutos 37 segundos N

Estación R₃ La Laja

Ubicada entre la longitud de 103 grados 07 minutos 29 segundos W
Latitud 20 grados 34 minutos 24 segundos. N

Estación R₄ Barranca

Ubicada entre longitud 103 grado 07 minutos 43 segundos W
Latitud 20 grados 34 minutos 44 segundos N

Estación R₅ San Isidro,

Ubicada entre longitud 103 grados 08 minutos 24 segundos W
latitud 20 grados 35 minutos 26 segundos N

Además de las estaciones, se estableció un calendario de la frecuencia de la toma de muestras según las estaciones del año, la cual se representa en el siguiente Cuadro.

Cuadro 9. Muestreo por las estaciones de año y frecuencia de muestras

Otoño	1996	Muestreo por mes	Salitre, Laja, Barranca, La paz, San Isidro,
Invierno	1996	Muestreo por mes	Salitre, Laja, Barranca, La paz, San Isidro,
Primavera	1997	Muestreo por mes	Salitre, Laja, Barranca, La paz, San Isidro,
Verano	1997	Muestreo por mes	Salitre, Laja, Barranca, La paz, San Isidro,

Se colectaron muestras a lo largo del río de la Laja Jalisco donde se establecieron puntos de muestreo determinando se parámetros en las poblaciones de **Salitre, Laja, Barranca, La paz, San Isidro**, donde se muestrearon en campo parámetro físico químicos en tres frasco uno con ácido para conservarse en el transcurso de llegada a la laboratorio donde se les determinaron 20 parámetro a cada muestra recolectada en los cinco puntos de muestreo de acuerdo con la red monitoreo que se estableció en la zona de estudio.

Determinación de los índices de calidad del agua a lo largo del río

En los cinco puntos de muestreo establecidos a través de las poblaciones Salitre, Laja, Barranca, La paz, San Isidro, en el cual a cada punto se le determinaron 10 parámetros físicos y 10 parámetros químicos así como 2 parámetros microbiológicos los cuales fueron determinados y calculados en porcentaje a través de la metodología propuesta por E. Barrios en el cual se establecen usos de agua de acuerdo con el porcentaje que resulte .

Identificar amenazas para la salud y zonas critica .

Dentro con los resultados de las descargas municipales e industriales como de los índices de calidad se identificarán las posibles amenazas a las cuales esta expuesta la población que se encuentra a los márgenes río como la identificación de las zonas más críticas donde se concentren este tipo de contaminantes encontrados en la zona de estudio.

8.-RESULTADOS

RESULTADOS DE LAS RESIDUOS MUNICIPALES

En el análisis de las descargas municipales de la zona de estudio, se observó que en la cuenca del río de la Laja Jalisco, no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que las descargas Municipales van directamente al río sin tratamiento previo. Estas presentaron altas concentraciones de DBO, SST, Grasas y Aceites, y microorganismos patógeno que de acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo de estudio, no cumplen con los límites máximos permisibles de contaminación de aguas residuales municipales o doméstica establecidos en la Norma Mexicana NOM 002 -CCA- ECO/ 98.

Es relevante mencionar que solo El Salitre, Santa Fe y la Laja, se les analizó sus descargas faltando por caracterizar las poblaciones de la barranca y San Isidro. Pero son pueblos que se encuentra abajo de la cuenca y por falta de presupuesto y apoyo no se amplió el estudio.

RESULTADOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA TEQUILERA. (VINAZAS)

De acuerdo a estos resultados se determina que considerando las características de estas vinazas se conceptualiza como agua de riesgo no cumplen con la normatividad NOM-CCA-031ECO/96 en los siguientes parámetros DBO,OD, DQO, y Sólido en todas las presentaciones con el pH que es muy bajo y la temperatura de descarga de 90⁰c sin tener la presencia microorganismos patógenos. (Cuadro 11)

RESULTADO DE RESIDUOS PORCÍCOLAS .

Tomando en cuenta las consideraciones que establece la Norma Mexicana NOM-ECOL-002/98 y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que ésta establece, fueron consideradas al analizar las muestras que se tomaron en los efluentes de 10 granjas, durante 1997. Donde los parámetros fisicoquímicos tales, como DQO, DBO, ST, SST, SVT, ninguno logró cumplir con la norma (NOM 002 -CCA- ECO/ 98).Identificado como agua residual ya que la caracterización se realizó en las descargas de este residuo y no como estiércol por descargarlo diluido.

Donde los análisis realizados a estas descargas nos permitieron observar concentraciones altas en materia orgánica, color, pH, grasas y aceites, y en sólidos totales. Donde no cumplen con la normatividad NOM 002 - ECO/ 98. Se requiere de dar un tratamiento previo el cual consiste procesos fisicoquímicos y reconocimiento de la utilidad de este residuo.

Cuadro 10. Resultado de los análisis de las descargas porcícolas

Descargas porcícolas	Mg/l	NOM 002 - ECO/ 98
Sólidos Totales	110- 200.	
Sólidos Volátiles Totales	70 - 77 % ST	112 mg/ml
Sólidos Suspendidos Totales	700- 1400	120 mg/ml
Demanda Química de Oxígeno, DQO	1700- 2500	145 mg/ml

RESULTADO DE RESIDUOS DE LACTEOS

Tomando en cuenta las consideraciones que establece la Norma Mexicana NOM-ECOL-002/98 y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que ésta establece, fueron consideradas al analizar las muestras que se tomaron cada mes, en los efluentes de cinco productoras de lácteos, en el pueblo de Santa fe, y cinco productoras en el Salitre, lugar donde el 60% de la población se dedica a la producción de lácteos,

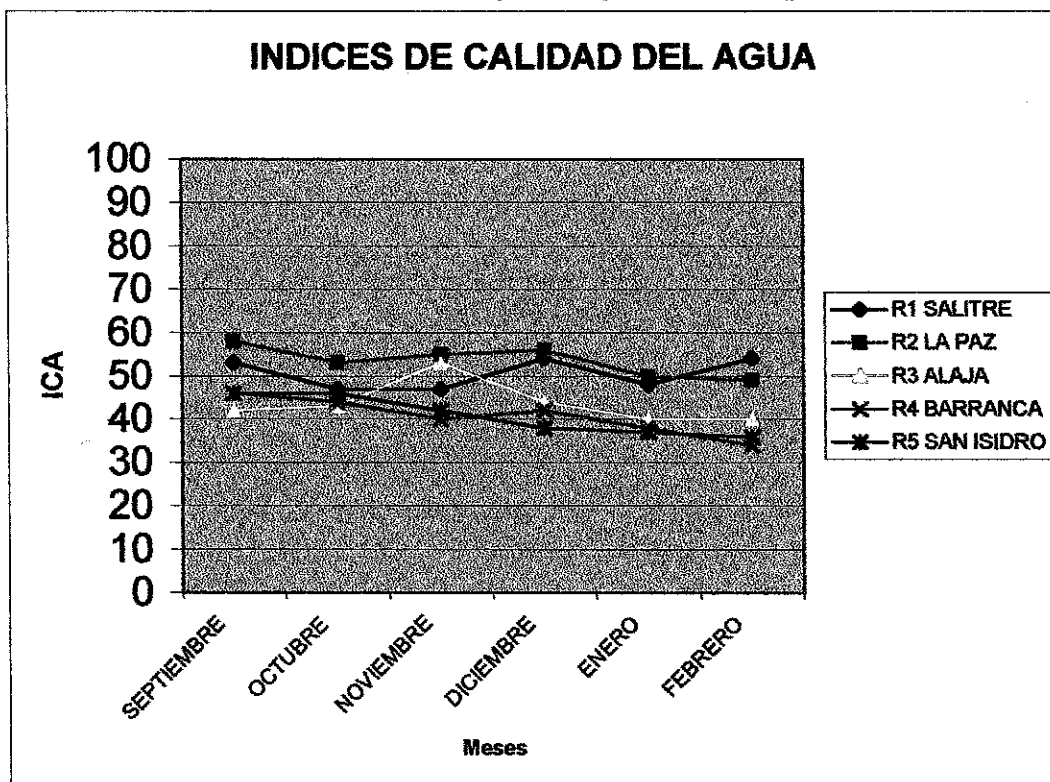
Cuadro 11. Resultado de los análisis de las descargas de lácteos

