

46
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS ACATLAN



EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA
PRESA VALLE DE BRAVO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
ARTURO VELASCO HERNANDEZ

ACATLAN, EDO. DE MEXICO

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS

COMPLETA



**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

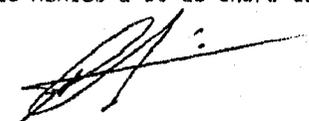
RE: CARTA DEL SEÑOR [Nombre].
Acatlan Edo. de México a 10 de Enero de 1996

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 01 de Enero de 1996, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa tiene a bien aceptar el siguiente tema de tesis titulado "Evaluación de calidad del agua de la presa Valle de Bravo", que el cual se desarrollará como sigue:

- I. Ubicación geográfica del lugar del cabalco.
- II. Características de la presa e importancia.
- III. Estudio de contaminación de la presa de Valle de Bravo.
- IV. Parámetros de calidad del agua.
- V. Evaluación de resultados.
- Conclusiones.

Asimismo fue designado como asesor de tesis el Sr. Ing. Roberto Gomez Mouno, profesor de esta escuela. Ruego a usted, toma nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta conmemoración deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A T E N T A M E N T E .
" POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU "
Acatlan Edo. de México a 10 de Enero de 1996


Ing. Carlos Rosales Aguilar.
Jefe del Programa de Ingeniería Civil



ENFER-ACATLAN
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su apoyo, comprensión y cariño.

A mis hermanos, por todo.

A la familia.

A mis profesores y a la Universidad.

A mis amigos, compañeros y amigos de la Universidad, del Colegio de Ciencias y Humanidades, del Centro de Idiomas Extranjeros y de la Especialización.

A la C.N.A. por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A todos ustedes porque son lo máximo.

GRACIAS

INDICE**CAPITULO 1****CARACTERISTICAS DEL LUGAR DEL EMBALSE**

1.1. Reconocimiento general	7
1.1.1 Poblaciones	7
1.1.2 Industria	7
1.1.3 Regiones agrícolas	8
1.1.4 Ríos	8
1.1.5 Lagos	8
1.2 Localización	9
1.3 Geografía	13
1.4 Cuerpos de agua	14
1.5 Climatología	14
1.6 Tipos y usos de suelo	16
1.7 Población y servicios	16
1.7.1 Agua potable	17
1.7.2 Alcantarillado	18

CAPITULO 2**CARACTERISTICAS DE LA PRESA E IMPORTANCIA**

2.1 Necesidad de agua en la cd. de México.	21
2.2 Proyecto sistema Cutzamala.	22
2.2.1 Esquema general del sistema Cutzamala	23
2.2.2 Operación del sistema Cutzamala.	24
2.2.2.1 Planta de bombeo No. 5	24
2.2.2.2 Plantas de bombeo No. 1,2,3 y 4	25
2.2.2.3 Vaso y estructura Donato Guerra	25
2.2.2.4 Planta de bombeo No. 6	26
2.2.3 Operación de las presas derivadoras.	27
2.2.4 Control de la operación del sistema	27
2.3 Condición actual del sistema Cutzamala	28
2.3.1 Planta potabilizadora Los Berros	29
2.4 Características hidráulicas de la presa	30

CAPITULO 3**ESTUDIO DE CONTAMINACION DE LA PRESA VALLE DE BRAVO**

3.1 Fuentes de contaminación.	34
3.1.1 Fuentes urbanas	34

3.1.2 Fuentes industriales.	35
3.1.3 Fuentes agrícolas	35
3.1.4 Fuentes naturales	36
3.1.5 Fuentes de contaminación en la presa Valle de Bravo.	36
3.2 Punto de muestreo en el cuerpo receptor y afluentes	37
3.2.1 Selección de estaciones y métodos de muestreo en la presa.	39
3.3 Parámetros de estudio.	40
3.4 Resultados de laboratorio.	41

CAPITULO 4

PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

4.1 Parámetros de calidad del agua.	46
4.1.1 Contaminantes básicos	47
4.1.2 Compuestos refractarios	48
4.1.3 Contaminantes tóxicos	48
4.1.4 Contaminantes patógenos	50
4.2 El agua.	51
4.3 Parámetros de estudio.	54
4.3.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.)	55
4.3.2 Potencial de Iones de Hidrógeno (pH)	56
4.3.3 Temperatura	58
4.3.4 Color	59
4.3.5 Oxígeno Disuelto (O.D.)	61
4.3.6 Conductividad	63
4.3.7 Grasas y Aceites	65
4.3.8 Sólidos	66
4.3.8.1 Sólidos Totales	66
4.3.8.2 Sólidos Disueltos	67
4.3.8.3 Sólidos Sedimentables	67
4.3.9 Cloruros	68
4.3.10 Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	69
4.3.11 Nitritos y Nitratos	70
4.3.12 Boro	72
4.3.13 Alcalinidad	72
4.3.14 Acidez	73
4.3.15 Dureza	74
4.3.15.1 Dureza de calcio y magnesio	75
4.3.16 Substancias Activas al Azul de Metileno (S.A.A.M.)	76
4.3.17 Fosfatos	77
4.3.18 Hierro	79

4.3.19 Coliformes	81
4.4 Muestreo y análisis	89
4.4.1 Muestreo	89
4.4.2 Análisis	90
4.4.2.1 Análisis gravimétricos	91
4.4.2.2 Análisis volumétricos	92
4.4.2.3 Análisis colorimétricos	93

CAPITULO 5

EVALUACION DE RESULTADOS

5.1 Normatividad	96
5.1.1 Concentraciones permisibles para aguas residuales	96
5.1.2 Fijación de condiciones particulares de descarga	98
5.2 Evaluación de calidad del agua en afluentes	116
5.3 Determinación del uso del agua	119
5.3.1 Determinación de uso del agua de la presa	134
5.4 Selección de tratamiento	136

CONCLUSIONES

6.1 Propuesta de tratamiento	139
6.2 Sugerencias	140
6.3 Comentarios	142

BIBLIOGRAFIA	144
---------------------	------------

INTRODUCCION

La contaminación del medio ambiente es un gran problema en nuestros días, producto de la irracional explotación de los recursos naturales y de una mala planeación en la transformación de la naturaleza de la que fue objeto durante decenas de años.

A partir del gran desarrollo industrial en los años 40's y a una inexistente conciencia ambiental, la naturaleza y los recursos naturales se ven seriamente afectados, ocasionando graves problemas, no solo a las generaciones de ese tiempo, sino a las generaciones venideras. Las generaciones actuales ahora deben abocarse a solucionar los problemas y minimizar los daños, si es que se desea evitar un colapso en nuestro planeta.

Dentro de este aspecto la contaminación del agua requiere una atención especial, debido a la dependencia de todos los seres vivos con este elemento. Cuando el agua se encuentra contaminada se convierte en un medio de transmisión para una gran cantidad de enfermedades. En el mundo desarrollado las enfermedades hídricas son escasas, lo que se explica por el adecuado sistema de abastecimiento de agua y el correcto desahogo de las aguas residuales. En cambio en las naciones en vías de desarrollo no se cuenta con los medios económicos necesarios para desarrollar estos sistemas.

En una encuesta reciente de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) se destacan los siguientes hechos:

Cada día mueren aproximadamente 30,000 personas por causa de enfermedades hídricas. En los países en vías de desarrollo, el 80% de todas las enfermedades son de origen hídrico. Una cuarta parte de los niños que nacen en estos países mueren antes de cumplir los cinco años, la gran mayoría por enfermedades causadas por el consumo de agua contaminada..

Así, una de las misiones de los ingenieros ambientales es de evitar que el agua sea un mecanismo de transmisión de estas enfermedades, desarrollando sistemas eficientes de abasto de agua potable y eliminación de residuos contaminantes, además es necesario educar y concientizar a la población sobre el cuidado del medio ambiente y la práctica de medidas higiénicas.

La Ingeniería Civil desempeña un papel muy importante en los trabajos para abastecimiento de agua y eliminación de aguas residuales, sin embargo, debido a las características tan particulares de las aguas residuales y al avance tecnológico en busca de mejores sistemas de tratamiento del agua, implica la necesidad de relacionarse con otras disciplinas, puesto que en el tema de calidad del agua se tratan aspectos de tipo biológico, químico y físicos.

La calidad del agua es un aspecto relacionado al uso que se le destina al agua, es decir, el agua puede ser de mala calidad con respecto a una serie de parámetros físicos, químicos, biológicos y radiológicos que la hacen no apta para consumo humano, sin embargo, esa misma agua puede satisfacer los requerimientos de cierto tipo de industria.

Tomando en cuenta las necesidades de agua para consumo humano y las pocas fuentes de agua de alta calidad, es lógico establecer un orden prioritario en el uso de este elemento. Tomándose como nivel preferencial el abasto de agua potable, al que le seguirán todas las demás aplicaciones, de tipo agrícola e Industrial.

Este trabajo tiene como finalidad mostrar el procedimiento de evaluación de calidad del agua de la Presa Valle de Bravo, así como el proponer un sistema de tratamiento para agua potable adecuado a la calidad del agua de este lugar y establecer medidas para mejorar y conservar la calidad del agua.

En forma sencilla el método para determinar la calidad del agua de un embalse consiste en analizar el agua de la Presa y de sus afluentes, y comparar los resultados con las normas establecidas según sea el caso.

El párrafo anterior describe en forma simple el procedimiento utilizado, sin embargo, este es mucho más complejo debido a que en la calidad del agua intervienen aspectos físicos, químicos, biológicos y económicos, todos ellos relacionados con la Ingeniería Sanitaria.

El presente trabajo pretende mostrar no sólo un estudio de calidad del agua sino la forma como este se desarrolla y la fundamentación existente para su realización.

En el capítulo 1 se trata del reconocimiento general de la zona, el estudio de ciertas características del lugar del embalse como son: ubicación, geografía, climatología, población, industria, agricultura, además de servicios de agua potable y alcantarillado.

Dentro del capítulo 2 se muestra la necesidad de agua en la cd. de México y la importancia de la Presa Valle de Bravo como lugar de recreación y principalmente como fuente de abastecimiento de agua potable para el Valle de México a través del Sistema Cutzamala.

Se describe el proyecto Sistema Cutzamala y se explica la condición actual del mismo, además se muestran las características hidráulicas de esta presa.

En el capítulo 3 se habla de las fuentes de contaminación, de las estaciones de muestreo en la Presa y se reproducen los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas.

El capítulo 4 muestra el significado de los parámetros de calidad del agua, así como la importancia sanitaria de estos, se trata cada parámetro que interviene en el análisis y evaluación del agua para este estudio en particular.

El capítulo 5 describe la forma de evaluar la calidad del agua en el embalse y en los afluentes, con base a la Normatividad Mexicana existente. Además se muestra la manera de seleccionar el proceso de tratamiento adecuado para potabilizar el agua, en función de la calidad del agua en un cuerpo de agua. Como complemento se incluyen las normas mexicanas e internacionales para la calidad del agua potable.

CAPITULO 1

CARACTERISTICAS DEL LUGAR DEL EMBALSE

1.1. RECONOCIMIENTO GENERAL.

Cuando se inicia un estudio para evaluar la contaminación en un cuerpo de agua, es necesario hacer un reconocimiento preliminar de la zona, con el objeto de planificar los trabajos para la obtención de resultados. Las actividades para tal efecto consisten en efectuar una visita de inspección y realizar una recopilación de información disponible de la zona, para fijar un recorrido ordenado cuando se inicien los trabajos definitivos de la zona, por ejemplo haciendo en los planos anotaciones para localización de poblaciones, industrias y zonas de cultivo. De la información disponible, se obtendrán datos referentes a usos actuales del agua, fuentes, registros de descargas y volúmenes empleados.

Los datos más importantes a obtener son los siguientes:

1.1.1 Poblaciones.

En algunos lugares la contaminación es debida exclusivamente a desechos municipales, para lo que es importante informarse del número de habitantes, crecimiento futuro, fuentes de abastecimiento de agua, cobertura de agua potable y alcantarillado, sitios de vertido de sus aguas residuales y existencia de plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales.

1.1.2 Industria.

El tipo de industrias que se encuentran en la región determinará, en gran parte, los estudios que se van a efectuar para caracterizar las aguas de la región; por lo que es muy importante conocer: el giro de actividad, proceso utilizado para la fabricación de determinado producto, volumen de producción, materia prima utilizada, número de empleados por turno, número de turnos diarios de trabajo, fuente y volumen de abastecimiento de agua, existencia de planta de tratamiento y croquis del sitio de vertido de sus aguas residuales.

1.1.3 Regiones agrícolas.

Actualmente las zonas de cultivo son de suma importancia en los estudios de contaminación, pues el lavado de las tierras debido al riego provoca que se localicen a distancia compuestos o sustancias provenientes de los fertilizantes, plaguicidas o herbicidas; por lo tanto se debe conocer el tipo y área de cultivo, tipos y cantidades de insecticidas, herbicidas y fertilizantes que se aplican. También, es importante saber si se utilizan técnicas de lavado de tierras para reducir la salinidad, épocas de riego, fuente de abastecimiento del agua y sitio de vertido de las aguas.

1.1.4 Ríos.

Estos juegan un papel muy importante para un estudio de calidad del agua, pues son en primer término fuente de abastecimiento de agua y en segundo término, cuerpos receptores de aguas residuales e incluso de desechos sólidos.

Para el estudio de contaminación de un río es necesario conocer su origen, longitud, si es afluente o río principal, número de descargas residuales que recibe, gastos medios, máximos y mínimos, pendiente hidráulica, secciones transversales, topografía y obras hechas por el hombre, nombre y número de ríos afluentes y extracciones, uso del agua, si es total o parcialmente navegable, peces existentes y explotación de los mismos.

1.1.5 Lagos.

Los patrones para reconocimientos en lagos varía en cuanto a la diferente conformación básica de la cuenca, mientras que los puntos relacionados con perturbaciones tales como descargas, afluentes o efluentes, son los mismos. De

un lago es necesario conocer su ubicación, batimetría, accesos, volumen medio, mínimo y máximo, corrientes y que peces están presentes.

1.2 LOCALIZACION.

La Presa Valle de Bravo se sitúa a 5.5 km. al oeste de Valle de Bravo, en el Edo. de Mex., la cortina esta ubicada en el municipio de Ixtapan del Oro, Méx. y el vaso en el municipio de Valle de Bravo e Ixtapan del Oro, Méx, a 33 km. al suroeste de Villa Victoria, M.x., a 31 km. al sureste de Zitacuaro, Mich., a 66 km. al sureste de Ciudad Hidalgo, Mich. y a 80.5 km. al sureste de Maravatío, Mich.

El acceso a la Presa se puede efectuar por dos caminos partiendo en ambos casos de la ciudad de Toluca, Méx., en el primero, se parte con rumbo a Morelia, por la carretera Federal No. 15 a una distancia de 74 km hasta la cortina, en el segundo se parte rumbo a Temascaltepec hasta el entronque a mano derecha que conduce a Valle de Bravo, a una distancia aproximada de 76 km.

La Presa Valle de Bravo pertenece a la región hidrológica No. 18 Balsas, localizada en la Cuenca del río Cutzamala dentro de la Subcuenca del río Amanalco, donde abarca los municipios de Amanalco de Becerra y Valle de Bravo.