Descargas porcícolas	Mg/l	NOM 002 - ECO/ 98
pH	7.1	6-9
Grasas y aceites	286	30
Sólidos Suspendidos Totales	993	120
Demanda Química de Oxígeno, DQO	1560	145

RESULTADOS INDICES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA DE ESTUDIO

En cuanto a los índices de calidad del agua (ICA). Se observo la tendencia de Septiembre a Enero del 1996- 1997, como se muestra en el gráfico 1. donde el análisis de las muestras de agua del río de la Laja en los 5 puntos de muestro a lo largo de 20 Km.

GRAFICO 1 Indices de calidad del agua del periodo de Sep. 1996 –Ene.1997



Se observa que el comportamiento fue similar por que van de 38 a 58 (ICA). y son altos aunque estos no son satisfactorios para la calidad de la vida acuática, **cuadro 12** (Indices mínimos, para un ecosistema en equilibrio ya que es de 70 ICA).

Por lo tanto hay que mencionar que con estos resultados, para un uso de agua potable requiere de un tratamiento para este tipo de uso, ya que puede provocar problemas a la salud en las poblaciones de estudio. En lo que se refiere a un uso para aguas recreativas, tienen una calidad aceptable, pero no recomendable.

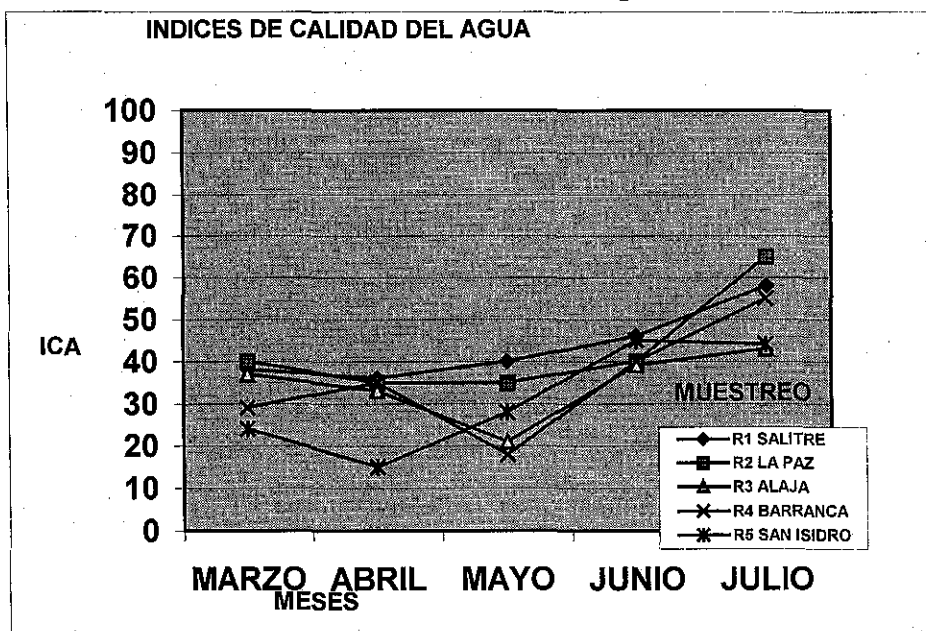
Cuadro 12 Índices de Calidad del Agua en la Zona de estudio de Septiembre de 1996 a Enero de 1997

MUESTREO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
R1 SALITRE	53	47	47	54	48	54
R2 LA PAZ	58	53	55	56	50	49
R3 ALAJA	42	43	53	44	40	40
R4 BARRANCA	46	44	40	42	38	34
R5 SAN ISIDRO	46	46	42	38	37	36

Es importante hacer mención que durante este periodo el flujo del caudal permaneció constante durante el muestreo. En la estación de muestreo R-1, que se encuentra ubicado a 15 Km. Agua arriba de la cuenca, y la estación R-4 presentan las mismas tendencias de la calidad del agua permaneciendo bajos estos. En este tramo se encuentran descargas municipales, cerdazas, vinazas, que estas son arrojadas sin ningún tratamiento a las orillas del río en estudio. En consecuencia el río no tiene la capacidad de autopurificarse.

En la estación R-5 donde bajan los ICA en el ámbito de 38- 48 en este punto se concentran, por la cantidad de materia orgánica de las demás poblaciones que descargan en esta cuenca, tanto residuos de granjas porcícolas y descargas de productos lácteos y es donde se presentaron parámetro de materia orgánica como son BDQ, OD, DQO, y microorganismos patógenos que son los que bajaron los índices de calidad en el momento de hacer el cálculo.

GRAFICO 2 Índices de calidad del agua del periodo Marzo a Julio-1997



Se encontró que en el periodo de Marzo a Julio 1997, los índices de calidad que se determinaron en el estudio son muy bajos ya que oscilan entre 15 a 55 (ICA) en las estaciones R-1 y R-2 que se muestra en el **gráfico 2**.

En donde tenemos que los puntos marcan sus índices de calidad de agua entre 15 a 40 (ICA), considerandose que para uso de agua potable no es recomendable, y se califica como inaceptable. En cuanto al uso agrícola es muy restringido, lo mismo que para uso de aguas de recreación, solo por mencionar algunas afectaciones.

Por lo que en este punto los parámetros fisicoquímicos y microbiológico que más se aumentaron fueron BDQ, OD, DQO, y microorganismos patógenos pero en concentraciones muy elevadas, lo cual indica que los contaminantes se están acumulando a lo largo del río, provocando el consecuente azolvamiento del área de estudio, propiciando condiciones anaerobias.

Y además es importante mencionar que para los meses de estiaje, que es la época cuando se encuentra bajo el flujo del caudal, y por consecuencia será mayor la concentración de contaminantes.

En las estaciones R-3,R-4, R-5. Se muestra los índices de calidad más bajo donde el agua, no puede ser utilizada para ningún uso.

En los meses de Junio y Julio aumentan los índices de calidad del agua los cuales aumentan de 20 a 55(ICA), debido a que en este tiempo se recarga el acuífero y el flujo aumenta provocando un efecto de dilución de contaminantes.

CUADRO 13 Índices de calidad del agua de la zona de estudio de Marzo a Julio de1997

<u>MUESTREO</u>	<u>MARZO</u>	<u>ABRIL</u>	<u>MAYO</u>	<u>JUNIO</u>	<u>JULIO</u>
R1 SALITRE	38	36	40	46	58
R2 LA PAZ	40	35	35	40	65
R3 ALAJA	37	33	21	39	43
R4 BARRANCA	29	35	18	40	55
R5 SAN ISIDRO	24	15	28	45	44

RESULTADO DESCARGA MUNICIPALES

Cuadro . 14 Cuadro concentrado de parámetros físicoquímicos de descargas Municipales

DESCARGAS MUNICIPALES		SALITRE	SANTA FE	LA LAJA	NOM 002ECO/ 98
PARAMETROS	UNIDAD				Mg/ml
TEMPERATURA	OC	25	23	26	27Oc.
PH	pH	5,8	5,4	7,8	UP
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	398	320	578	
DUREZA TOTAL	mg/l	0	0	0	500.00
DUREZA CALCICA	mg/l	0	0	0	
DUREZA MAGNESICA	mg/l	0	0	0	
CLORUROS	mg/l	200	500	650	250.00
SULFATOS	mg/l	123	56	132	400.00
D.Q.O.	mg/l	1560	4560	654	
O.D	mg/l	0	0,3	0	
D.B.O.	mg/l	1254	2598	653	75-150
SAAM	mg/l	25,02	20,3	78,9	0.50
GRASAS Y ACEITES	mg/l	80,3	32,4	96,4	
CONDUCTIVIDAD	umhos/cm	1256	1650	1456	
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	2450	2020	1524	
SÓLIDOS FIJOS	mg/l	809	876	890	
SÓLIDOS VOLÁTILES	mg/l	800	900	530	
S.S.T.	mg/l	1020	1010	260	75-150
S.T.F.	mg/l	602	590	89	
S.T.V.	mg/l	130	60	160	
S.D.T.	mg/l	500	520	1200	
S.D.F.	mg/l	702	879	1300	
S.D.V.	mg/l	461	496	400	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l	3	2,5	0,3	1-2
MATERIA FLOTANTE	mg/l	0	0	0	
NITROGENO TOTAL KJENDAHL	mg/l	0	0	0	
NITRATOS	mg/l	2	0	0	10.00
NITRITOS	mg/l	1,8	2,4	1,5	0.05
NITROGENO AMONICAL	mg/l	< 0.002	<0.002	30	0.50
F. TOTAL	mg/l	19	66	70	
CLORO RESIDUAL	mg/l	s/c	s/c	s/c	
ORGANISMOS C. T.	UFC/100ml	2.850,00	2.580,00	1.740,00	Ausencia
ORGANISMOS C. F.	UFC/100ml	2.800,00	2.600,00	1.600,00	Ausencia

RESULTADOS DE RESIDUO TEQUILERO (VINAZAS)

Cuadro 15 .Cuadro concentrado de parámetros físicoquímicos de descargas de la Industria tequilera

PARÁMETROS	UNIDAD	VINAZAS	NORMA NOM-ECOL-002/98
Ph	Oc	3,5	7
C.E.	mg/l	3231,8	
Ca	mg/l	303	
Mg	mg/l	148	
Na	mg/l	11,48	
K	mg/l	200,4	
SO4	mg/l	<1	
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	39,459	150-200
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	4732	
SÓLIDOS SEDIMENTADOS	mg/l	15	1 ml.
D.Q.O.	mg/l	76	
D.B.O.	mg/l	30,49	
O.D.	mg/l	6,8	
GRASAS	mg/l	517,8	15-25
CIANUROS	mg/l	< 0.5	2.0
NITRATOS	mg/l	1091	
CO3	mg/l	ND	
HCO3	mg/l	ND	
FLORUROS	mg/l	3,3	
Al	mg/l	3,45	
As	mg/l	<0.0419	0.2
Be	mg/l	<0.003	
B	mg/l	0,3145	
Cd	mg/l	<.0035	
Co	mg/l	<.23	
Cu	mg/l	<.045	
Cr	mg/l	2,56	
Fe	mg/l	<.0056	
Li	mg/l	17,08	
Mn	mg/l	<.17	
Mo	mg/l	736	
Ni	mg/l	<.006	2.4
Pb	mg/l	<.046	0.5-1.0
Se	mg/l	<.0109	
V	mg/l	<.008	

COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE ESTABLECEN LAS NORMAS DE DESCARGAS PRESENTES DEL RIO DE LA LAJA JALISCO

Cuadro 16.- análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos: DBO, DQO, OD, SST, de las diferentes descargas municipales

DESCARGA	DBO		DQO		OD		SST	
		NOM ECOL- 002/98		NOM ECOL- 002/98		NOM ECOL- 002/98		NOM ECOL- 002/98
	X		X		X		X	
SALITRE	1254	75-150	1560	125	0	NC	1020	150
SANTA FE	2598	75-150	4560	125	0.3	NC	1010	150
LA ALAJA	698	75-150	654	125	0	NC	260	150
INDS TEQUILERA	30.000	75-150	76.000	125	6.8	NC	39000	150
I. PORCICOLA	20,000	75-150	30.000	125	NR	NC	930	150
LACTEOS	1980	75-150	15.000	125	NR	NC	1400	150

Cuadro 17.- Análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos: pH, CLORUROS, SAMM, SS, de las diferentes descargas municipales

DESCARGA	pH		CLORUROS		SAMM		SS	
		NOM ECOL- 002/98		NOM ECOL- 002/98		NOM ECOL- 002/98		NOM ECOL- 002/98
	X		X		X		X	
SALITRE	5.6	6-9	200	250	25	0.50	800	95
SANTA FE	5.4	6-9	500	250	20	0.50	900	95
LA ALAJA	7.8	6-9	650	250	78	0.50	530	95
INDS TEQUILERA	3.5	6-9	NR	250	NR	0.50	4732	95
I. PORCICOLA	5.8	6-9	NR	250	NR	0.50	NR	95
LACTEOS	7.8	6-9	NR	250	NR	0.50	NR	95

**Cuadro.- 18 análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos:
COLIFORMES TOTALES Y FECALIS, NITRITOS, GRASAS Y
ACEITES, de las diferentes descargas municipales.-**

DESCARGA	ORGANISMOS COLIFORMES TOTALES.		ORGANISMOS COLIFORMES FECALIS.		GRASAS Y ACEITES		NITRITOS	
	X	NOM ECOL-002/98	X	NOM ECOL-002/98	X	NOM ECOL-002/98	X	NOM ECOL-002/98
SALITRE	285000	AUSENCIA	285000	AUSENCIA	80.3	30	1.8	0.5
SANTA FE	258000	AUSENCIA	260000	AUSENCIA	32.4	30	2.4	0.5
LA ALAJA	174000	AUSENCIA	160000	AUSENCIA	96.4	30	1.5	0.5
INDS TEQUILERA	120000	AUSENCIA	NR	AUSENCIA	NR	30	1051	0.5
IPORCICOLA	NR	AUSENCIA	NR	AUSENCIA	NR	30	NR	0.5
LACTEOS	NR	AUSENCIA	NR	AUSENCIA	NR	30	2.5	0.5

Cuadros concentradores de parámetros fisicoquímico aplicados a la normatividad . en las descargas tanto municipales como industriales .