Esta presa se encuentra entre las siguientes coordenadas:

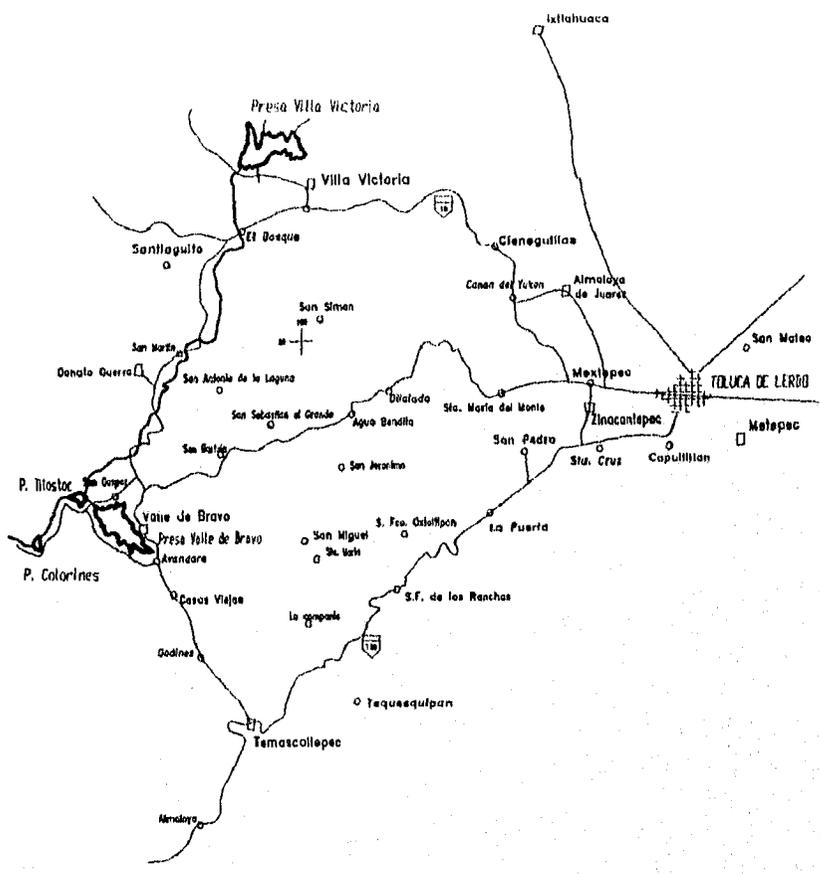
Longitud 100° 10' 15"
Latitud 19° 12' 28"
Altitud 1,800 m.s.n.m.

La extensión de la cuenca hasta la Presa es de 546.9 km² con un área de embalse de 21.4 km², un promedio de 5.5 km de largo y 3.5 km de ancho.

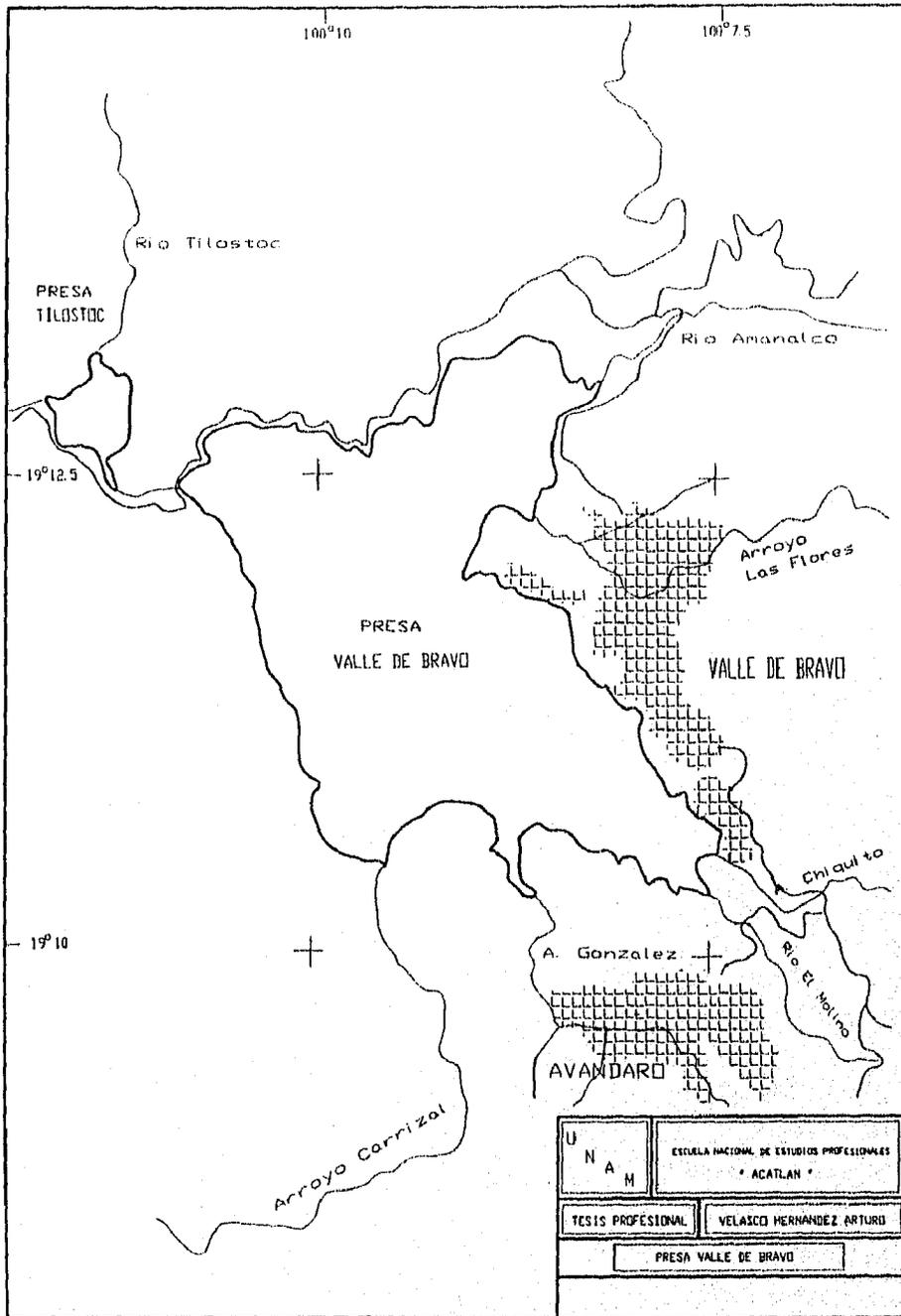
Entre los principales aportadores a la Presa están el río el Molino que tiene un gasto aproximado de 3000 l.p.s., le sigue en importancia el río Amanalco que arroja un volumen de aproximado de 2300 l.p.s., el arroyo González que su gasto aproximado es de 1800 l.p.s., el arroyo de las Flores recibe varias aportaciones de aguas residuales de parte de la cabecera municipal y la zona hotelera de Valle de Bravo y su gasto aproximado es de 300 l.p.s.

El arroyo Chiquito lleva las aguas residuales de algunas casas que descargan sobre esta corriente y su gasto aproximado es de 6 l.p.s.

PLANO DE LOCALIZACION



U N A M	ESCUOLA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACAYLAN"
TESIS PROFESIONAL	VELASCO HERNANDEZ ARTURO
PLANO DE LOCALIZACION CD. VALLE DE BRAVO	



1.3 GEOGRAFIA

Esta cuenca corresponde al llamado tercer sistema orográfico del Estado de México correspondiente al Xinantecatl o Nevado de Toluca. De este volcán apagado se desprenden varias ramificaciones hacia todos los puntos cardinales, hacia el occidente se extienden tres sierras principales: La Serranía de Temascaltepec, la Sierra de Tenayac y la Sierra de Valle de Bravo. Dentro de este sistema, destacan dos Cerros, el llamado de la Cruz y el cerro Valiente junto a la ciudad de Valle de Bravo, debe mencionarse además el Cerro Gordo hacia el norte de la cabecera municipal, y a cuyo pie se extiende el fraccionamiento de Avándaro. Por lo que respecta al oriente existe una gran porción de cerros entre los cuales destacan el Tenextepac ubicado frente a la cabecera municipal de Amanalco de Becerra se siguen los cerros de Cantarranas, Cerro Largo, Cerro Cuate, de los Reyes y del Idolo, entre los más altos es el de Vilchis que excede los 3300 metros sobre el nivel del mar.

El Valle más extenso y plano constituya, el espacio que se le denominó el Llano y que al construirse el sistema hidroeléctrico "Miguel Alemán", se convirtió en la enorme presa que hoy es el atractivo y fuente de actividad económica, bajo la forma de la gigantesca laguna artificial que se extiende a los pies de la ciudad de Valle de Bravo.

La vegetación consiste en bosques de pino-encino, vegetación secundaria y agricultura de temporal.

1.4 CUERPOS DE AGUA

Los ríos que existen en el municipio de Valle de Bravo son: El Molino, Amanalco de Becerra y Asunción.

Se tienen arroyos perennes como: González, Las Flores y Chiquito. Además de arroyos intermitentes.

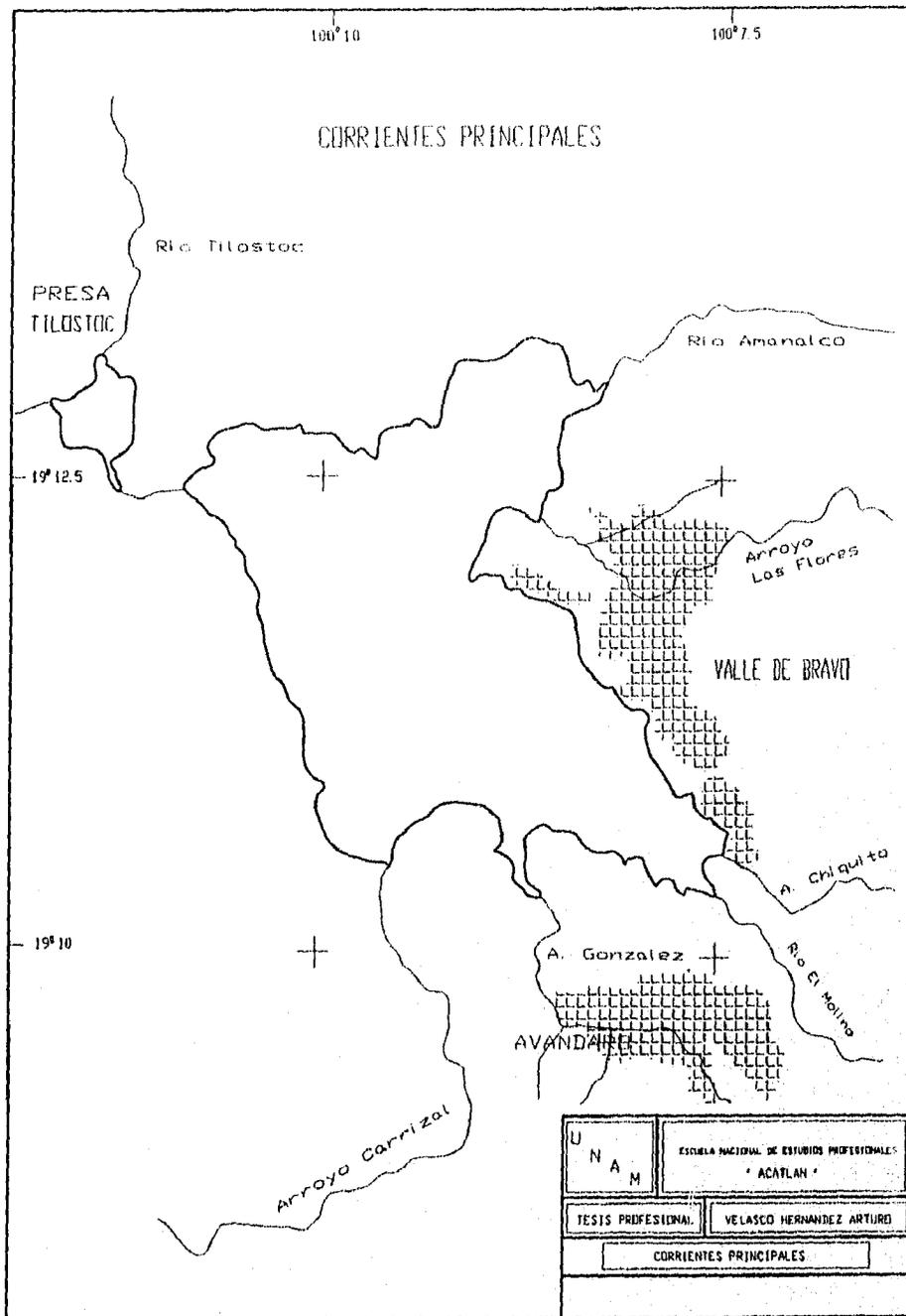
Existen manantiales, ojos de agua y un lago artificial: La Presa Valle de Bravo que formaba parte del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán y actualmente pertenece al sistema Cutzamala que abastece de agua potable a la Ciudad de México.

1.5 CLIMATOLOGIA

De acuerdo a los datos meteorológicos obtenidos en la estación de Valle de Bravo y de acuerdo a la clasificación climatológica según el sistema Thorntwaite, el clima de este municipio, considerado en el nivel de la cabecera municipal puede considerarse como sigue:

- Muy húmedo, con moderada deficiencia de agua invernal, templado con invierno benigno.
- Temperatura media anual de 17.5 °C.
- Temperatura máxima de 32 °C y mínima de 1.3 °C.
- Las lluvias se presentan con mayor intensidad entre los meses de junio a septiembre y algunas veces hasta octubre.
- La precipitación media anual llega a los 1,011.6 mm.

El promedio de días lluviosos al año es de 103 días con 202 días despejados y 60 días nublados.



1.6 TIPOS Y USOS DE SUELOS.

La superficie total del municipio es de 33,627.21 hectáreas, de este total 25,916.87 corresponden a zona forestal, 5,447.68 a la actividad agrícola de temporal y 2,262.66 a la de riego. La ganadería ocupa 4,598.12 hectáreas.

1.7 POBLACION Y SERVICIOS.

La población en la Cd. de Valle de Bravo y áreas circunvecinas es de aproximadamente 47,150 habitantes; las principales actividades económicas de la población se orientan hacia el comercio, alfarería, cerámica, bordados de textiles y principalmente al turismo. El comercio de carpa, tilapia y trucha es otra fuente de ingresos para los pobladores.

Prácticamente no existe actividad industrial y la agricultura se desarrolla bajo métodos tradicionales de cultivo.

En el Municipio de Valle de Bravo existen dos oficinas de correos, una en la cabecera municipal y otra en el pueblo de Colorines.

Se tiene el servicio de teléfonos por clave lada en la cabecera municipal, Avandaro y Colorines.

La población se comunica por medio de tres carreteras pavimentadas dos de ellas de ramales que entroncan con la carretera número 15 México-Guadalajara. El ramal sistema hidroeléctrico Miguel Alemán entronca en el kilómetro 123 de la carretera número 15, cruza por Villa Victoria y por el monumento hasta llegar a Valle de Bravo.

La tercera carretera cuenta con un servicio de autotransporte urbano y suburbano, el servicio de taxis se utiliza para transporte a las zonas aledañas.

1.7.1 Agua Potable.

En la localidad de Valle de Bravo, la prestación del servicio de agua potable se encuentra a cargo del organismo público dependiente del Municipio, denominado Sistema de Agua Potable de Valle de Bravo que atiende a la localidad de Valle de Bravo, Avandaro y poblaciones circunvecinas, sirviendo a una población mayor de 50,000 habitantes a los cuales se les proporciona una dotación de 250 lts x hab. al día.

Se estima una cobertura del servicio de agua potable del 80%.

Los manantiales que abastecen de agua a la localidad son los siguientes:

- Fontaine Blue	22.97 lps
- Las Joyas	2.00 lps
- Cruztel	11.44 lps
- Agua Fría	0.50 lps
- Ferrías	36.53 lps
- Cyranda	1.50 lps
- Alamos	145.20 lps
- Las Joyas II	2.00 lps

En general el sistema de abastecimiento de agua potable para la localidad de Valle de Bravo y Avándaro se encuentra integrado adecuadamente. El aprovisionamiento de agua se realiza mediante manantiales, que necesitan de acciones de mantenimiento preventivo. La calidad del agua es aceptable desde el punto de vista físico-químico, sin embargo se requiere reforzar y vigilar la calidad bacteriológica.

1.7.2 Alcantarillado.

Actualmente el servicio de Alcantarillado en Valle de Bravo, se encuentra en proceso de ampliación, las aguas negras que son generadas por la ciudad son descargadas directamente al vaso de la presa, esto repercute en la contaminación paulatina de las aguas.