9. DISCUSION

En lo que respecta al agua existe siempre la tendencia a tratarla como un recurso no indispensable, así como también se le ha llamado roca líquida por la serie de sus propiedades anómalas que presenta.

La presencia del agua hizo posible el desarrollo y mantenimiento de la vida sobre el planeta. Uno de los elementos vitales es la temperatura que juega un papel determinante en la hidrodinámica e hidrogeoquímica del agua.

Es considerado actualmente como un recurso renovable si es así, entonces para que preocuparnos que la naturaleza haga su trabajo, más sin embargo la renovabilidad del agua es bastante cuestionable, este concepto por lo tanto es únicamente válido a escala global.

Los periodos de tiempo para renovar un cuerpo de agua, involucran el ciclo hidrológico, y este se encuentra fuera de la escala de la vida humana, ya que el ciclo está sujeto a anomalías regionales, que deben de ser consideradas y entendidas cuando se realizan estudios en los que se requiere cuantificar el balance hídrico. La construcción de presas por ejemplo (por mencionar una de las tantas acciones antrópicas), retardan el arribo normal del agua a los mares y océanos con sus posibles consecuencias.

básicos para la especie humana, y es uno de los recursos vitales para que este desarrolle una gran cantidad de actividades, entre las que se encuentran por ejemplo las agrícolas, industriales, y para el uso personal, siendo igual de importante para los diferentes ecosistemas.

En la actualidad se han identificado diferentes fuentes de contaminación de los distintos sistemas acuíferos. Se denominan potencialmente los que aun no están activos, o no se han podido demostrar sus actividades, por su geometría se dividen en tres grupos, los cuales son: puntuales, lineales y difusas, y por su origen en dos grupos: naturales o antrópicas.

La industria trajo consigo la generación de residuos líquidos denominados aguas residuales la cual representa una fuente de contaminación para los ecosistemas acuáticos, un alto porcentaje de estos centros urbanos nacionales y de la mayoría de los países tercer mundistas, no cuenta con plantas de tratamiento para sus aguas residuales, estos son vertidos sin previos tratamientos a cauces acuáticos, localizadas en las inmediaciones de los asentamientos.

Existe una capacidad de autodepuración de forma natural en los cauces, pero su nivel de eficiencia es lo que uno esperaría, sin embargo esto depende de diferentes factores como es por ejemplo el clima, la topografía del lugar, si los residuos son vertidos a los sistemas acuíferos sin tratar o reciben algún tipo de tratamiento, aunque existe un control ambiental para el vertido de aguas residuales industriales, y esto debe ser aplicable en cualquier caso ya sea en la pequeña mediana y gran industria, así como. también si es un sistema abierto o un sistema cerrado, debido a que en un sistema abierto los cauces suelen llevar mayor movimiento, lo que les permite una mayor capacidad de autodepuración, no así en el caso de los sistemas cerrados, en donde el movimiento de su cauce es menor dificultando el proceso de autodepuración, provocando con ello la muerte de flora y fauna presente en este tipo de ecosistemas acuáticos, dando mal aspecto al lugar, generando malos olores, y pueden afectar a la salud de los pobladores cercanos por los aerosoles que se generan en época de calor, y estos transportan microorganismos patógenos o partículas tóxicas, o si son utilizadas para riego de hortalizas.

Como puede ser el caso de la zona de estudio, ya que esta es una cuenca en donde se encuentran asentadas tres poblaciones que son: el Salitre, Santa Fe, la Laja y pueblos de la barranca, los cuales generan una gran cantidad de residuos domésticos, y en donde la actividad económica que se realiza es la industria tequilera, la industria de lácteos, y la industria porcícola.

Dentro de los principales residuos agroindustriales y urbanos que se generan a nivel nacional, se encuentran los de la industria cañera y tequilera, donde el tipo de residuo que generan es la cachaza y las viñazas respectivamente, siendo el principal problema por el gran volumen que se producen de estos residuos, los cuales si se les proporciona tratamiento previo pueden ser utilizados como mejoradores de suelo, solo por mencionar alguna utilidad.

En las industrias porcícolas en donde los principales residuos que generan son el estiércol y sus aguas residuales, estos pueden ser utilizados como materia prima susceptible de ser transformados para producir: alimento, energía, abonos, fertilizantes o algunos otros metabolitos de uso industrial. En este tipo de residuos, encontramos los generados por la producción de productos lácteos, los cuales generan volúmenes importantes, que podrían ser reutilizados o tratados, antes de ser descargados a los márgenes de los ecosistemas acuáticos, ricos en materia orgánica.

Otro de los principales residuos líquidos, son las conocidas como aguas domésticas, generadas por los pobladores de los municipios, que no cuentan todavía o no existe equipamiento o infraestructura de saneamiento básico, y por consiguiente la enorme cantidad de estas aguas residuales municipales, son vertidas sin ningún tratamiento previo a algunos de los ecosistemas acuáticos más cercanos. Como es el caso de nuestra zona de estudio la cual tiene aproximadamente 6,000 habitantes, y no cuenta

con plantas de tratamiento, y sus residuos desembocan al río la Laja, sin recibir tratamiento alguno.

Dentro del marco jurídico, en esta materia encontramos a la propia Constitución Mexicana, en el cual tipifica como se debe de cuidar este recurso natural hídrico, y de manera más amplia lo podemos encontrar en la ley de aguas nacionales, en la ley del equilibrio ecológico, en la reglamentación y la generación de las normas, de las cuales algunas actualmente se encuentran en anteproyecto.

En la norma NOM-ECOL-002/98 se establecen los límites máximos permisibles, de los contaminantes presentes en las descargas de aguas residuales, vertidas a las aguas y bienes nacionales. Con el objeto de proteger su calidad y posibilitar su uso, esta norma no aplica para aguas pluviales que provienen de drenajes separados.

Se contemplan hasta métodos de muestreo y procedimientos analíticos, para las determinaciones tanto de los parámetros fisicoquímicos como microbiológicos, los cuales actualmente se aplican, debido a que anteriormente esté se encontraba en anteproyecto y al aprobarse, fue publicada en el diario oficial con aplicabilidad en Enero del 1998

El cual se aplica para todo tipo de agua residual, este presenta más flexibilidad en su manejo y aplicación, debido a que no hay vigilancia en el cumplimiento de estas normas por las autoridades pertinentes, y las concentraciones que manejan son más flexibles en comparación con otros países.

En materia de calidad del agua potable contamos con NOM-SSA 127- 1994 referente a los límites máximos permisibles de la calidad que debe someterse el agua para su potabilización, en el uso y su consumo, esta norma es menos flexible por ser de consumo humano y reconocen las repercusiones en la salud de las poblaciones y su impacto. Tomando en cuenta las consideraciones que establece la Norma Mexicana NOM-ECOL-002/98 y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que ésta establece, fueron consideradas al analizar las muestras que se tomaron en los cinco puntos de muestreo, durante once meses.

En las poblaciones de Santa fe y el Salitre, en promedio en relación a la presencia de microorganismos patógenos presentes, es casi lo mismo por ser poblaciones vecinas y dedicadas a la producción de lácteos, y contar con las misma cantidad de granjas porcícolas, en lo que se refiere a DBO presentan un comportamiento similar en los resultados de los análisis al presentar los valores más altos, sin embargo la Laja aunque presenta un valor menor este se encuentra muy por arriba del valor permitido por la NOM.. (Cuadro16).drenaje de las viviendas se encuentre conectado a una planta de tratamiento.

Dentro de la zona de estudio nos encontramos dos empresas tequileras, donde una de De acuerdo a la toma de temperatura in situ, de los sitios de muestreo de aguas Municipales se encontró que esta se encuentra dentro de los valores que establece la NOM., el pH lo encontramos que es ácido en las localidades del Salitre y Santa Fe, siendo alcalino en la Laja, se observa que no presentan dureza total, dureza cálcica ni dureza mágnésica en ninguna de las descargas de las tres localidades, la presencia de sulfatos se encuentra dentro de los valores permisibles en los tres sitios, así como de cloruros en el Salitre, más no en Santa Fe y la Laja.

La presencia de sólidos totales, sólidos fijos y sólidos volátiles estos presentan valores altos, lo cual puede ser debido a las industrias tequileras las cuales sus residuos suelen ir directo al drenaje, lo que nos indica que no reciben ningún nivel de tratamiento, los valores altos de nítritos, en todos los efluentes Municipales es debido a las descargas porcícolas que van al drenaje, al igual al valor alto que nos da de nitrógeno amoniacal en la localidad de la Laja, es debido a que ahí es donde se encuentran más granjas porcícolas. (Cuadro 14).

Como se menciona anteriormente, existen aguas residuales domesticas que descargan directamente a la cuenca de estudio por esta razón es necesario que se construya una red de alcantarillado que abarque a toda la población tanto de las localidades del Salitre, Santa Fe y la Laja como también poblados aledaños en donde el ella genera la mitad de la producción que otra, es importante mencionar que actual mente la industria tequilera, genera un promedio de 40.000 litros de tequila a 40⁰ GL, por día, por lo que genera 3,920m³/ día de vinazas. Las vinazas en general son los subproductos obtenidos durante la destilación alcohólica de un mosto fermentado y representa la fracción no volátil, de la materia que se obtiene en la corriente del fondo de la primera columna de destilación.

Este subproducto representa un gran porcentaje de flujo de materia, y esta se desperdicia arrojandola al drenaje o a algún cuerpo de agua, sin previo tratamiento, como es el caso en nuestra zona de estudio, con lo que se convierte en un contaminante importante, pues su contenido de sólidos, aunque bajos (2-3% p/v) se vuelve significativo por los volúmenes que se vierten. Lo anterior significa que para una producción de 10,000 lts de tequila al día desperdicia 100,000 lts de vinaza diariamente, que representan aproximadamente de 1,800 a 2,700 kgs de sólidos al día(Guzmán 1987), ahora considerando que en la región de estudio se generan más de 10,000 lts por día, la cantidad de sólidos vertidos al río es considerable.

Tomando en cuenta las consideraciones que establece la Norma Mexicana NOM-ECOL-002/98y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que ésta establece, fueron consideradas al analizar las muestras que se tomaron en los efluentes de las dos empresas de tequila, los resultados de estas y sus promedios son los siguientes: uno de los principales problemas de la contaminación por descargas de los efluentes

tequileros es la variación de pH y en las muestras analizadas se observó que el pH es muy ácido, cuando la norma establece un pH neutro(7), también encontramos elevados de los valores permisibles la presencia de sólidos totales, sólidos sedimentables (característica común, que indica contaminación por vinazas), grasas, cianuros, arsénico y níquel, en donde la presencia de estos últimos nos indica un grado de contaminación por sustancias tóxicas que afectan a la salud del hombre.)(cuadro 15)

Dentro del proceso de producción se tendrán que hacer algunos ajustes en materia de reingeniería en la parte de la destilación que es donde se sugiere colocar una descarga adicional como una operación unitaria para controlar temperatura y pH y de esta forma poderla utilizar en riego agrícola, pero cuando se hayan controlado algunas de las variables como sería: caracterización de vinazas y procesos de dilución en donde se pueden agregar unas lagunas de estabilización, tratamiento fisicoquímico y lodos activados.

Es importante mencionar que debido a que tiene cantidades enormes de sólidos, se generan grandes cantidades de lodos. También sería conveniente realizar digestión anaerobia y la concentración de sólidos para obtener compuestos alimenticios de animales.

Volviendo a la zona de estudio estas empresas lograron poner un sistema de drenaje descargándolas directamente al río de la Laja sin ningún tratamiento previo. Aquí es importante considerar que las vinazas han constituido un grave problema ecológico ambiental, debido a su alto potencial contaminante y a su composición química y condiciones en que se descargan, dado por su elevada demanda de oxígeno (más de 35,000 mg/l), un pH ácido que en promedio

Las industrias porcícolas han enfrentado grandes problemas de tipo económico pero a estos problemas se han sumado el creciente problema de la contaminación ambiental, en áreas críticas como en la Cuenca del río Lerma Santiago y la Cuenca del río la Laja. La necesidad de una mayor producción de carne, a conducido a la actividad porcícola a un cambio de explotación de transpatio por intensiva, lo cual ha traído consigo muchos problemas de contaminación ambiental debido a las grandes cantidades de estercoles generados (65 kg/día/1,000kg de peso vivo), y que no son manejados al menos en México en forma adecuada para proteger el medio ambiente.

La mayoría de las granjas dedicadas a la crianza de cerdos en la localidad de estudio, consumen grandes volúmenes de agua diariamente en el lavado de las porquerizas y esta agua son conducidas al río de la Laja, en donde se concentran y permanecen sin ningún tipo de tratamiento.

Los desechos sólidos de algunas granjas son transportados manualmente y vertidos en los alrededores de las granjas, no habiendo un sitio determinado para su disposición.

Los problemas de contaminación que se presentan son tanto en el suelo como los causados por la infiltración de las aguas hasta alcanzar los mantos de agua subterráneas y el cause del río al llegar a él por arrastre de las aguas previales en época de lluvia, la cual recibe una gran cantidad de contaminantes, tanto de materia orgánica como de microorganismos, esto ha sido comprobado por análisis de laboratorio de esas aguas en las que se encontraron elevadas concentraciones de organismos coliformes de origen fecal. (cuadro 10).