Es conveniente señalar que el Gobierno Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA), en coordinación con las diferentes autoridades estatales y municipales, realizaron convenios referentes a la ampliación del alcantarillado en el municipio así como a las obras de saneamiento.

El alcantarillado sanitario en Valle de Bravo tiene serias deficiencias, se estima una cobertura del servicio del 20% de la superficie de la mancha urbana; la red de atarjeas en la ciudad se ha construido con tubería de 30, 45 y 91 cm. de diámetro, descargando en arroyos y barrancas, estos descargan a su vez a la presa.

Las principales zonas de carencia son las de nueva creación. Una gran cantidad de las viviendas todavía cuenta con letrinas o fosas sépticas, lo que posibilita la contaminación de los acuíferos, tal es el caso de Avándaro.

El sistema de alcantarillado no cuenta con subcolectores y colectores, esta función la desarrollan los arroyos y barrancas que corren en dirección de oriente a poniente, es decir, a gravedad hacia la presa. Sin embargo en la cabecera de Valle de Bravo se está construyendo el sistema de recolección y emisión con tramos con bombeo y tramos a gravedad, localizándose por la Costera.

De acuerdo a los datos proporcionados por la Gerencia de Aguas del Valle de México se tiene la siguiente información referente a infraestructura en el Municipio de Valle de Bravo:

- Red de atarjeas	31.3 km.
- Subcolectores	1.0 km.
Colectores interceptores	
- Vol. de descarga	157.9 lps.
- Gasto tratado	0.0 lps.

En la actualidad el municipio tiene un proyecto para enviar las aguas residuales de la Cd. de Valle de Bravo a la Presa Tilostoc. El proyecto consiste en un sistema de plantas de bombeo y una planta de tratamiento para desalar y tratar las aguas residuales; sin embargo, la planta de tratamiento aún no se construye y de las plantas de bombeo no se pudo constatar su operación. Por otra parte se observa que continua el vertido de aguas residuales a la Presa.

CAPITULO 2

CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA E IMPORTANCIA

IMPORTANCIA DE LA PRESA

2.1. NECESIDAD DE AGUA EN LA CIUDAD DE MEXICO.

En la ciudad de México se utilizan diariamente más de 70,000 litros de agua por segundo, que abastecen a más de 19 millones de habitantes. Este servicio es uno de los más costosos para el gobierno de la ciudad, ya que tan sólo el líquido que se extrae del sistema Cutzamala representa el 16% del consumo total de los capitalinos, con un costo que supera los 11 nuevos pesos por segundo.

De acuerdo al Departamento del Distrito Federal, al día cada persona gasta alrededor de 360 litros de agua, lo que indica que diariamente se consumen más de 6840 millones de litros del vital líquido en la ciudad de México.

El 84% del agua que se utiliza en la Cd. de México se extrae de los mantos acuíferos subterráneos, donde se localizan 850 pozos, que se encuentran en el valle de Lerma y el de la ciudad de México.

Para suministrar los servicios de agua potable, drenaje y agua tratada en la ciudad de México, cada año se invierten 1.3 millones de nuevos pesos.

Asimismo, cada metro cúbico que se trae del Sistema Cutzamala tiene un costo de 0.5996 nuevos pesos y cada segundo entran a la ciudad de México 11,000 litros de agua potable provenientes de este sistema.

Debido a las características del terreno donde se encuentra asentada la ciudad de México, la extracción de agua ha generado hundimientos diferenciales y regionales en distintas zonas de la ciudad.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) informa que el Centro Histórico se hunde cinco centímetros al año, aunque en la zona perimetral de los lagos de Xochimilco es tres veces mayor (20 centímetros en promedio al año), por lo fangoso del terreno.

El Valle de México, que en el pasado fue modelo de eficiencia hidráulica, hoy ha perdido su equilibrio. Actualmente, el área metropolitana alberga aproximadamente 19 millones de habitantes, de los cuales 10.5 millones (55%) viven en el Distrito Federal y 8.5 millones (45%) en los municipios de estado de México, esta población genera el 36% del PIB nacional, principalmente en las actividades industriales y comerciales.

La DGCOH menciona que del total del líquido que se recibe en el Distrito Federal 63% se destina al uso doméstico y 17% al comercial o industrial.

Abastecer de agua a la ciudad de México requiere de construir y mantener una de las infraestructuras de mayor magnitud y complejidad operativa a nivel mundial, donde hay que vencer desniveles de hasta 1,200 metros y conducir agua a través de 127 kilómetros de longitud. Lo que implica llevar a cabo grandes inversiones, tanto en infraestructura hidráulica como en el consumo de energía eléctrica.

2.2 PROYECTO SISTEMA CUTZAMALA.

Una de las prioridades del Gobierno Federal es la de abastecer y distribuir de manera equitativa el agua a la ciudad de México y área metropolitana, es decir, a una población actual de aproximadamente 19 millones de habitantes, con la suficiente agua potable para su consumo.

El organismo encargado de realizar esta tarea es la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, dentro de cuyas obras para lograr este objetivo cuenta con

el aprovechamiento de los escurrimientos de la cuenca del río Cutzamala, la cual se localiza entre los paralelos 18° 10' y 19° 50' de latitud norte y los meridianos 99° 45' y 101° 15' de longitud oeste, con una área de 10,740 km², hasta el sitio denominado El Gallo.

Las aguas que generan en la cuenca del Cutzamala se captan en los vasos de las Presas Villa Victoria, Valle de Bravo, Tilostoc, Colorines, Ixtapan, El Bosque y Tuxpan. Los gastos aprovechables en Villa Victoria y Valle de Bravo son debidos a cuenca propia; por lo que se refiere a Colorines le llegan aguas provenientes de la Presa El Bosque y sus filtraciones, y de la Presa Tuxpan.

2.2.1 Esquema general del Sistema Cutzamala.

Además de las captaciones descritas, el Sistema Cutzamala esta formado por una línea de conducción de 111.8 km., constituida por dos tramos principales: El primero de Colorines a la torre de Oscilación No. 5, con cinco tramos de bombeo y cuatro de gravedad, tiene una longitud de 34.2 km y una carga total a vencer de aproximadamente 1200 metros columna de agua; el segundo tramo entre la torre de oscilación No. 5 y el túnel Analco-San José es un escurrimiento a gravedad que tiene una longitud de 77.6 km.

En el primer tramo el bombeo se realiza mediante 6 plantas de bombeo, cada planta forma parte de un módulo que tiene adicionalmente un tanque de sumergencia y una torre de oscilación, el primero para garantizar la sumergencia de las bombas y el volumen necesario por tiempo de respuesta para arranques y paros y el segundo para disminuir las sobrepresiones originadas por fenómenos transitorios.

Complementarias a las conducciones y los módulos de bombeo se cuenta con un vaso regulador de 288,000 m³ denominado Donato Guerra que tiene la finalidad de hacer el cambio de régimen de bombeo de 20 a 24 horas.

El tramo de escurrimiento por gravedad esta seccionado por dos tanques denominados Santa Isabel y Péricos, situados a 17 y 53 km respectivamente de la planta de bombeo No. 5.

Los motores para la operación de las bombas de cada planta son de gran capacidad esto es que no son equipos comúnmente utilizados en plantas de bombeo y pozos, y dada su capacidad así como la de las bombas que mueven, el operarlas da como resultado la utilización de equipo computarizado adicional para efectuar la vigilancia de todas las variables que recomienda el fabricante.

2.2.2 Operación del sistema Cutzamala

El sistema Cutzamala consta de seis plantas de bombeo, una planta potabilizadora y el vaso Donato Guerra.

Para llevar a cabo la operación del sistema este se ha dividido en dos partes, una que opera durante las 24 horas del día (planta potabilizadora, planta de bombeo No. 5 y vaso regulador Donato Guerra) y otra que opera 20 horas al día (plantas de bombeo Nos. 1, 2, 3, 4 y 6) debido a las dificultades para la operación durante las horas pico en la demanda de energía eléctrica.

2.2.2.1 Planta de bombeo No. 5

Esta planta se controla independientemente del resto del sistema de bombeo, excepto de la planta potabilizadora, ya que recibe el agua por bombear de su tanque de sumergencia, que es a la vez el tanque de aguas filtradas de la planta potabilizadora; estas aguas son enviadas a la torre de oscilación 5 para ser conducidas por gravedad a la ciudad de México.

Esta planta es la más importante del sistema, ya que en ella se efectúa el último paso para el bombeo del agua ya potabilizada, motivo por el cual se maneja de

forma independiente; para su operación se diseñó un sistema de controladores programables (computadoras de operación dedicada) para llevar el monitoreo de señales de control a un tablero y al centro de control para el registro estadístico.

2.2.2.2 Plantas de bombeo No. 1, 2, 3 y 4

Dada la configuración del sistema Cutzamala las plantas de bombeo 1, 2, 3 y 4 forman un subsistema que funciona en cascada (es decir, al operar una de ellas las demás deberán operar en las mismas condiciones), aún cuando la P.B. 1 no siempre forma parte de dicha cascada.

Por lo tanto, una sección importante del sistema la integran estas plantas de bombeo, por donde se conduce la mayor parte del gasto a manejar. Su operación y control se hacen por medio de un centro de control.

La planta de bombeo No. 1 toma el gasto que obtiene de la presa derivadora Colorines a la que llegan las aguas de las presas Tuxpan, el Bosque o Ixtapan del Oro. Este gasto, dependiendo de las condiciones imperantes, se bombea hacia la presa Valle de Bravo o va directo al tanque de sumergencia de la planta de bombeo No. 2.

Dependiendo del gasto que se este manejando la planta de bombeo No. 2 toma el agua de la presa Valle de Bravo o directamente de la que se esta bombeando de la planta No. 1, de esta planta pasa directamente a las plantas No. 3 y 4 hasta donde el gasto manejado ha vencido un desnivel de 980 metros.

2.2.2.3 Vaso y estructura Donato Guerra.

Debido a la situación de las horas pico, en el trayecto de bombeo entre la presa Valle de Bravo y la planta potabilizadora (plantas de bombeo No. 2, 3 y 4) se construyeron el vaso regulador y la estructura distribuidora Donato Guerra, con

objeto de almacenar en el primero una cantidad del gasto bombeado para alimentar a la planta potabilizadora durante las 4 horas pico de demanda eléctrica, en las que las plantas 2, 3 y 4 quedan fuera de servicio.

Por lo tanto la forma óptima de operar las plantas indicadas es la de satisfacer la demanda del gasto. De ahí que resulte necesario llenar el vaso Donato Guerra con el excedente para después alimentar la planta potabilizadora con el gasto procedente del vaso.

Por lo que respecta a la estructura derivadora, esta se divide en dos: la cámara alta a donde llega el gasto procedente de las plantas de bombeo No. 2, 3 y 4; y la cámara baja que es por donde se extrae el gasto durante las 4 horas de paro.

Las cámaras están provistas cada una de 3 compuertas mediante las que se regulan el gasto a enviar a la planta potabilizadora.

En virtud de que las compuertas de la cámara alta trabajan para un gasto determinado y para una cota de llegada, siempre se abre a una altura fija dependiendo del gasto que se envía a la planta potabilizadora, lo que no sucede con las compuertas de la cámara baja cuya altura debe ser ajustada constantemente, según el nivel en el vaso Donato Guerra y el gasto que se este manejando a la planta potabilizadora.

2.2.2.4 Planta de bombeo No. 6.

Mediante esta planta se regula el gasto a la planta potabilizadora en caso de contingencia en alguna de las plantas correspondientes a la cascada formada por las plantas de bombeo No. 1, 2, 3 y 4.

2.2.3 Operación de las presas derivadoras.

Cada presa aporta una cantidad de gasto determinado que debe ser constante; si fuera mayor, la torre de sumergencia podría llegar a derramarse y en caso contrario, el nivel en la torre podría llegar a bajar al punto de poner en peligro la sumergencia de las bombas. Para evitar que suceda alguno de los dos casos, las compuertas de cada presa tienen actuadores eléctricos que se comandan a control remoto, de tal forma que al abrirse, el gasto que pase a la planta de bombeo sea el correcto, ya que el operario cuenta con un indicador del gasto que sale de la presa.

2.2.4 Control de la operación del sistema.

El control para la operación del sistema no puede realizarse de manera independiente, es decir, cada planta de bombeo no puede controlarse de manera autónoma, ya que de hacerlo cada una debería contar con información actualizada de las otras estructuras de control y de la propia, lo que redundaría en la duplicidad de equipo y su costo aumentaría; además, la coordinación general no sería sencilla. Por lo tanto, para controlar el acueducto se ha implantado un sistema de control supervisor con operación centralizada que facilita y asegura un buen funcionamiento, de manera que las operaciones de apertura y cierre de compuertas, el arranque y paro de los grupos motor-bomba, la vigilancia de variables hidráulicas y eléctricas y la recepción de alarmas por paros repentinos de cualquier tipo se reciban y ejecuten desde el centro de control, que se encargará de la operación total (excepto la planta potabilizadora).

2.3 CONDICION ACTUAL DEL SISTEMA CUTZAMALA.

En la actualidad el Sistema Cutzamala se encuentra en funcionamiento, sin embargo, no se ha concluido su construcción ya que:

- Las Presas: Tuxpan, El Bosque y Colorines no aportan caudal alguno a la planta potabilizadora
- La Planta de Bombeo No. 1 (P.B.1) y la Torre de Oscilación No. 1 no se han construido.
- La caja distribuidora y el vaso regulador Donato Guerra se encuentran en construcción.
- La planta potabilizadora Los Berros no está totalmente terminada.

Así, considerando los aspectos anteriores el Sistema Cutzamala funciona de la siguiente forma: El agua que recibe la planta potabilizadora proviene de las presas Valle de Bravo, Chilesdo y Villa Victoria. El agua tomada de la presa Valle de Bravo es bombeada hasta la planta potabilizadora por las Plantas de Bombeo 2, 3 y 4, venciendo un desnivel de más de 900 metros. Las aportaciones de la Presa Chilesdo son bombeadas a través de la Planta de Bombeo No. 6. Y el agua que proviene de la Presa Villa Victoria llega por gravedad. Todas las Plantas de Bombeo funcionan las 24 horas y los 365 días del año, al igual que la planta potabilizadora.

2.3.1 Planta potabilizadora Los Berros.

La planta potabilizadora esta diseñada para tratar un gasto de 24 m³/s, su capacidad actual es de 16 m³/s y produce un volumen de agua potable de 14 m³/s en promedio, distribuida de la siguiente forma:

11 m³/s de agua para la Cd. de México a través de la D.G.C.O.H. ¹

3 m³/s de agua para el Edo. de México a través del C.E.A.S.

El agua cruda para la planta potabilizadora se extrae de 3 presas con las aportaciones promedio que a continuación se mencionan:

Presa Valle de Bravo 8.0 m³/s

Presa Villa Victoria 3.0 m³/s

Presa Chilesdo 3.6 m³/s

El gasto utilizado en la limpieza de filtros y remoción de lodos de los tanques de sedimentación está estimado entre 0.5 a 1 m³/s.

Los parámetros determinados en los análisis del agua en las presas y en la planta potabilizadora son los siguientes:

Parámetro	Agua		Normas		
	Cruda	Tratada	Méx.	U.S.A.	O.M.S.
Turbiedad	14.2	0.5	10	5	2.5
Color	80.0	3.0	20	5	5.0
pH	6-9	6-7	6-8	6-8	5-8.2
Alcalinidad	48.5	43.6	400	--	400
Dureza Calcio	95.8	90.7	350	--	450
Coliformes	3000	Neg.	2.2	2.0	--
Totales					

¹D.G.C.O.H. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
C.E.A.S. Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento

Además se garantiza una concentración de 7 p.p.m. de cloro residual en el agua entregada por la planta.

Los muestreos de agua cruda se realizan cada 8 días en la zona de la cortina de las 3 presas y rara vez exceden los valores mencionados.