Aún en el caso de que las excretas sean separadas de las aguas se tiene un efecto muy similar, ya que ellos son depositados directamente sobre el suelo, donde se descomponen permitiendo la proliferación de moscas y otros insectos.

El estiércol del cerdo está constituido de ingredientes alimenticios no absorbidos y no digeridos de productos catabólicos del metabolismo, de secreciones de células microbianas y de tejidos.

Para poder reducir esta contaminación se pueden utilizar algunas lagunas aireadas y anaeróbicas, o la combinación de ambas, pero con separación de sólidos y composteo al aire libre. Este sistema es muy usado pero con problemas ecológicos.

Regiones seleccionadas han establecido tecnologías para la utilización del estiércol porcino, con la finalidad de obtener alimento para animales en proceso de recirculación de nutrientes, de particular importancia se han llevado a efectos estudios en los últimos años en la región porcícola del estado de Michoacán, que han conducido al desarrollo de tecnologías intermedias, con doble finalidad como sería: contribuir a la producción de alimentos para animales porcícolas y aminorar el grado de contaminación del ambiente. Así como también se ha utilizado el estiércol en hectáreas de tierras destinadas al cultivo.

Dentro de la zona de estudio, nos encontramos con algunas procesadoras de leche y la elaboración de productos lácteos (queso y panela), siendo las localidades de Santa Fe y el Salitre las que más producen. (cuadro 11).

La industria que se dedica a la producción y la transformación de la leche en esta zona, genera aproximadamente 5,229 m³/año de descargas residuales, las cuales tienen como destino final el cause del río de la Laja. son considerables las descargas de este tipo de residuos que son descargados sin ningún previo tratamiento. Es importante considerar que este tipo de alimentos son propagadores de enfermedades tales como: tuberculosis, fiebre tifoidea, disentería y salmonelosis, solo por mencionar algunas, estas son transmitidas por leche infectada.

10. RECOMENDACIONES

De las acciones propuestas para el municipio de Zapotlanejo en la actual administración, se logro identificar las pocas propuestas de saneamiento básico que tienen para la población, la cual demanda de financiamiento en infraestructura, para mejorar la calidad de vida a las poblaciones ubicadas en este municipio. Y se propone las siguientes acciones de operación que requiere este municipio para este saneamiento. Como se presenta en el Cuadro 19.

Cuadro 19 .Acciones propuestas para el municipio de Zapotlanejo

LOCALIDAD	HABI- TANTES BENEFI- CIADOS	SITIO QUE DESCAR- GAN	DRENA- JE	AGUA POTABLE	INDUS- TRIA CONTA- MINAN- TE	PLANTA DE TRATA- MIENTO	LAGU- NA DE OXIDA- CIÓN	Q/A DE RESIDUALES LPS
EL SAUCILLO	538	A. CHILARILLO	80.00%	90.00%	PROD. LAC-TEOS			1
CORRALILLO	620	A. LA PAZ	0.00%	80.00%	PROD. LAC-TEOS			1
LA PAZ	864	A. LA PAZ	70.00%	85.00%	PROD. LAC-TEOS			2
SANTA FE	2,864	A. CHIQUITO	90.00%	95.00%	PROD. LAC-TEOS			5
LA MORA	1,003	A. GRAN-DE	80.00%	90.00%	PROD. LAC-TEOS			2
LA MEZQUITERA	825	A. GRAN-DE	60.00%	80.00%	PROD. LAC-TEOS			2
LA LAJA	2,616	RIO LA LAJA	95.00%	95.00%	TEQUI LERA			5
PUEBLOS DE LA BARRANCA	580	RIO LA LAJA	50.00%	85.00%				1
SAN JOAQUIN (ZORRILLOS)	677	A. CALIENTE	30.00%	85.00%	CROMA DORA			2
ZAPOTLANEJO	25,196	RIO ZAPOTLANEJO	80.00%	90.00%	TEXTIL			40

Establecer Programas de asistencia técnica hacia los sectores agrícola, ganadero, forestal y pesquero, promocionar el cultivo agrícola adecuados al área y económicamente redituables, así como también la agricultura orgánica, se debe fomentar la ganadería semi intensiva a fin de eficientar el uso del suelo.

Se debe de fortalecer y establecer la micro industria la cual tenga controles ambientales que permita dar un valor agregado a los productos locales, también se recomienda el fomento de proyectos de piscicultura en zonas rurales en los terrenos que presenten aptitud para esta forma de producción. Es de gran importancia el que busquen estrategias de organización y gestión para asuntos ambientales, deben establecer programas de reforestación y estabilización de las riberas de los ríos, y la estabilización de laderas y caminos mediante reforestación y revegetación, también se propone el uso de suelos mediante la implementación de cultivos en terrazas, así como también la identificación y Control de Sustancias Tóxicas. Por último se propone la elaboración de artesanías con sus productos forestales (raíces, semillas, frutos, flores, etc.)

Se recomienda unir esfuerzos para reunir datos sobre los contaminantes tóxicos y desarrollar o implementar programas estatales de control de tóxicos. La recopilación de datos podría ser en dos áreas: bioacumulación de tóxicos en tejido de peces y moluscos y acumulación en sedimentos. Diversos estados requieren de financiamiento para expandir sus programas de monitoreo, en tejidos de peces. Con respecto a contaminación en sedimentos, la CNA esta desarrollando un manual, que proporciona unas técnicas de análisis guía, para el monitoreo de estos. Adicionalmente se necesitan criterios nacionales para tóxicos, particularmente metales pesados y compuestos orgánicos.

En lo que se refiere al monitoreo de la Calidad del Agua, se recomienda incrementar un monitoreo biológico, como un indicador de contaminación y de abatimiento de la misma. Además se recomienda un programa, en el cual se entrene a voluntarios, que realicen observaciones de condiciones acuáticas y terrestres, y desempeñen el muestreo y análisis de calidad del agua, en situaciones de emergencia. Otras recomendaciones son: que se amplíen los programas de monitoreo de tóxicos, en tejidos de peces y en sedimentos, así como también en lagos y descargas residuales.

En relación al futuro de los acuíferos, los problemas más persistentes son, a) Descargas agrícolas no puntuales, incluyendo problemas de nitratos, plaguicidas y erosión. b) Financiamiento y recursos humanos. c) Manejo de datos. d) Desarrollo e implementación de regulaciones estatales y federales. e) Desarrollo y mantenimiento de sistemas estatales de monitoreo. Muchos estados necesitan recursos financieros para poder desarrollar o ampliar sus monitoreos de acuíferos.

Aunque el agua subterránea tradicionalmente ha sido considerada como una fuente de agua para beber segura, investigaciones y monitoreos han revelado que presentan problemas a la salud y al ambiente, debido al grado y tipo de contaminación que estos tienen, en un gran número de estados, los cuales pueden amenazar la integridad de sus acuíferos, debido a esto se recomienda realizar monitoreos en los acuíferos subterráneos de esta Cuenca, para evitar algún tipo de problemas a la salud de la población.