2.4 CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LA PRESA

Año de construcción	1944
Superficie regada	18 000 hectáreas
Area de la cuenca	546.9 km ²

CORTINA. Tipo tierra con corazón impermeable

Altura sobre el lecho	48 m.
Altura total	56 m.
Longitud de corona	148 m.
Ancho de corona	8 m.
Ancho base	194 m.

ALMACENAMIENTO

2

N.A.M.E.	1833.00 m.s.n.m.
N.A.M.O.	1829.55 m.s.n.m.
N.A.MIN	1798.50 m.s.n.m.

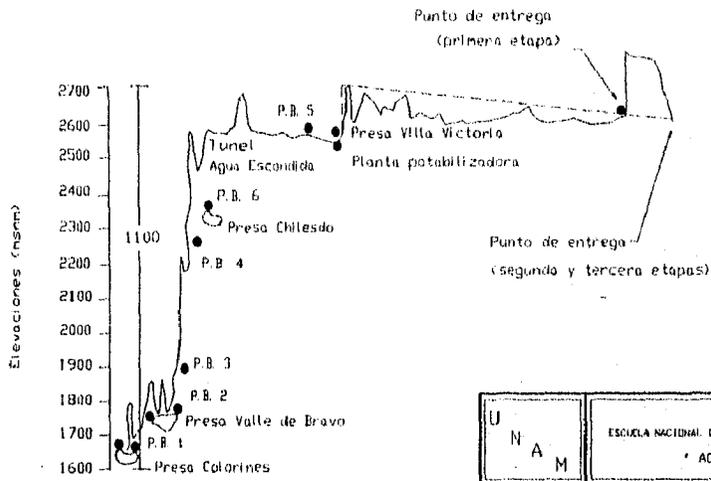
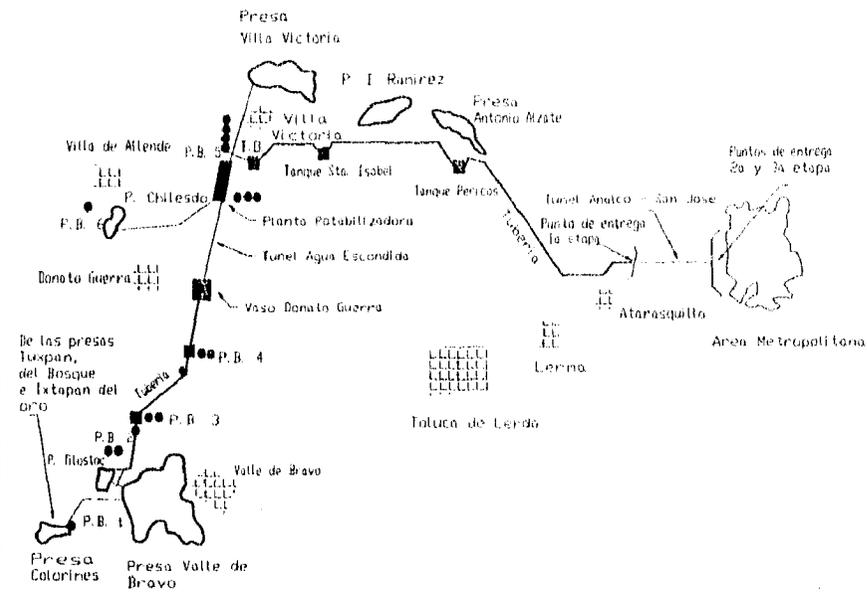
²N.A.M.E. Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.
 N.A.M.O. Nivel de Aguas Máximas Ordinarias.
 N.A.MIN. Nivel de Aguas Mínimas.

Capacidad de azolves	7 millones m ³
Capacidad útil	394 millones m ³
Super almacenamiento	56 millones m ³
Almacenamiento total	401 millones m ³
Capacidad máxima	457 millones m ³

VERTEDEDOR

Vertededor tipo	Cresta libre
Longitud de cresta	94.4 m.
Carga máxima	3.45 m.
Cap. máxima de descarga	1200 m ³ /seg.

Sistema Cutzamala



U N A M	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
	* ACATLAN *
TESTES PROFESIONAL	VELASCO HERNANDEZ ARTURO
PROYECTO SISTEMA CUTZAMALA	

CAPITULO 3

ESTUDIO DE CONTAMINACION DE LA PRESA VALLE DE BRAVO

3.1 FUENTES DE CONTAMINACION.

La calidad del medio ambiente se ha visto en las últimas décadas seriamente afectada por el manejo y disposición inadecuados de considerables cantidades de desechos, generados en los núcleos de población, centros industriales y agrícolas.

El deterioro en la calidad de los diferentes cuerpos de agua, es consecuencia directa del vertido sin previo tratamiento de las aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, que contienen grandes cantidades de sustancias contaminantes. La naturaleza de éstas y sus efectos sobre los cuerpos de agua, variará dependiendo del origen de las aguas residuales, las concentraciones de las sustancias contaminantes, los volúmenes descargados y de las características de los propios cuerpos de agua.

Las principales fuentes de contaminación pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

1. Urbanas
2. Industriales.
3. Agrícolas
4. Naturales.

3.1.1 Fuentes urbanas.

Las concentraciones urbanas, constituyen una de las mayores fuentes de contaminación, debido a los volúmenes de aguas residuales producidas; las cuales, en su mayor parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado.

Debido al rápido crecimiento de las ciudades, la mayoría de las áreas suburbanas no se encuentran conectadas a los sistemas de alcantarillado y disponen sus aguas en fosas sépticas o directamente a los cuerpos de agua.

3.1.2 Fuentes industriales.

La actividad industrial nacional está integrada por una variedad muy amplia de procesos, contándose entre los principales a los de la industria química, la petroquímica, la metalúrgica, el papel, la textil, la del azúcar y la de los alimentos. Cada una de estas industrias descarga volúmenes de aguas residuales, cuya naturaleza físico-química dependerá del tipo de proceso a que se refiera, pudiendo ser materia orgánica, nutrientes, metales pesados, ácidos, bases, sustancias inorgánicas, grasas, aceites.

Actualmente muchas de estas factorías descargan aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores, pero en virtud a lo establecido por la leyes mexicanas para el control de la contaminación de las aguas, todas las industrias tendrán que tratar sus descargas.

3.1.3 Fuentes agrícolas.

Como consecuencia del uso en la actividad agrícola de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes, para el control de plagas y aumento de la productividad, las aguas de retorno agrícola arrastran restos de sustancias hasta los cuerpos receptores; esto, aunado a los arrastres de las excretas animales por los escurrimientos pluviales, produce una fuente considerable de contaminación, que altera los ecosistemas acuáticos.

El control y manejo de las aguas de retorno agrícola es difícil, debido a que las grandes áreas de riego tienen varias descargas, principalmente en época de lluvias.

Cuando los restos de fertilizantes llegan a los cuerpos de agua, se provoca un indeseable crecimiento de plantas acuáticas.

3.1.5 Fuentes naturales.

Aunada a la contaminación producida por las aguas residuales de las diferentes actividades del hombre, está otro tipo de contaminación debida a causas naturales, tales como arrastres de la materia orgánica muerta por los escurrimientos del agua pluvial, así como los productos inorgánicos producidos por la erosión en los suelos.

3.1.6. Fuentes de contaminación en la Presa Valle de Bravo.

Las principales fuentes de contaminación en la Presa Valle de Bravo son las provenientes de los siguientes afluentes:

- Arroyo González
- Río Amanalco
- Río El Molino

La contaminación en el río Amanalco es producida por la descarga municipal de Amanalco de Becerra y Valle de Bravo.

En tanto que el río El Molino deben su concentración de contaminantes a las descargas de restaurantes, al servicio hotelero y algunas viviendas que no cuentan

con drenaje. Es de consideración el hecho que una gran fuente de ingresos que percibe el Municipio de Valle de Bravo proviene del turismo en este lugar.

Cabe destacar que en la zona donde descargan los ríos El Molino y el arroyo Chiquito se aprecia la presencia de lirio acuático, mostrando esto un indicio de contaminación orgánica. Además a escasos metros se encuentra el embarcadero de Valle de Bravo ocasionando que aumente la contaminación en esta zona por el aceite y combustibles derramados, derivados del uso mismo de los navíos.

Se puede considerar que el tipo de aguas vertidas a la presa es únicamente de tipo doméstico, ya que no se desarrolla actividad industrial ni agrícola con uso de fertilizantes en la zona. Eliminandose así la posibilidad de que existan productos altamente tóxicos en el embalse y reduciéndose los parámetros de calidad del agua a considerar para su análisis.

Por la cantidad de aguas domésticas que descargan a la presa ofrece ciertas garantías de que el agua no este muy contaminada y que por la extensión y características del lago la autopurificación del agua se realice en un menor tiempo. El gasto total que entra al embalse es de 639,360 m³/día.

3.2. PUNTOS DE MUESTREO EN EL CUERPO RECEPTOR Y AFLUENTES.

A partir del reconocimiento general de la zona y la recopilación de toda la información existente, es necesario realizar un recorrido del cuerpo, con el fin de verificar la información obtenida.

Durante el recorrido se deben realizar las siguientes actividades:

- a) Hacer anotaciones en los planos recabados y elaborar croquis complementarios de las descargas municipales, industriales, canales de

retorno de hidroeléctricas, anotando su acceso al sitio de vertido en el cuerpo receptor y dimensiones del cuerpo en estudio.

- b) Anotar los afluentes que recibe la corriente o lago en estudio, así como el acceso a la confluencia y las características principales de la misma.
- c) Hacer croquis y anotaciones de los canales de salida, así como su ubicación y acceso al sitio de su localización.
- d) Anotar las presas o represas que se localizan en la corriente, cambios de morfología considerables como: caldas, y cambios de sección.

Las estaciones de muestreo y aforo se fijarán de acuerdo al siguiente criterio:

- a) Se muestrearán todas las descargas de agua residuales y afluentes que lleguen al cuerpo de agua en estudio.
- b) Sobre la corriente se fijarán las estaciones de muestreo, antes y después de cada una de las situaciones siguientes:
 - 1) Descarga de agua residual.
 - 2) Entrada de corrientes tributarias.
 - 3) Salida de canal.
 - 4) Presa, represa, mar o sitio de descarga.
 - 5) Cambios fuertes de sección.
 - 6) Caldas o cascadas.
 - 7) Zonas cubiertas de lirio.

Además, se deberán instalar, estaciones intermedias en los tramos de longitudes muy largas, donde no sucede ningún fenómeno de los antes descritos.

Se deberá aforar en todas las estaciones de muestreo seleccionadas, ya que el grado de contaminación está íntimamente ligado con los volúmenes de agua y el factor de dilución.

3.2.1 Selección de estaciones y métodos de muestreo en la Presa.

De acuerdo al trabajo de campo y en gabinete fueron seleccionados 7 puntos de muestreo. Es importante conocer las características y carga de contaminantes generadas por las descargas municipales del poblado, por ello se eligieron como puntos de muestreo el Muelle Municipal, río el Molino y el Arroyo González .

Con el propósito de determinar la calidad del agua en el embalse se fijaron 4 estaciones en la Presa; las estaciones 1 y 3 ubicadas en el sitio de descarga de los ríos Amanalco y el arroyo Carrizal respectivamente, la estación No. 4 ubicada en la cortina de la Presa y la estación No. 2 ubicada al centro del vaso con objeto de identificar las variaciones de calidad y comportamiento de los contaminantes en el embalse hasta su destino final (cabe mencionar que se realizaron muestreos a diferentes profundidades en esta estación).

El muestreo en la estación No. 4 es importante ya que el agua que circula por esta toma está conectada al Sistema Cutzamala de agua potable para la ciudad de México.

Las muestras colectadas en estos 7 puntos fueron tomadas a nivel superficial, además de que en el punto no. 2 se tomaron a diferentes profundidades (3, 5, 10, 15, 20, 22 m.).

Los métodos de muestreo, preservación y análisis de muestras fueron los especificados en el Manual de Técnicas de muestreo y análisis de campo editadas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

3.3. PARAMETROS DE ESTUDIO.

La lista de parámetros de calidad del agua que fueron determinados y comúnmente utilizados en los análisis de aguas residuales de origen doméstico y en los análisis de fuentes de agua para consumo humano se muestran a continuación.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

pH

Temperatura

Color

Oxígeno Disuelto (OD)

Conductividad

Grasas y Aceites

Sólidos Sedimentables

Sólidos Totales

Sólidos Disueltos Totales

Cloruros

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Nitratos

Nitritos

Boro

Alcalinidad

Acidez Total

Dureza Total

Dureza de Calcio

Dureza de Magnesio

Substancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)

Fosfatos

Hierro

Coliformes Totales

En el siguiente capítulo se explica el significado de cada parámetro y su importancia sanitaria.

3.4 RESULTADOS DE LABORATORIO.

A fin de facilitar el manejo y evaluación e interpretación de los datos se optó por utilizar valores promedios en el cuerpo de la presa y en la cortina.

Los resultados de laboratorio de las muestras tomadas del embalse y los afluentes se muestran en las siguientes tablas.

Puntos de Muestreo

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	1	2	3	4	5	6	7
DB05	(Mg/l)	10.72	4.99	5.87	3.75	5.33	5.65	6.8
pH		7.90	8.00	7.90	8.00	8.00	8.10	
Temperatura ambiente	(°C)	25	25	25	25	25	25	25
Temperatura agua	(°C)	22	22	22	21	22	22	21
Color	(UPT- CO)	11	11	13	12	12	11	15
Oxígeno Disuelto	(Mg/l)	7.6	7.6	7.6	7.5	8.7	7.6	6.0
Conductividad	(µmhos /cm)	<134	<129	<135	<134	<134	<132	<132
Grasas y aceites	(Mg/l)	1.9	1.7	1.0	2.2	1.6	2.2	2.7
Sólidos sedimentables	(M/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sólidos totales	(Mg/l)	120	148	134	98	149	142	181
Sol. Disueltos Totales	(Mg/l)	105	131	122	90	128	130	
Cloruros	(Mg/l)	82	75	74	51	77	70	
D.Q.O.	(Mg/l)	13.4	7.14	7.16	5.36	6.28	5.20	8.0
Nitrato	(Mg/l)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	
Nitritos	(Mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Boro	(Mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	

Parámetro	Unidad	1	2	3	4	5	6	7
Alcalinidad	(Mg/l CaCo3)	65.3	62.5	52.0	49.80	61.9	65.3	
Acidez Total	(Mg/l CaCo3)	1.8	2.2	2.6	1.7	3.10	2.2	
Dureza Total	(Mg/l CaCo3)	142	148	144	116	140	159	
Dureza de Calcio	(Mg/l CaCo3)	38	28	29	27	33	25	
Dureza de Magnesio	(Mg/l CaCo3)	104	120	116	118	107	134	
S.A.A.M.	(Mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.10	
Fosfatos	(Mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Hierro	(Mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Coliformes Totales	(NMP)	<33	<210	<30	<30	<32	<30	

Puntos de muestreo

1. Río Amanalco
2. Centro de la Presa
3. Arroyo El Carrizal
4. Cortina
5. Muelle Municipal
6. Río El Molino
7. Arroyo los González

Resultados de los análisis practicados a profundidad en el centro de la presa Valle de Bravo.

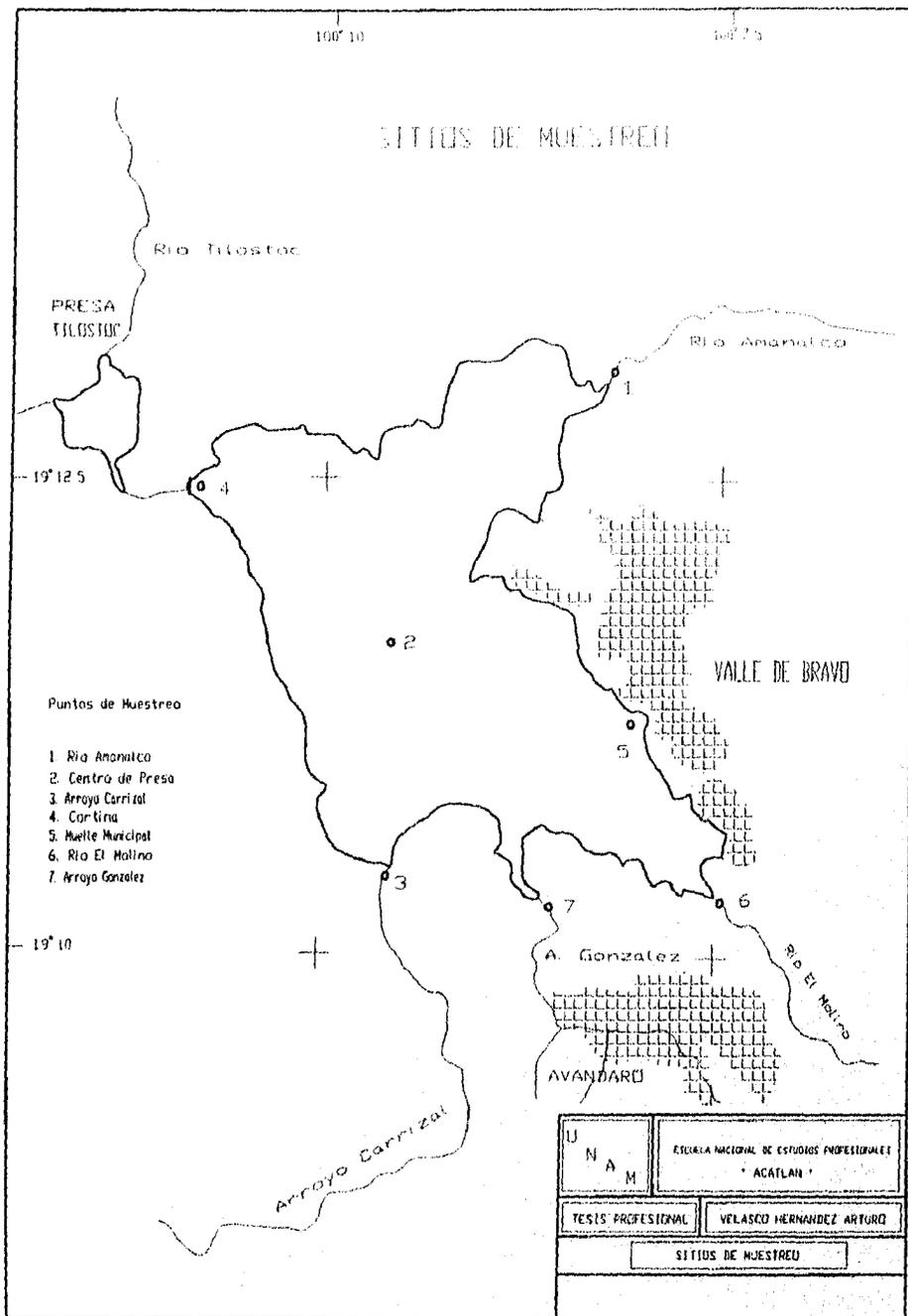
Profundidad	pH	Temperatura Agua	O.D.	Cond.	Nitratos	Nitritos
3m.	8.2	22	7.6	134	0.2	0.5
5m	8.2	21	7.4	135	0.2	0.2
10m	7.8	20	7.4	135	0.2	0.5
15m	7.5	20	3.3	135	0.2	0.2
20m	7.4	19	2.5	131	0.2	0.5
22m	7.5	19	2.3	132	0.2	0.5

pH Potencial de hidrógeno

Temp. Agua Temperatura Agua

O.D. Oxígeno Disuelto

Cond. Conductividad



CAPITULO 4

PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

4.1. PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.

Un parámetro de calidad del agua se puede definir como la unidad de comparación legalmente establecida, de un elemento o sustancia contenida en el agua. Así mismo se consideran dentro de los parámetros de calidad del agua a la características físicas, químicas y biológicas propias del agua.

Dado que el presente trabajo persigue mostrar la forma de evaluar la calidad del agua no sólo de un embalse, sino de cualquier cuerpo de agua, se muestra a continuación la lista del total de parámetros considerados a analizar. Esto no implica que en todos los estudios de calidad del agua se deban realizar análisis de todos los parámetros, sino se eligen los que corresponden al tipo de industria que descarga, al nivel de actividad de una zona agrícola, al número de población, al uso que se le destina o pretenda dar al agua, al presupuesto económico dispuesto para los análisis, entre otros factores.

En seguida se muestra el total de parámetros de calidad del agua, que se encuentran normados en México. Los parámetros considerados para determinar el uso del agua se encuentran contenidos dentro de los parámetros considerados en las descargas de aguas residuales.

Un aspecto fundamental para el control de la contaminación es el establecimiento de las características de la calidad del agua, que deben cumplir las descargas antes de su vertido en los cuerpos receptores.

Al conjunto de características de calidad se les denomina condiciones particulares de descarga (CPD). Para la fijación de las CPD deben considerarse los aspectos relativos a: el origen de descarga, el cuerpo receptor y la tecnología de

tratamiento disponible. Entre los primeros se encuentran el tipo (municipal o industrial) y la magnitud de la descarga.

En relación al cuerpo receptor se debe analizar si es corriente, lago, acuífero o cuerpo costero, la morfología, el tamaño, la capacidad de autodepuración y los aprovechamientos benéficos que sustenta.

Los parámetros de calidad que se consideran a normar se agrupan en cuatro categorías de contaminantes: básicos (B), tóxicos (T), refractarios (R) y patógenos (P), los cuales están definidos de la siguiente manera:

4.1.1 Contaminantes básicos (B).

Se incluyen en esta categoría los contaminantes que son controlables por los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales de origen municipal y otros dos parámetros de calidad básicos, pH y temperatura. La lista de parámetros incluidos en esta categoría es la siguiente:

pH

Grasas y Aceites

Temperatura

Materia flotante

Demanda bioquímica de oxígeno, DBO

Demanda química de oxígeno, DQO

Nitrogeno (amoniacal, nitrato y total)

Fósforo (total inorgánico)

Sólidos sedimentables

Sólidos suspendidos totales

Substancias Activas al Azul de Metileno (S.A.A.M.)

4.1.2 Compuestos refractarios (R)

Son aquellos compuestos cuya concentración es dependiente en gran medida de la calidad del agua abastecida y que además no son degradables o removidos por los procesos convencionales de tratamiento, por lo que requieren de procesos específicos para su remoción.

En este grupo se incluyen aquellos componentes del agua residual cuya concentración en efluentes de origen puramente doméstico es muy similar a la concentración original en el agua suministrada. En el caso de drenajes con aportaciones industriales, la concentración de estos contaminantes se puede ver incrementada sustancialmente porque algunas industrias descargan alguno o varios de los compuestos de este grupo.

La lista de parámetros comprendidos en esta categoría es la siguiente:

Alcalinidad total
Conductividad
Dureza total
Fluoruros
Relación de adsorción de sodio
Sulfatos

4.1.3 Contaminantes tóxicos (T)

En esta categoría se incluyen aquellos elementos, compuestos o características del agua que pueden inhibir los procesos biológicos de sistemas convencionales de tratamiento o que tengan un efecto tóxico, agudo o crónico, sobre la salud

humana y/o la vida acuática del cuerpo receptor. Los parámetros de esta categoría son los siguientes:

Inorgánicos tóxicos

Aluminio	Cadmio	Níquel
Antimonio	Cobre	Plata
Arsénico	Cromo hexavalente	Plomo
Bario	Cromo total	Selenio
Berilio	Fierro	Zinc
Boro	Manganeso	
Cianuros	Mercurio	

Orgánicos tóxicos

Benceno	Etil benceno	Paratión
BHC	Fenol	Pentaclorofenol
Clordano	Heptaclordano	Tetracloroetileno
DDE	Hexacloro benceno	Tolueno
Diclorobencenos	BCH-Lindano	Tricloroetano
1,2-Dicloroetano	2 y 4-Nitrofenol	

Radiactividad

Alfa total

Beta total

En aguas residuales de origen puramente doméstico, la concentración de estos parámetros se encuentra generalmente por debajo de los niveles que pueden ser

peligrosos para la vida acuática o inhibitorios de procesos convencionales de tratamiento, pero de existir descargas de origen industrial o escurrimientos superficiales de áreas verdes, zonas de cultivo o explotaciones mineras, sus niveles pueden ser peligrosos.

4.1.4 Contaminantes patógenos (P)

La lista de patógenos comprende agentes biológicos que afectan la salud pública o que son indicadores de contaminación por este tipo de agentes, e incluye los siguientes parámetros:

Coliformes fecales

Coliformes totales

Huevos de helmintos

4.2 EL AGUA.

Antes de describir los parámetros de calidad del agua es conveniente realizar un breve resumen de el agua.

El agua está en todas partes. En los océanos, mares, lagos y ríos, cubre tres cuartas partes de la superficie de la tierra; conjuntamente estas extensiones contienen más de 1350 millones de kilómetros cúbicos de agua. Y por debajo de la superficie, filtrándose por suelos y rocas, hay unos ocho millones más de kilómetros cúbicos de aguas subterráneas. En la atmósfera terrestre existen otros 12,500 kilómetros cúbicos de agua, casi toda ella en forma de vapor.

El agua es una sustancia inodora, incolora e insípida. Como sustancia química, es única: es un compuesto de gran estabilidad y solvente notable. Toma algo de casi todas las sustancias orgánicas, pero es poderosamente atraída por la mayoría de los materiales inorgánicos. A decir verdad, sus moléculas se adhieren unas a otras con más tenacidad que la de muchos compuestos.

Cuando la congelación la convierte en un sólido, se dilata en vez de contraerse como ocurre en casi todas las demás sustancias, y el sólido, más ligero, flota en el líquido, que resulta más pesado, impidiendo de esta manera que se congelen las aguas más profundas. Es capaz de absorber e irradiar más calor que la mayoría de las sustancias comunes.

Las características del agua derivan de su estructura molecular. La combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O) forma una molécula de una gran resistencia. Se requiere una gran energía para descomponer el agua.

El átomo de hidrógeno tiene una sola "capa" alrededor de su núcleo, y aunque dicha capa contiene un solo electrón, hay espacio para dos. La capa exterior del

átomo de oxígeno, con cabida para ocho electrones, solo contiene seis. Estas capas a medio llenar no son estables: sus electrones, energéticos guardan un precario equilibrio, y se unen rápidamente a otros para llenar el vacío en su capa. Y la capa llena constituye la forma estable, que resiste firmemente.

El átomo de oxígeno puede llenar su capa con la adición de los electrones de dos átomos de hidrógeno. Al mismo tiempo, dos electrones del átomo de oxígeno se unen a las capas de los átomos de hidrógeno, llenándolas. Es decir, los tres átomos comparten sus electrones, dando así a la molécula del agua su notable estabilidad.

El enlace covalente es la base de otras características del agua: su poder como solvente. Esta cualidad se debe a la forma de la molécula. Cuando dos átomos de hidrógeno se unen a uno de oxígeno, la unión produce una molécula de forma irregular, pues los átomos de hidrógeno quedan a los lados del átomo de oxígeno, y en un ángulo de 105° uno de otro. Uno de los efectos de esta estructura es la desigual distribución de las cargas eléctricas. El lado de hidrógeno de la molécula de agua tiene una carga positiva, mientras que la carga del lado del oxígeno es negativa, con lo que la molécula se convierte en una estructura bipolar, es decir, el equivalente de una barra imantada: cada uno de sus lados tiene diferente carga.

Toda estructura bipolar reacciona a las cargas eléctricas de manera muy parecida a como lo hace el imán a la atracción magnética. Su lado positivo será atraído por cargas negativas, y el negativo, por cargas positivas.

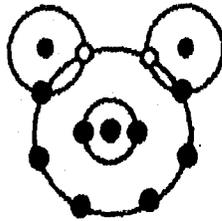
En dichas sustancias, los átomos no se mantienen unidos por enlaces covalentes, sino por la simple atracción eléctrica. La sal de mesa (cloruro de sodio) es un ejemplo. En este compuesto, cada átomo lleva cargas eléctricas opuestas que por

lo mismo, se atraen mutuamente manteniendo unida así la molécula de sal, que se desintegrará si se interrumpe esta atracción entre los átomos cargados, o iones.

Si una molécula de agua empieza a abrirse camino entre los dos iones que forman la sal, su efecto bipolar anulará parcialmente la atracción eléctrica entre estos iones. Y este debilitamiento de la atracción permite que los iones se separen, dejando mayor espacio para el agua. Es así como el agua se abre camino entre estos iones, anula su atracción mutua y los separa; entonces, los iones separados quedan rodeados por el agua: es decir, disueltos. Muchos compuestos unidos por este simple enlace eléctrico, llamado enlace iónico, se disuelven fácilmente en el agua.

De todas las sustancias naturalmente presentes en la superficie de la Tierra, el agua es la que más se aproxima a la categoría de solvente universal. En realidad, constituye un solvente tan bueno, que es raro hallar agua perfectamente pura, si es que en realidad existe. La lluvia misma, al condensarse y descender, disuelve materiales tales como los gases atmosféricos. Y dondequiera que cae disuelve también otras sustancias.

Molécula de agua



4.3 PARAMETROS DE ESTUDIO.

A continuación se describe cada uno de los parámetros de calidad del agua elegidos para este estudio y se muestra además su importancia a nivel sanitario.

La lista de parámetros es la siguiente:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
Potencial de Hidrógeno (pH)
Temperatura
Color
Oxígeno Disuelto (OD)
Conductividad
Grasas y Aceites
Sólidos Sedimentables
Sólidos Totales
Sólidos Disueltos Totales
Cloruros
Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Nitrato
Nitritos
Boro
Alcalinidad
Acidez Total
Dureza Total
Dureza de Calcio
Dureza de Magnesio
Substancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)
Fosfatos
Hierro
Coliformes Totales

4.3.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La prueba analítica de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica biodegradable de una muestra de aguas residuales, por medio de una población microbiana heterogénea. Esta prueba es un procedimiento de bioensayos que comprende la medida del oxígeno consumido por los organismos vivos (principalmente bacterias) para utilizar como alimento dicha materia presente en un desecho en condiciones similares a las naturales. La degradación de la materia orgánica biodegradable efectuada por los organismos antes mencionados en condiciones aerobias, es llevada hasta una oxidación completa, es decir, hasta dióxido de carbono, agua y sales minerales.

La cantidad de oxígeno requerida para dicha oxidación se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días de incubación a 25° C.

Teóricamente se requiere un tiempo infinito para la oxidación biológica completa de la materia orgánica, pero para fines prácticos, la reacción se puede considerar completa a 20 días. Sin embargo un periodo de 20 días es grande para esperar resultados en la mayoría de los casos.

Se ha encontrado, por experiencia, que un porcentaje razonablemente grande de la DBO total se logra en 5 días, aproximadamente el 70-80% en aguas residuales domésticas e industriales, por consiguiente, el periodo de 5 días de incubación se ha aceptado como estándar.

La demanda de oxígeno de las aguas residuales y de los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales es ejercida por 3 clases de materiales:

- a) material orgánico carbonoso utilizable como fuente de alimento por los organismos aeróbicos;
- b) nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico que sirve como alimento a bacterias específicas;
- y
- c) ciertos compuestos químicos reductores (fierro ferroso, sulfitos, sulfuros y aldehídos) que reaccionan con el oxígeno disuelto molecular.

En aguas residuales domésticas, gran parte de la demanda de oxígeno se debe a la primer clase de materiales y se determina por la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno antes mencionada. En efluentes tratados biológicamente, una proporción considerable de la demanda de oxígeno es debida a la oxidación de los compuestos de la clase b) y también se incluyen en la prueba de DBO.

4.3.2 Potencial de Iones de Hidrógeno (pH).

El símbolo pH representa el "potencial de iones de hidrógeno" o "exponente de hidrógeno", y ha sido adoptado universalmente por la comodidad que presta para expresar la concentración de iones de hidrógeno, o más precisamente, de la actividad del ion hidrógeno, en moles por litro, sin necesidad de recurrir a anotaciones largas y complicadas; así por ejemplo, la concentración en dichos iones correspondientes a 1×10^{-8} , simplemente se indica $\text{pH} = 8$. La escala práctica del pH comprende del 0, muy ácido, al 14 muy alcalino con valor medio de 7 que corresponde a la neutralidad exacta a 25°C .