Es necesario una asistencia financiera federal para que los estados puedan incrementar sus funciones de planeación y revisión para poder establecer condiciones particulares de descarga más estrictas. Los estados indican o recomiendan la necesidad de incorporar a las descargas no puntuales dentro de las condiciones particulares de descarga.

Se sugiere que se enfoquen los esfuerzos en coleccionar datos, en designar usos de corrientes basados en los estudios de calidad, infracciones a normas de calidad del agua y sobre el riesgo potencial al ambiente o a la salud pública.

Es necesario contar con un programa que contemple el mantenimiento y construcción de plantas de tratamiento de aguas municipales. Sin embargo no se cuenta con el financiamiento adecuado para cumplir con este programa. Por lo que es necesario que se brinde un apoyo federal a los gobiernos de los estados. Otro punto importante es, que los municipios implementen y respeten programas de pretratamiento. Es urgente realizar inspecciones y auditorias de usos industriales, así como la ejecuciones, y más investigaciones de la efectividad del pretratamiento en la reducción de la toxicidad del efluente.

11.- CONCLUSIONES

Como base de un estudio de contaminación del agua del Río de la Laja, Jalisco, se localizaron las principales fuentes de contaminación en la cuenca en estudio, determinándose las siguientes; como descargas municipales; El Salitre, Santa Fe, la Laja, como descargas industriales; La industria Tequilera, la porcícola, y de lácteos.

La ubicación de las descargas de las aguas residuales como las municipales permitió conocer cuáles están contribuyendo en mayor grado al deterioro del cuerpo receptor. Donde se reconoce que prácticamente el 100% de estos residuos son arrojados al cuerpo de agua en estudio.

Entre los aislamientos microbianos determinados en este trabajo reconocidos tanto en resultados obtenidos de las descargas como los índices de calidad del agua y los indicadores de frecuencia de coliformes, nos sugiere la exposición crónica-poblacional a dichos agentes etiológicos por el riesgo asociado de desarrollar las enfermedades infecciosas que ellos mismos producen.

En este sentido, se reconoció la zona de riesgo que presenta la población a 20 Km. a la redonda en donde se encuentran las comunidades tales como: la Laja, el Salitre, Santa Fe y pueblos de la Barranca, en donde aproximadamente habitan cerca de 8,000 habitantes, expuestos a enfermedades ocasionadas por contaminación hídrica tales como cólera, fiebre tifoidea, disentería y salmonelosis. La generación de aerosoles en época de secas puede favorecer la presencia de lesiones de la piel, ojos y bronco-respiratorias, por el aporte y transporte de microorganismos patógenos o partículas tóxicas que se concentran en dicho ecosistema.

Como principales resultados de la evidencia de las descargas municipales se detectó principalmente lo siguiente, parámetros indicadores de calidad fuera de norma, DBO, DQO, OD, Coliformes totales y fecales, Cloruros y Detergentes. En consecuencia, los excedentes en parámetros fisicoquímicos al igual que los microbiológicos, limitan el crecimiento de vida acuática, así como también el uso agrícola y pecuario, y magnifican el costo de tratamiento para permitir su uso potable.

Es evidente una ausencia de tratamiento de las descargas, la cantidad de microorganismos patógenos presentes es una señal de alerta sanitaria a la población, así como al desarrollo de formas de vida al interior del río. Sin embargo, en función del uso que se le da al agua por algunos vecinos de las localidades en las márgenes del río, ésta se encuentra limitada para, consumo directo, riego de hortalizas, uso recreativo, entre otros que puedan estar en contacto directo con la población, en caso de que la misma se consuma directamente sin tratamiento alguno.

Como resultados de las descargas industriales y porcícolas, se detectaron excedentes conforme a la norma, de materia orgánica, y nitratos. Para la industria tequilera,

además de nutrientes, se detectan temperaturas elevadas y pH significativamente ácidos; además, las descargas del giro lácteo, inciden en materia orgánica, y en general estos son limitantes para un cuerpo de agua saludable que pueda permitir el uso general del recurso y coadyuva a que la capacidad de soporte biótico se vea seriamente limitada.

Se determinó por medio del análisis de variables, que el agua del río la Laja Jalisco, esta contaminado y no es apto para la vida acuática como para consumo humano, en función de los valores ICA, los cuales se encuentran entre 15-58, y como referencia es importante citar que los índices mínimos para un ecosistema en equilibrio son de 70 ICA.

El valor metodológico de este proyecto entre algunos otros, se refiere sin duda a la caracterización de las vinazas tequileras como agua de riego y no como composición química, debido a que no se contaba con parámetros de evaluación en cuanto a composición y uso de las mismas (Es importante citar que por cada litro de tequila que se produce se generan 14 litros de efluente tequilero), en atención a lo cual es de vital importancia el potencial de reutilización de las mismas como parte del proceso, con los beneficios al ecosistema así como una considerable reducción de costo económico y ambiental que le significaría, para el mantenimiento del recurso agua.

La metodología que se presenta proporciona los lineamientos básicos a las instancias gubernamentales relacionados con la atención y el saneamiento de los cuerpos acuáticos, como es la SEMARNAT, a través de la CNA ,el INE y la PROFEPA; así como también la SEMADES; el propio municipio y las empresas responsables de las descargas, que tengan jurisdicción en el área de estudio.

Se destaca la importancia de incidir en las causas de contaminación (plantas de tratamiento, reutilización) en los cuerpos de agua, con el propósito de reducir los posibles efectos a la salud de los pobladores de la microcuenca en estudio

Es de vital importancia la restauración ambiental al ecosistema en estudio, donde se requiere de un saneamiento básico que consiste propiciar la eliminación de los contaminantes que se encuentran en el cuerpo acuífero, que por muchos años se han acumulado en él, sobretodo de los nutrientes, microorganismos patógenos , etc. Es necesario realizar estudios para evaluar las posibilidades de dragarlo y extraer los sedimentos que se encuentran en el fondo, así como un análisis integral para determinar la presencia de metales pesados, y valoración de tratamiento óptimo para reestablecer el valor ambiental del río.

Se debe establecer un Programa de saneamiento en la micro cuenca, iniciando por quitar la basura y las plantas que se encuentran en los bordes y en las represas que impiden la circulación en forma libre, con esto se pretende aumentar la velocidad del flujo y por lo tanto el intercambio de gases con la atmósfera, logrando incrementar las

concentración de oxígeno disuelto y por lo tanto propiciar la capacidad de autopurificación del cuerpo de agua en estudio.

Realizar un ordenamiento ecológico de las cuencas hidrológicas. Por ser una cuenca tributaria del río Santiago .Establecer un punto de muestreo con la propia institución encargada del manejo del agua, como el tener un uso adecuado del ecosistema.

· Se recomienda unir esfuerzos para realizar monitoreos sobre contaminantes tóxicos y desarrollar o implementar programas estatales de control de metales tóxicos. El monitoreo podría ser en dos áreas: bioacumulación de tóxicos en tejido de peces y moluscos y acumulación en sedimentos. Diversos estados requieren de financiamiento para expandir sus programas de monitoreo en tejidos de peces. Con respecto a contaminación en sedimentos.