El uso de la expresión pH se puede prestar a confusión, y no debe olvidarse que a medida que su valor aumenta, hay una disminución de la acidez y visceversa. Además, se debe tener presente que pH es una función logarítmica, por lo que cada número entero que represente un valor de pH, corresponde a una

concentración en iones hidrógeno diez veces mayor que el entero inmediato siguiente, es decir, que una solución de $\text{pH} = 4$, contiene diez veces más iones hidrógeno que una de $\text{pH} = 5$.

Importancia sanitaria.

El pH es importante en todas las fases de la práctica de ingeniería sanitaria. En el campo de abastecimientos de agua, es un factor que debe ser considerado en la coagulación química, desinfección, ablandamiento del agua y control de la corrosión.

En el tratamiento de aguas residuales y desechos industriales en el que se emplean procesos biológicos, el pH debe ser controlado dentro de un ámbito favorable a los microorganismos.

Tanto un pH elevado como bajo es perjudicial, ocasionando la muerte de los peces y la esterilidad general en corrientes naturales, ya que modifica las poblaciones microbianas existentes. Los residuos de bajo pH son corrosivos para las estructuras de acero y concreto en los sistemas de conducción de agua o de alcantarillado. Afortunadamente, los valores extremos de pH en aguas residuales pueden ser neutralizados.

Los procesos químicos usados para coagular aguas residuales o desechos industriales, para secar lodos o para oxidar ciertas sustancias, como el ion cianuro, requieren que el pH sea controlado dentro de límites muy estrechos. Por estas razones y debido a las relaciones fundamentales que existen entre pH , acidez y alcalinidad es muy importante comprender tanto los aspectos teóricos como prácticos del pH .

4.3.3 Temperatura.

El concepto de temperatura se refiere a la propiedad termodinámica que determina la existencia o inexistencia de equilibrio térmico entre dos o más sistemas.

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

a) Es un elemento fundamental en el ciclo hidrológico, influyendo principalmente en la evaporación y transpiración.

b) La temperatura de los cuerpos de agua influye directamente en los procesos de autopurificación.

Un aumento de temperatura baja la capacidad de asimilación del agua y el calor acelera la velocidad con la que se ejerce la D.B.O.

A medida que aumenta la temperatura, los organismos requieren más oxígeno disuelto para existir.

c) La temperatura tanto del agua como del aire y otros factores climáticos, gobiernan la disipación de calor de los cuerpos de agua, lo cual es especialmente importante cuando éstos se encuentran sujetos a descargas térmicas.

d) La temperatura del agua es importante para la conservación de la vida acuática.

Cambios en la temperatura pueden alterar la velocidad de reproducción y

ciertos compuestos pueden ser más tóxicos a los organismos acuáticos a medida que aumenta la temperatura.

e) Parámetros físicos y químicos que tienen importancia sanitaria, tales como densidad, la conductividad, el pH, etc., son influenciados por la temperatura.

Bajo condiciones naturales (sin fuentes de contaminación térmica), el medio ambiente determina la temperatura de los cuerpos de agua. Estos pueden incrementar su temperatura principalmente por la radiación del Sol y de la atmósfera, y reducirla por los procesos de evaporación, conducción y radiación emitida. El balance de energía que se establece a través de estos mecanismos, y sus variaciones diurnas y estacionales, ocasionan oscilaciones en la temperatura de los cuerpos de agua que pueden predecirse.

Importancia sanitaria.

Desde el punto de vista sanitario merece especial consideración los efectos de la temperatura en los procesos de autpurificación. La temperatura juega un papel fundamental en la autpurificación de los desechos orgánicos; afectando simultáneamente la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuelto y la rapidez de aereación; así como la proliferación de microorganismos patógenos que descomponen el agua y causan enfermedades a plantas y peces..

4.3.4 Color.

Usualmente cuando se habla de agua, suelen asociársele tres propiedades inherentes a ella: color, sabor y olor; considerando la primera de ellas es posible observar que el agua de uso doméstico e industrial tiene aceptación como

incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y se tiene el problema que no es aceptada desde el punto de vista estético, hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

Existe un color natural en el agua como producto de las partículas coloidales, pero este color es el resultado de la presencia de iones metálicos naturales como fierro y manganeso, también del contacto de desechos orgánicos tales como hojas, principalmente de coníferas y madera en diferentes estados de descomposición, así como extractos vegetales de gran variedad. El origen de la presencia de color en el agua puede deberse a materia suspendida y en solución llamada "color aparente" y "verdadero" una vez que se ha eliminado la turbiedad.

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

Para la determinación del color se ha adoptado una medida estándar la cual es usada directa o indirectamente en la medida del color verdadero, así en ocasiones es necesario remover la materia suspendida, para lo cual se selecciona un sistema apropiado como la centrifugación.

Importancia sanitaria.

Las aguas que contienen coloración debida a sustancias naturales en descomposición, no son consideradas tóxicas o perjudiciales, pero normalmente la coloración adquirida por esa agua es amarillo-pardo y se tiene una aversión natural debido a las comparaciones antiestéticas que se le asocian. Así el abastecedor de agua debe proporcionar agua sana para evitar que los

consumidores recurran a otras fuentes de aprovisionamiento que pueden ser manantiales o pozos privados sin control sanitario y servir como focos de diseminación de organismos patógenos.

4.3.5 Oxígeno Disuelto (OD).

Todo organismo vivo depende de oxígeno en una forma u otra para mantener los procesos metabólicos que producen energía para su crecimiento y reproducción. Los procesos aerobios son de particular interés por su requerimiento de oxígeno libre.

Todos los gases de la atmósfera son solubles en el agua hasta cierto grado. Tanto el nitrógeno como el oxígeno están clasificados como poco solubles, su solubilidad está en proporción directa con sus presiones parciales. La solubilidad también depende de la temperatura así como de la cantidad de sólidos disueltos en el agua.

La solubilidad de oxígeno atmosférico en agua dulce va de 14.6 mg/l a 0° C hasta 7 mg/l a 35° C bajo una atmósfera de presión. Como es un gas poco soluble, su solubilidad varía directamente con la presión atmosférica a cualquier temperatura. Esta es una consideración muy importante en lugares de mucha altura. Porque las tasas de oxidación biológica aumenta con la temperatura y las demandas de oxígeno aumentan correspondientemente; las condiciones de temperaturas altas cuando el oxígeno disuelto es menos soluble, son de mayor preocupación para los ingenieros ambientales. Las condiciones críticas relacionadas con la deficiencia de oxígeno disuelto ocurren durante los meses de verano cuando la temperatura es alta y la solubilidad del oxígeno está en su mínimo. Por esta razón se acostumbra considerar un nivel de 8 mg/l de oxígeno disuelto como máximo durante las épocas críticas.

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

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

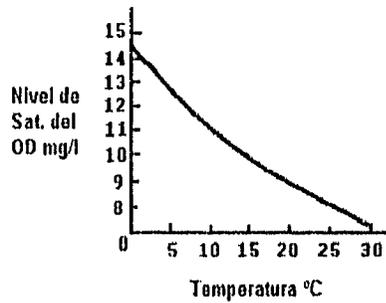
Importancia sanitaria.

En aguas residuales, el oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos se llevan a cabo por organismos aerobios o anerobios. Los primeros usan oxígeno libre para oxidar la materia orgánica e inorgánica y producen productos finales inocuos, mientras que los segundos logran la oxidación mediante la reducción de sustancia complejas, y los productos finales muchas veces generan olores desagradables. Como los dos tipos de organismos se encuentran ampliamente en la naturaleza, es muy importante mantener las condiciones favorables a los organismos aerobios, para evitar los desagradables resultados que provocan los organismos anaerobios.

La determinación del oxígeno disuelto es útil en el control de la contaminación de ríos. Es deseable mantener condiciones favorables para el incremento en la reproducción de la población de peces y otros organismos acuáticos. Sirve como base para la determinación de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y como tal es la determinación más importante para evaluar la capacidad contaminante de las aguas residuales.

El oxígeno es un factor importante en la corrosión del hierro y acero, particularmente en los sistemas de distribución y en calderas. Se remueve oxígeno del agua de calderas mediante tratamientos físicos y químicos, la determinación de OD sirve como prueba de control.

Gráfica de nivel de saturación del Oxígeno Disuelto, respecto a la temperatura.



4.3.6 Conductividad.

Las soluciones acuosas de ácidos, bases y sales se conocen como electrolitos y son conductores de electricidad. Los grados de conductividad eléctrica de estas soluciones depende de la naturaleza del electrolito, de su concentración y de la temperatura.

La capacidad de cualquier material, incluyendo a un electrolito, para conducir electricidad se expresa en función de la conductancia específica o conductividad en omhs recíprocos, es decir, en mhos. (Un mho es la recíproca de un ohm). Así, un centímetro cúbico de un material que tiene una resistencia de 10 ohms, tiene una conductividad de un décimo de mho.

La conductividad de la mayoría de los electrólitos en las variaciones de concentración y temperatura que normalmente se encuentra es bastante inferior a la unidad. Por esta razón, generalmente se usa el micromho, o la millonésima de un mho, para designar la conductividad electrolítica.

En el campo del tratamiento de aguas potables y de desecho, la solución que se analiza contiene generalmente una combinación de sales, ácidos y bases. La medición de la conductividad es, por lo tanto, la conductividad eléctrica total del agua.

Importancia sanitaria.

La medida de la conductancia eléctrica tiene las siguientes aplicaciones:

- a) Para conocer las variaciones de las concentraciones de los minerales disueltos en las muestras de aguas crudas o de desechos. Las variaciones mínimas encontradas en un abastecimiento de agua, contrastan grandemente con las fluctuaciones que prevalecen en algunas aguas de ríos contaminados. Las aguas domésticas que contienen cantidades significativas de desechos pueden también evidenciar una considerable variación diaria. Las mediciones de conductividad también ofrecen un medio para comprobar los resultados de un análisis químico.
- b) Las mediciones de conductancia hacen posible la determinación de la cantidad del reactivo necesario en ciertas reacciones de precipitación.
- c) Con frecuencia se puede estimar la cantidad de sólidos disueltos en una muestra de agua, multiplicando la conductancia específica por un factor

empírico, que regularmente varía entre 0.56 y 0.9 dependiendo de los componentes solubles del agua y de la temperatura en la medición.

4.3.7 Grasas y Aceites.

Aceites, grasas, ceras y ácidos grasos son las principales sustancias clasificadas como "grasa" en las aguas residuales domésticas.

El término "aceite" representa una amplia variedad de hidrocarburos de bajo a elevado peso molecular, de origen mineral, que abarca desde la gasolina hasta combustibles y aceites lubricantes. En adición, incluye todos los glicéridos de origen animal y vegetal que son líquidos a la temperatura ordinaria.

Aceites y grasas pueden estar presentes en el agua como emulsión de residuos industriales o fuentes similares, o en solución como una fracción ligera del petróleo.

Importancia sanitaria.

Diversos problemas son ocasionados por la grasa en el tratamiento de aguas residuales y el conocimiento de la cantidad presente en un desecho es útil para vencer las dificultades en la operación de la planta, para determinar su eficiencia y para controlar la descarga subsecuente de grasa en las corrientes receptoras. Además los aceites y grasas imparten al agua sabor y olor desagradables, afectando también el sabor de los peces para consumo.

La presencia de las grasas y aceites reduce transferencia de oxígeno por la película que forman sobre la superficie del agua, afecta la purificación del agua, y dependiendo del tipo y la cantidad pueden representar riesgo ambiental.

4.3.8 Sólidos.

La definición de sólidos se refiere a la materia que permanece como residuo después de evaporar y secar a 103-105 °C la muestra de agua. Todos los materiales que ejercen una presión de vapor significativa a tales temperaturas, se pierden durante los procesos de evaporación y secado. El residuo remanente representa sólo aquellos materiales de la muestra que tienen una presión de vapor a 105 °C. Por estas razones se desea, para aguas potables, un límite de 500 mg/l de residuo.

Debido a la amplia variedad de materiales inorgánicos y orgánicos encontrados en los análisis para sólidos, las pruebas son de carácter empírico y relativamente simples para efectuarse. La naturaleza química y física del material en suspensión, el tamaño del poro del filtro, el área y espesor del borde del filtro y la cantidad y estado físico de los materiales depositados en él, son factores principalmente comprendidos.

Por lo tanto, las determinaciones de sólidos no están sujetas a los criterios usuales de exactitud.

4.3.8.1 Sólidos totales.

Este término se aplica al material que queda en un recipiente previamente tarado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y del secado subsecuente a una temperatura definida.

En casos en que se necesite ablandar el agua, el tipo de procedimiento usado puede ser dictado por el contenido de sólidos totales ya que los métodos

deprecipitación disminuyen los sólidos y los métodos de intercambio iónico los aumentan.

4.3.8.2 Sólidos disueltos.

La cantidad y naturaleza de la materia disuelta e insoluble que se presenta en los líquidos varía enormemente. En aguas potables, la mayoría de la materia está en forma disuelta y consiste principalmente en: sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos.

Las determinaciones de las cantidades de materia disuelta e insoluble se efectúan haciendo pruebas en las porciones de muestras filtradas y no filtradas.

Una rápida estimación del contenido de sólidos disueltos en una muestra de agua puede ser obtenida midiendo la conductividad específica. Tal medida indica la capacidad de una muestra para conducir la corriente eléctrica, la cual a su vez está relacionada con la concentración de las sustancias ionizadas en el agua. Aunque su medida se ve afectada por la naturaleza de los diversos iones y sus concentraciones relativas, tal medida puede dar una estimación práctica de las variaciones en el contenido mineral disuelto de un abastecimiento de agua dado. Por consiguiente, por el uso de un factor empírico, la conductividad específica puede permitir una estimación aproximada del contenido mineral disuelto de la muestra de agua.

4.3.8.3 Sólidos sedimentables.

Este término se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentan por influencia de la gravedad; sólo se sedimentan los sólidos suspendidos más gruesos con un peso específico mayor que la del agua. Los lodos son

acumulaciones de sólidos sedimentables. Su medida es importante en ingeniería práctica para determinar la conducta física de las corrientes residuales que entran a las masas de agua naturales.

La determinación de sólidos sedimentables tiene aplicaciones muy importantes. Primero se usa extensamente en el análisis de aguas residuales industriales, para determinar la necesidad y el diseño de tanques de sedimentación primaria en plantas que emplean procesos de tratamiento biológico. La prueba se usa, también en forma amplia, en operación de plantas de tratamiento de aguas residuales para determinar la eficiencia de las unidades de sedimentación.

Importancia sanitaria.

Aguas con alto contenido de sólidos pueden ser laxantes, son inferiores en cuanto a sabor, y pueden ocasionar otras molestias en personas no acostumbradas a su ingestión.

4.3.9 Cloruros.

Los cloruros son aniones que están presentes en el agua en diversas concentraciones y normalmente se incrementa con el contenido mineral. En las montañas y en tierras elevadas los abastecimientos de agua son bajos en cloruros, las aguas de los ríos y de los abastecimientos subterráneos generalmente tienen una concentración mayor.

El aumento de cloruros se debe a diferentes causas. El agua tiene un gran poder solvente, disolviendo los cloruros de los suelos y de las formaciones subterráneas. Por acción del viento y del oleaje se elevan gotas que son acarreadas tierra adentro, provocando la formación de pequeños cristales de sal como resultado de

la evaporación del agua; estas fuentes constantemente aumentan los cloruros tierra adentro, en donde se depositan. Debido a su mayor densidad las aguas salinas de mares y océanos, fluyen río arriba mezclándose con las aguas dulces de estas corrientes receptoras.

La excreta humana, particularmente la orina, contiene cloruros en cantidad aproximadamente igual a la consumida en la alimentación, la cantidad promedio es casi de 6 gr. por persona al día, incrementándose casi hasta 15 mg/l en las aguas residuales. Las descargas industriales elevan mucho la cantidad de cloruros.

Importancia sanitaria.

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

4.3.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno, necesaria para oxidar los componentes de un agua residual recurriendo a reacciones puramente químicas.

Una de las principales limitaciones de esta prueba es su incapacidad para diferenciar la materia orgánica biológicamente oxidable de la inerte. Además, no

proporciona una evidencia de la velocidad a la cual el material biológicamente activo se estabilizaría en las condiciones que existen en la naturaleza.

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

No es posible establecer relaciones fijas entre la DBO y la DQO antes de que una muestra dada haya sido determinada por ambos parámetros.

Solo se podrá establecer si la muestra está compuesta principalmente por sustancias oxidables por ambos procedimientos.

Importancia sanitaria.

La demanda química de oxígeno es un parámetro importante y rápido para determinar el grado de contaminación de corrientes, aguas residuales industriales y para el control de las plantas de tratamiento de aguas de desecho. Junto con las pruebas de DBO, la DQO es útil para determinar la presencia de sustancias tóxicas y de sustancias orgánicas resistentes a la biodegradación.

4.3.11 Nitritos y Nitratos.

Los diferentes tipos de nitrógeno son de gran interés, debido a la importancia que tienen en los procesos de la vida de plantas y animales.

En forma sencilla el ciclo del nitrógeno puede expresarse de la siguiente forma: Los seres vivos necesitan asimilar nitrógeno, las plantas lo toman del suelo en forma de nitratos o directamente de la atmósfera, lo transforman y elaboran proteínas que sirven de alimento a los animales. Los desechos, cadáveres de

vegetales y de animales son reducidos por bacterias para formar nitrógeno amoniacal y después transformado en nitrato, pasando antes por nitrito.

Los desechos humanos y animales transportados por las aguas residuales contienen nitrógeno en forma orgánica. En condiciones aerobias, las bacterias convierten al amoníaco a nitritos, y aprovechando la energía generada en tal oxidación los nitritos son oxidados a nitratos.

En condiciones anaeróbicas los nitratos y nitritos son reducidos mediante un proceso llamado desnitrificación. Los nitratos son reducidos a nitritos y a continuación se efectúa la reducción de los nitritos. Muchas bacterias reducen los nitritos a amoníaco; la mayoría de ellas lo reducen a nitrógeno gaseoso el cual escapa a la atmósfera. La ventaja de la desnitrificación, es la eliminación de nitrógeno de los desechos, cuando esto es requerido para la prevención del crecimiento indeseable de algas y otras plantas acuáticas en cuerpos de agua receptores.

Importancia sanitaria.

Trabajos químicos con agua recientemente contaminada muestran que mucho del nitrógeno se encuentra en forma orgánica (proteínas) y amoníaco.

A medida que pasa el tiempo el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente en nitrógeno amoniacal y posteriormente si se encuentra en condiciones aerobias se oxida en nitritos y nitratos.

La presencia del nitrato en el agua de beber no es considerada dañina para los niños o adultos, pero sí puede ser peligrosa en el caso de niños menores de 6 meses. Hasta esta edad los bebés no han desarrollado ácido clorhídrico en sus

jugos gástricos por lo que su pH es lo suficientemente alcalino permitiendo que las bacterias reductoras de nitratos reduzcan a nitritos; si se alimenta con una leche preparada con agua que contenga de 10 a 20 mg/l de nitratos, existe la posibilidad de que se presente la metahemoglobinemia, ya que el nitrito convierte la hemoglobina en metahemoglobina que es incapaz de conducir oxígeno a las células.

Los nitritos pueden estar en el agua como resultado de la descomposición biológica de los materiales protéicos. Cuando está relacionado con otros tipos de Nitrógeno, puede indicar contaminación orgánica.

4.3.12 Boro

Es un elemento químico capaz de encontrarse en el agua, en concentraciones menores de 30 partes por millón (p.p.m.) es tolerable en el agua potable. En bajas concentraciones el boro es adecuado para el mantenimiento de la vida vegetal, pero si excede el valor de 1 p.p.m. es nocivo en el desarrollo de algunas plantas como los cítricos.

En concentraciones altas produce vómito persistente, diarrea, baja de presión arterial y afecta al sistema nervioso central.

4.3.13 Alcalinidad.

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

La alcalinidad varía con el lugar de procedencia del agua, presentando desde unos cuantos mg/l hasta varios cientos. Las aguas residuales domésticas tienen regularmente una alcalinidad ligeramente mayor que el agua de la que provienen, pero un incremento anormal en ella en relación con el agua de la que provienen o con la corriente receptora, indica que se está descargando un desecho industrial en el sistema de alcantarillado o en la corriente.

Aunque son muchos los materiales que pueden contribuir a la alcalinidad en las aguas naturales o tratadas, se debe principalmente a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos presentes.

Importancia sanitaria.

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

4.3.14 Acidez.

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

El bióxido de carbono es un componente normal de las aguas naturales que lo toman de la atmósfera cuando la presión parcial de CO_2 en el agua es menor que en la atmósfera. Otra fuente de CO_2 es la descomposición biológica de la materia orgánica, que en su etapa final lo produce.

Importancia sanitaria.

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

4.3.15.1 Dureza.

Es una característica del agua, debida principalmente a su contenido de carbonatos y sulfatos, y ocasionalmente a los nitratos y cloruros, de calcio, magnesio y hierro que hace que el jabón forme grumos en el agua, que consume más jabón y que se provoquen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calderas, evaporadores, intercambiadores de calor y otras unidades en las cuales la temperatura del agua es incrementada.

La aplicación de detergentes sintéticos ha disminuido notablemente las desventajas de las aguas duras en el hogar, no así en aquellos usos en los que se prefiere el jabón como es la higiene personal.

La dureza es una característica del agua que representa la concentración total de iones de calcio y magnesio expresados como CaCO_3 , así su clasificación es de la siguiente forma:

0 - 75 mg/l CaCO_3	Suave
75 - 150 mg/l CaCO_3	Poco dura
150 - 300 mg/l CaCO_3	Dura
mas de 300 mg/l CaCO_3	Muy dura

La dureza del agua refleja la naturaleza de las formaciones geológicas que ha atravesado, por eso las aguas varían su dureza de un lugar a otro, siendo las superficiales menos duras que las subterráneas.

La dureza se origina al contacto del agua con los suelos de formaciones rocosas y en áreas donde la capa vegetal del suelo es gruesa y hay calizas presentes, así las aguas poco duras o suaves, se originan en áreas en donde la capa vegetal es delgada y escasean o no hay calizas.

Además de la dureza total, en ocasiones es necesario conocer los tipos de dureza presente.

4.3.15 Dureza de calcio y magnesio.

Los iones de Ca^{++} y Mg^{++} causan la mayor parte de la dureza de aguas naturales. Para poder calcular la cantidad de cal requerida en el proceso de ablandamiento de cal-carbonato de sodio es necesario conocer la dureza de calcio y magnesio por separado. Como no siempre se cuenta con un análisis completo del agua, se puede recurrir a la medición de la dureza por Ca^{++} y restar ésta de la dureza total para obtener la dureza por Mg^{++} .

Esto es:

$$\text{Dureza total} - \text{Dureza } \text{Ca}^{++} = \text{Dureza } \text{Mg}^{++}$$

esto da buenos resultados porque la mayor parte de la dureza corresponde a estos dos iones.

Importancia sanitaria.

Para el consumo humano, las aguas duras son tan satisfactorias como las suaves, ya que no hay acumulación de sales. Pero sí presentan problemas en la industria por las incrustaciones que ocasiona en el equipo que está en contacto directo y a altas temperaturas con el agua; esto ha hecho necesario el diseño de tratamientos especiales para la remoción de la dureza. Otro inconveniente del agua dura es el excesivo consumo de jabón lo que genera una desventaja económica, además de que aumenta la concentración de detergentes en aguas residuales.

4.3.16 Sustancias Activas al Azul de Metileno (S.A.A.M.).

Los agentes tensoactivos son grandes moléculas orgánicas, ligeramente solubles en agua que causan espumas en las plantas de tratamiento, así como en las aguas a las que se vierten efluentes residuales. Durante la aireación del agua residual, estos compuestos se acumulan sobre la superficie de las burbujas de aire causando por ello una espuma muy estable.

Antes de 1965, el tipo de agente tensoactivo presente en los detergentes sintéticos, llamados sulfonatos de alquibenceno (SAB), producía muchas dificultades por su resistencia a la descomposición por medios biológicos. Tras la entrada en vigor de la legislación de 1965 en E.U., el SAB fue sustituido en los detergentes por sulfonatos de alquilo lineales (SAL), que son biodegradables. Puesto que los agentes tensoactivos procedían principalmente de detergentes sintéticos, la formación de espuma se redujo en gran medida.

La determinación de los agentes tensoactivos se realiza midiendo el cambio de color en una solución normalizada de azul de metileno. Otro nombre con el que se

reconoce a los agentes tensoactivos es el de sustancias activas al azul de metileno (S.A.A.M.).

Importancia sanitaria.

Son muchas las dificultades causadas por un alto contenido de detergentes en aguas y aguas de desecho. En primer lugar es indeseable la formación de espuma en el agua desde el punto de vista estético, a su vez la toxicidad de los espumantes que contienen, representa un peligro a la flora y fauna acuática, considerándose además que estas aguas pueden ser utilizadas en la irrigación, contaminando suelos y cultivos. Otro problema es que la espuma dificulta la transferencia del oxígeno atmosférico con el agua, lo que también ocurre en las unidades de aereación de plantas de tratamiento. Además no permite la llegada de luz al agua evitando la fotosíntesis en las plantas acuáticas.

4.3.17 Fosfatos.

El fósforo se encuentra en las aguas naturales casi únicamente en forma de diversos tipos de fosfatos. Estas formas son comúnmente ortofosfatos (Na_3PO_4), fosfatos condensados (polifosfatos $\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$) y fosfatos orgánicos.

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

Cantidades mayores de los mismos compuestos pueden ser agregados cuando el agua se usa para el lavado u otro tipo de limpieza, puesto que estos materiales son constituyentes principales de muchas preparaciones comerciales de limpieza. Los ortofosfatos aplicados a la agricultura como fertilizantes, son llevados a las

aguas superficiales con las corrientes de desagüe y en menor grado con el deshielo. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en los procesos biológicos, por consiguiente llegan a las aguas de desecho como residuos de alimentos.

El contenido total de fosfatos en la muestra incluye todos los ortofosfatos y polifosfatos solubles y los fosfatos insolubles precipitados durante el almacenamiento.

Importancia sanitaria.

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

Los fosfatos se usan en abastecimientos de aguas públicas como un medio para controlar la corrosión. También para estabilizar el CaCO_3 en aguas de ablandamiento y evitar la recarbonatación.

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

Todos los lodos provenientes de los procesos de tratamientos aeróbicos y anaeróbicos contienen cantidades significativas de fósforo y estos se emplean

como fertilizantes. Así los detergentes contienen de 12 a 13% de fósforo, que equivale a un 50% de polifosfatos medidos como fosfatos, el empleo de estas sustancias se ha incrementado notablemente en el uso doméstico, agravándose el problema de su eliminación en las aguas residuales.

4.3.18 Hierro.

Tanto el hierro como el manganeso provocan serios problemas en los abastecimientos de agua subterráneas, pero también se presentan durante ciertas épocas del año en aguas provenientes de algunos ríos y presas.

El por que algunas fuentes subterráneas están relativamente libres de hierro y manganeso y otras contienen tanto, siempre ha sido una incógnita que no se ha podido explicar tomando en cuenta únicamente el punto de vista de la química orgánica.

El hierro existe en el suelo y los minerales, principalmente como óxido férrico que es insoluble. En algunas partes se encuentra como carbonato ferroso, que es ligeramente soluble. Como las aguas subterráneas frecuentemente contienen cantidades considerables de dióxido de carbono, se pueden disolver cantidades de carbonato ferroso (FeCO_3).

Pruebas que el hierro y manganeso entran a los abastecimientos de agua a través de cambios en las condiciones ambientales producidos por reacciones biológicas, provienen de las siguientes fuentes:

a) Aguas subterráneas que contienen cantidades apreciables de Fe y Mn siempre están exentas de oxígeno disuelto y tienen un alto contenido de dióxido de carbono. El alto contenido de CO_2 indica que hubo extensa oxidación bacteriana

de materia orgánica y la ausencia de oxígeno disuelto muestra que se produjeron condiciones anaerobias.

b) Pozos que han producido agua de buena calidad, baja en Fe y Mn, por muchos años, han llegado a producir agua de pobre calidad, cuando se han descargado residuos orgánicos en el suelo cerca del pozo provocando condiciones anaerobias en el suelo.

c) El problema del Fe y Mn en represas se ha correlacionado con embalses que se estratifican, pero se presenta únicamente en aquellos que llegan a tener condiciones anaerobias en las capas inferiores. El Fe y Mn solubilizados permanecen en las capas inferiores hasta que ocurre la inversión de otoño. Cuando esto sucede se distribuye por todo el embalse hasta que haya transcurrido suficiente tiempo para su oxidación y sedimentación por efectos naturales.

d) Se ha demostrado basándose en consideraciones termodinámicas, que Mn^{2+} y Fe^{3+} son los únicos estados de valencia estables de Fe y Mn en aguas que contienen oxígeno disuelto. Por consiguiente estas formas se pueden reducir a las solubles únicamente bajo condiciones altamente anaerobias.

Importancia sanitaria.

Hasta la fecha no se conocen efectos perjudiciales a la salud del hombre por beber agua que contenga Fe y Mn. Este tipo de agua, al entrar en contacto con el aire y absorber oxígeno se vuelve turbia e inaceptable desde el punto de vista estético, debido a la oxidación del hierro y manganeso que forman precipitados coloidales.

Tanto el fierro como el manganeso causan problemas en el lavado de la ropa, dado que la manchan al igual que la plomería y provocan dificultades en los sistemas de distribución al propiciar el desarrollo de las bacterias del fierro. El fierro también le imparte un sabor al agua que se percibe en concentraciones muy bajas, se recomienda como límite máximo 0.3 mg/l de Fe.

4.3.19 Coliformes.

El tracto intestinal del ser humano contiene innumerables bacterias en forma de bastoncillo, conocidas como organismos coliformes. Cada persona evacua de 100,000 a 400,000 millones de organismos coliformes por día, además de otra clase de bacterias.

Dado que el número de organismos patógenos presentes en las aguas residuales y aguas contaminadas son difíciles de aislar, los organismos coliformes, que son más numerosos y de determinación más sencilla, se utilizan como indicador. Su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos también pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades.

Los organismos patógenos encontrados en el agua residual pueden proceder de desechos humanos que estén infectados, o que sean portadores de una enfermedad determinada. Los organismos patógenos bacterianos usuales, que pueden ser excretados por el hombre, causan enfermedades del aparato gastrointestinal, tales como fiebres tifoideas o paratifoideas, disentería, diarreas y cólera. Dado que estos organismos son altamente infecciosos, son los responsables de muchas miles de muertes cada año en zonas con escasa sanidad, especialmente en los trópicos.

Los organismos patógenos que se encuentran en el agua residual se indican en la tabla No. 4.1.

Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. El uso de los coliformes como organismos indicadores es problemática debido a que la *Aerobacter* y ciertas *Escherichias* pueden crecer en el suelo. Por tanto, la presencia de coliformes no siempre significa contaminación con residuos humanos. Parece ser que las *Escherichias coli* son totalmente de origen fecal. Es difícil determinar la *E. coli* sin incluir los coliformes del suelo; como resultado de ello, todo el grupo coliforme se utiliza como indicador de la contaminación fecal.

Existen en la actualidad dos métodos aceptados para obtener el número de organismos coliformes presentes en un volumen de agua dado. La técnica del número más probable (NMP) se ha utilizado durante mucho tiempo y se basa en un análisis estadístico del número de resultados positivos y negativos obtenidos al hacer ensayos múltiples sobre fracciones de igual volumen y fracciones que constituyen una serie geométrica, para la presencia de organismos coliformes. Hay que hacer notar que el NMP no es la concentración absoluta de organismos que están presentes, sino solamente una estimación estadística de dicha concentración.