Estudios como este permiten la participación interdisciplinaria en la que áreas profesionales como la química, la ingeniería ambiental, la biología, la hidrología, entre otras pueden confluir en el campo de la salud ambiental y proporcionar elementos de análisis para el diagnóstico y propuestas de atención del recurso.

Este trabajo apporto un diagnostico ambiental del estado actual en que se encuentra la cuenca del río la Laja, el cual puede servir de referencia para posteriores acciones de recuperación por parte de las autoridades correspondientes y la posible generación de proyectos que permitan la futura integración de estudios posteriores de morbilidad por el uso del recurso con condiciones críticas de contaminación, así como profundizar en la determinación de metales pesados u otros indicadores de contaminación.

12. BIBLIOGRAFIA

- 1. APHA-AWWA-WPCF, Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ed. Diaz de Santos. 1992. 11-198 pag.**
- 2. Adriana Esmeralda Torres C., "Reglamentación de la calidad del agua, establecido por Normas Oficiales".Ed.. TESIS UNAM. 1996 – 98-134 pag.**
- 3. Bathemont Jacque, "geografía de la utilidad de las agua continentales Oikostan, S.A. ediciones , Barcelona , España. 1980.,45-99 pag.**
- 4. Boletines hidráulicas No.44 Tomo 23 estación del Salto CNA periodo 30 años 1990 . 20-190 pag.**
- 5. CNA . " Programa de saneamiento de cuenca" Subdirección general de administración del Agua, gerencia de calidad, reuso del agua e impacto 1993 198 pag.**
- 6. Comisión nacional del agua, ley de aguas nacionales, SARH ,1992. 98-º143 pág'.**
- 7. Comité on restoration of acuatic ecosystems., "restoration of aquatic ecosystems." science, technology, and public policy, nactional academy press, washington. D. C. 1992., 16-89pp**
- 8. Consejo nacional de porcicultura (CMPac) anexos técnicos. Convenio de concentración S.R. México D.F1993 York. U.SA. 1998., 1-89 pág**
- 9. Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud "Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Con-sumo Humano". 1987. 83-192 pág.**
- 10. ". Carl L. Hamann Jr., P.E. J. Brock Mc. Ewen, P.E. Anthony G. Meyers, P.E "Guide to Selection of Water Treatment Processes 46-176 pág.**

11. Domínguez Marian "estudios hidrogeoquímicos preliminar de la zona de Zapotlanejo. Jalisco Tesis – Facultad de Ingeniería UNAM. 56-80pp
12. Eskel Nordell, Water treatment (For industrial and other uses). Ed. Reinhold. Second edition. 1961.105-156 pag.
13. E. Epstein and J.E. Alpert " Toxic and Hazardous Waste Disposal. Edit Pensipy 1992 22-54 pp
14. Gutiérrez J. , O., Estudio agrológico detallado del distrito No. 089 Zapotlanejo en Jalisco .SARH 1998 1-27 pág
15. "Guías para la Calidad del Agua Potable". Volumen 2. Criterios a la salud y otra Organización de base. Organización Panamericana de la Salud . 1987. 141 – 156 pág.
16. "Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas". Proyecto de Revisión. SECOFI. 1992. 1-103 pág.
17. K. Robert WaterContamination vol. ANN arbor science publisher U.S.A. 22-54 pp
18. Hernández V.R. Tratamiento Anaerobio de efluente de la Industria de celulosa Kraft y evaluación de toxicología tesis de maestría en ciencias IMTA – DHTA .1994 " Programa de control de malezas acuática en el lago de Chapala Jalisco, informe técnico CNA1994. 10-24 pág
19. IPS. "Revisión of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". International Program-me on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1991. 13-45pp
20. "Ingeniería Ambiental". Revista No. 23. Año 7. 1994. 3-12 pág.

21. Jenkins D and Slawonir W. en Phosphorus and Nitrogen. Removal from Municipal WasteWarte Editado por Richard I Sedial, Lewis Publishier , N.Y1 91 Principles and practice pp 141-153
22. Kawamura. John Willey and Sons, Inc -"Integrated Design of Water Treatment Facilities". Susumi. 1991 73-190 pág.
23. Martínez G. " Aspectos generales del proceso de Eutroficación , tesis de Ing. Civil. Faculta de Ingeniería UNAM . ED.93 UNAM 12-67 pág
24. Mason C.F. " Biología de la contaminación de agua dulce " editorial Alambra, España 26,-Nemerow . N. 1991 . "Industrial and hazadous B E Waste Treatment"V and Nostrand Reinhold Ed. York. U.SA. 1998 12-78pp
25. M. Fair, John C. Geyer, Daniel a. Okun. Limusa Wiley. "Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales". Purificación de Agua y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. 1971.233-292 pág.
26. Opazo. UTEHA "Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública". 1969 43-102 pág.
27. OPS"Guías para la Calidad del Agua Potable". Volumen 1. Mundial de la Salud. 1985.
28. Nadir A.G. Utilización agrícola de las vinazas. Edición mensen.1986. 15- 200 pag.
29. Nelson L. Nemerow, Addison Wesley, Industrial water pollutio Origins, Characteristics and treatment. 1978. 15- 200 pag.
- 30.- Potabilizadoras". Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1979."Manual de Normas Técnicas para el Proyecto de Plantas 53-192 pág.
31. Pública". Secretaría de Salud."Manual de Técnicas Analíticas del Laboratorio Nacional de Salud. 1996 129.págs 10 -139p
- 32 . "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios". Diario Oficial de la Federación. 18 de enero de 1988. 13-105pág.

33. Reilly C. et. Al., "Metal Contamination of food" Applied Science Publishers LDT, London , England. 1980 .59-67 pp.
34. Secretaria de desarrollo Social " Normas oficiales Mexicanas en materia de protección ambiental" diario oficial de la federación de 18 de octubre 1993. 122-137 pág.
35. Sinopsis Geohidrológica del estado de Jalisco 1988. ed. IMTA. 22-167 pág.
36. Síntesis Geográfica nomenclatura y anexos cartográficos del estado Jalisco instituto nacional de geografía e informática . UNAM .99 4-133 pág
37. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. "Manual de Normas de Calidad para Agua Potable". 1982. 23-46 pág
38. Salazar V.S 1991 Contaminación Marina " centro de investigación de Quintana Roo. Fondo de publicaciones y Ediciones, gobierno del estado de Quintana Roo. 11-153 pág
39. Stensel David, 1991 en Phosphorus and Nitrogen. Removal from municipal Municipal WasteWarte Editado por Richard I Sedial, Lewis Publishier , N.Y. Principles and practice pp 141-153
40. Winkler, Tratamiento biológico de las aguas de desecho Ed. Limusa, 1998. 201 pags. 118-203
41. W. Wesley Eckenfelder, Jr., Industrial water pollution control. Ed. Mc. Graw-Hill, Second edition. 1989. 13-60 pag.
42. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". Volume 1. Recommendations. World Health Orgaization. 1992.
- 43.-WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". Volume 2. Health Criteria and Other Sup-porting Information. Chapter 1: Microbiological Aspects. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1992. 89-93pp