Importancia sanitaria.

Enfermedades relacionadas con el agua.

Antes de tratar en detalle las enfermedades hídricas, es conveniente delinear brevemente las principales características de las enfermedades infecciosas.

Todas las enfermedades requieren para su diseminación un foco de infección, una ruta de transmisión y la exposición de un organismo vivo susceptible a la enfermedad. Así, el control de la enfermedad se basa en curar a los pacientes, romper la ruta de transmisión y proteger a la población. Las medidas de ingeniería relacionadas con el control de las enfermedades tiene que ver esencialmente con la ruptura de la ruta de transmisión; y las medidas médicas se refieren a los otros dos eslabones de la cadena infecciosa.

Las enfermedades infecciosas humanas son aquellas en las que el patógeno pasa su vida en el hombre y sólo puede vivir corto tiempo fuera del cuerpo, donde el ambiente le es desfavorable. Este tipo de enfermedad se transmite por contacto directo, infección por gotitas o medios similares.

En las enfermedades no contagiosas el patógeno pasa parte de su ciclo de vida fuera del cuerpo humano, de modo que el contacto directo no es de gran importancia.

Hay una docena de enfermedades infecciosas, que se muestran en la tabla No. 4.2, en cuya incidencia puede intervenir como vector transmisor el agua. La causa de estas enfermedades puede tener su origen en bacterias, protozoarios o gusanos.

Su control y detención tiene como fundamento la naturaleza del agente causante, aunque es más útil tomar en consideración los aspectos relacionados con el agua en la diseminación de la infección.

Enfermedades transmitidas por el agua.

Las enfermedades hídricas más comunes ciertamente son de las que causan mayor daño a escala global y que se propagan por el agua contaminada con

heces u orina humanas. Con este tipo de enfermedad, la infección ocurre cuando el organismo patógeno llega al agua que consume una persona que no es inmune a la enfermedad. La mayoría de las enfermedades en esta categoría, el cólera, la tifoidea, la disentería bacilar, siguen una ruta clásica de transmisión fecal-oral y los brotes se caracterizan porque enferman simultáneamente a varias personas que toman de la misma fuente de agua. Debe observarse que aunque estas enfermedades pueden ser transmitidas por el agua, también se difunden por cualquier otra ruta que permite la ingestión de la materia fecal de una persona enferma. La situación se complica aún más porque algunas personas pueden ser sólo portadoras de enfermedades como la tifoidea y no muestran signos exteriores de la enfermedad, pero su excreta contiene los patógenos. La detección de tales agentes portadores es prácticamente común entre los solicitantes de empleo en la industria relacionada con el abastecimiento de agua.

Enfermedades relacionadas en el agua.

Varias enfermedades tienen su origen en un patógeno que pasa parte de su ciclo de vida en el agua o en un huésped intermedio que vive en ella. Así la infección en el hombre no ocurre por la ingestión o contacto con el organismo excretado por un portador. La mayoría de estas enfermedades son causadas por gusanos que infectan al paciente y producen huevos que se descargan en las heces o en la orina. En este caso la infección ocurre por la penetración a través de la piel más bien que por el consumo del agua.

Tabla No. 4.1

Organismos patógenos encontrados normalmente en el agua residual.

Organismo	Enfermedad	Observaciones
Ascaris spp, Enterobius spp.	Nematodos	Constituye un peligro para el hombre; procede de efluentes de aguas residuales y de fangos secados y utilizados como fertilizantes.
Bacillus anthracis	Antrax	Se encuentra en el agua residual. Las esporas son resistentes al tratamiento.
Brucella spp.	Brucelosis Fiebre de malta en el hombre. Aborto contagioso en ovejas, cabras y ganado vacuno	Normalmente transmitida por leche infectada o por contacto. El agua residual es también sospechosa.
Entamoeba histolytica	Disentería	Se propaga por las aguas contaminadas y por los fangos usados como fertilizante. Es común en climas cálidos.
Leptospira icterohaemorrhagiae	Leptospirosis (Enfermedad de Weil)	Las ratas de alcantarilla son las portadoras.

Organismo	Enfermedad	Observaciones
Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis	Aislada en aguas residuales y ríos contaminados. El Agua residual es un posible modo de transmisión. Hay que tener cuidado con el agua residual de sanatorios
Salmonella paratyphi	Fiebre Paratifoidea Fiebre tifoidea.	Es común en el agua residual y en efluentes, en tiempo de epidemias.
Salmonella thypi	Fiebre tifoidea	Es común en el agua residual y en efluentes en tiempo de epidemias.
Salmonella spp.	Envenenamiento de la comida	Es común en el agua residual y en efluentes industriales.
Schistosoma spp.	Esquistosomiasis	Probablemente eliminada por un tratamiento efectivo del agua residual.
Shigella spp.	Disenteria bacilar	Las aguas contaminadas son la principal fuente de contaminación.
Taenia spp.	Solitaria	Sus huevos son muy resistentes; están presentes en el fango y en los efluentes del agua residual. Es peligroso para el ganado vacuno existente en tierras regadas o abonadas con fango.

Organismo	Enfermedad	Observaciones
Vibrio cholerae	Cólera	Transmitida por el agua residual y por aguas contaminadas.
Virus	Poliomielitis, hepatitis.	El modo exacto de transmisión es todavía desconocido. Se encuentra en efluentes procedentes de plantas de tratamiento biológico de aguas residuales.

Tabla No. 4.2

Principales enfermedades relacionadas con el agua.

Enfermedad	Tipo de relación con el agua.
Cólera Hepatitis infecciosa Leptospirosis Paratifoidea Tularemia Tifoidea Disentería amibiana Disentería bacilar Gastroenteritis	Transmitidas por el agua
Gusano de Guinea Esquistosomiasis	Desarrolladas en el agua

4.4. MUESTREO Y ANALISIS

Debido a la importancia del muestreo y el análisis del agua es necesario realizar un breve resumen de este tema.

A continuación se mencionará el objetivo del muestreo y en forma general los tipos de análisis que existen. No se tratarán a profundidad los análisis y el muestreo debido a lo extenso del tema, ya que para cada parámetro existen uno o varios tipos de análisis y la forma del muestreo dependerá para cada caso.

4.4.1 MUESTREO.

Para obtener un indicio verdadero de la naturaleza de un agua natural o residual es necesario asegurarse primero que la muestra es representativa de la fuente. Satisfecho este requisito, se deben desarrollar los análisis apropiados mediante procedimientos estándar y compara los resultados obtenidos por analistas diferentes.

La recolección de una muestra representativa de una fuente de calidad uniforme representa pocos problemas y la toma de una sola muestra es suficiente. También lo es una muestra aislada si el propósito es simplemente saber de inmediato si se ha cumplido con ciertos límites particulares. Sin embargo, la mayoría de las aguas crudas y aguas residuales son muy variables tanto en calidad como en cantidad y es poco probable que con una muestra aleatoria se obtenga un cuadro significativo de la naturaleza de la fuente. Para evaluar exactamente esta situación, es necesario, obtener una muestra compuesta por todas las muestras tomadas a intervalos conocidos durante cierto período y en proporción al caudal. Al mezclar las muestras individuales en proporción con los flujos apropiados se obtiene una muestra compuesta integrada. Se aplican procedimientos similares cuando se toman muestras de corrientes y ríos; con secciones de canales muy

grandes es necesario tomar muestras en varios puntos de la sección transversal y a diferentes profundidades.

El muestreo de descargas de agua residual de origen industrial puede ser aún más difícil, ya que con frecuencia éstas son intermitentes. En estas circunstancias es importante que se entienda completamente el tipo de las operaciones que producen la descarga para poder implementar un programa de muestreo apropiado y obtener así la imagen real de la descarga.

Cuando se diseña un programa de muestreo es importante establecer un nivel práctico y aceptable en las variaciones de los resultados en base al uso deseado. En forma ideal, todos los análisis se deben practicar inmediatamente después de la recolección de muestras, ya que entre más rápido se hagan, es más probable que los resultados sean una evaluación verdadera de la naturaleza real del líquido del sitio. Con características inestables, como gases disueltos, constituyentes oxidables o reducibles, los análisis deben efectuarse en el campo o tratar la muestra adecuadamente para fijar las concentraciones de los materiales inestables. Los cambios que ocurren al transcurrir el tiempo en la composición de una muestra se puede retardar si se almacena a baja temperatura (4° C); también se recomienda no exponerla a la luz. Entre más contaminada esté el agua es más corto el tiempo disponible para la toma de muestras y el análisis si se quiere evitar errores significativos.

4.4.2 ANALISIS.

Los análisis comunes en el campo del control de la calidad del agua se basan en principios analíticos relativamente directos. Los análisis cuantitativos se pueden efectuar por métodos gravimétricos, volumétricos o colorimétricos. Es posible determinar la presencia de ciertos constituyentes por medio de diferentes tipos de

electrodos y hay creciente interés en el desarrollo de técnicas automatizadas para el monitoreo continuo de parámetros importantes. Se debe reconocer que, debido a las bajas concentraciones de las impurezas en el agua, el trabajo de laboratorio frecuentemente es de naturaleza microanalítica, lo que requiere del uso de procedimientos cuidadosos.

4.4.2.1 Análisis gravimétricos.

Esta forma de análisis depende del peso de los sólidos que se obtienen de la muestra por evaporación, filtración o precipitación. Debido a que dichos pesos son pequeños, se requiere una balanza con divisiones de 0.0001 gr. y un horno de secado para eliminar toda la humedad de la muestra. Por todo esto, los análisis gravimétricos no son adecuados para efectuar pruebas en el lugar. Se aplican para determinar:

1. Sólidos totales y volátiles. Un volumen conocido de la muestra se vacía en un platillo de níquel previamente pesada; se evapora en baño maría, 103°C para aguas residuales y a 180°C para aguas potables, y se pesa nuevamente. El aumento en el peso se debe a los sólidos totales. La pérdida de peso al calcinar a 500°C representa los sólidos volátiles.
2. Sólidos en suspensión. Se filtra al vacío un volumen conocido de la muestra con un papel de fibra de vidrio previamente pesado con un tamaño de poro de 0.45 µm. Los SS totales están dados por el aumento del peso después del secado a 103°C y los SS volátiles son aquellos que se pierden al calcinar a 500°C.
3. Sulfato. Las concentraciones de sulfato mayores de 10 mg/l se determinan al precipitar sulfato de bario después de agregar cloruro de bario. El precipitado se filtra de la muestra, se seca y se pesa.

3. Sulfato. Las concentraciones de sulfato mayores de 10 mg/l se determinan al precipitar sulfato de bario después de agregar cloruro de bario. El precipitado se filtra de la muestra, se seca y se pesa.

4.4.2.2 Análisis volumétricos.

Muchas determinaciones en el control de la calidad del agua se pueden desarrollar con rapidez y exactitud por medio de análisis volumétricos; una técnica que depende de la medición de volúmenes de un reactivo líquido de concentración conocida. Los elementos para el análisis volumétrico son relativamente simples:

1. Una pipeta para transferir un volumen conocido de la muestra a un matraz cónico.
2. Una solución estándar del reactivo apropiado. Es conveniente hacer la concentración de la solución estándar para que 1 ml. de la solución sea químicamente equivalente a 1 mg. de la sustancia bajo análisis.
3. Un indicador para saber cuándo se alcanza al punto final de la reacción. Los indicadores, pueden ser electrométricos, de ácido-base, de precipitación, de adsorción y de oxidación-reducción.
4. Una bureta graduada para la medición exacta del volumen de solución estándar necesario para alcanzar el punto final.

Un ejemplo del uso de los análisis volumétricos se encuentra en la determinación de la alcalinidad y la acidez. Sólo con ácidos fuertes ocurre la neutralización a un pH de 7; con todas las otras combinaciones los puntos de neutralización se alcanzan entre pH de 8.2 y pH de 4.5. Los indicadores que más se utilizan para determinar la acidez y la alcalinidad de una muestra son la fenolftaleína (rosa por encima de un pH de 8.2, incolora por debajo de ese pH) y el anaranjado de metilo (verde por encima de un pH de 4.5 y púrpura por debajo de él).

determinación de Winkler de oxígeno disuelto (tiosulfato de sodio con almidón como indicador de adsorción) y en la determinación de DQO (sulfato amoniacal con Ferrolna como indicador de potencial de O-R).

4.4.2.3 Análisis colorimétricos.

Cuando se trata de bajas concentraciones, los análisis colorimétricos son muy apropiados y hay muchas determinaciones en el control de la calidad del agua que se pueden efectuar rápida y fácilmente con esta forma de análisis.

Para ser cuantitativo, un método colorimétrico debe basarse en la formación de un producto completamente soluble con un color estable.

El color producido se puede medir por varios métodos:

1. Métodos visuales

a) Tubos de comparación (tubos de Nessler). Se prepara un juego estándar de concentraciones de la sustancia bajo análisis y se agrega el reactivo apropiado. La muestra desconocida se trata de la misma manera y se compara hasta que coincida con los estándares mediante la observación de las soluciones contra fondo blanco. El procedimiento toma tiempo ya que los estándares se decoloran y deben prepararse de nuevo a ciertos intervalos.

b) Discos de color. En este caso los estándares están en la forma de una serie de filtros de vidrio debilmente coloreados a través de los cuales se observa una profundidad estándar de agua destilada o muestra sin los reactivos que forman el color. La muestra en un tubo similar se compara contra el disco de color y se selecciona la mejor coincidencia visual.

2. Métodos instrumentales

a) Absorciómetro o colorímetro. Este tipo de instrumento consiste de una celda de vidrio para la muestra a través de la cual pasa un rayo de luz de la lámpara de bajo voltaje. La luz que atraviesa la muestra la detecta una celda fotoeléctrica que registra la intensidad en una carátula calibrada.

b) Espectrofotómetro. Este es un instrumento más exacto, con el mismo principio básico que un absorciómetro pero con el empleo de un prisma para proyectar luz monocromática de la longitud de onda deseada. De esta manera se aumenta la sensibilidad y con instrumentos más completos se pueden llevar a cabo mediciones en las regiones del infrarrojo y ultravioleta así como en las bandas de onda de la luz visible.

Con ambos tipos de instrumentos se usa un testigo de la muestra sin el último reactivo que forma el color para fijar la posición cero de densidad óptica. Después se pone la muestra tratada en la trayectoria de la luz y se anota la densidad óptica. La curva de calibración que resulta de determinar la densidad óptica a partir de una serie de patrones conocidos para la longitud de onda óptima, se obtiene de libros de referencia analítica o por experimentación. En cualquier forma de análisis colorimétrico, es importante asegurarse que se ha alcanzado un desarrollo completo de color antes de hacer las mediciones y que se ha extraído toda materia en suspensión de la muestra. Como la sustancia suspendida impide la transmisión de luz, su presencia reduce la sensibilidad de la determinación y los resultados serán erróneos.

CAPITULO 5

EVALUACION DE RESULTADOS

5.1 NORMATIVIDAD.

El control de la contaminación y el establecimiento de la calidad del agua tiene su fundamento legal en las siguientes legislaciones:

- Ley de Aguas Nacionales.
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Ley General de Salud.
- Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua.
- Instructivo de condiciones particulares de descarga.
- Normas mexicanas de calidad del agua.

Para el presente estudio se muestran a continuación los valores máximos y mínimos de parámetros de calidad del agua permitidos en la descarga de aguas residuales a un cuerpo receptor. Así, como también se reproducen los valores a los que se debe sujetar la calidad del agua en función del uso al que se le pretenda dar.

5.1.1 Concentraciones permisibles para aguas residuales.

De acuerdo al instructivo para el establecimiento de condiciones particulares de descarga de aguas residuales, elaborado por la Comisión Nacional del Agua se tiene las siguientes consideraciones:

Para cada categoría de parámetros de calidad de agua se establecen varios conjuntos de niveles de concentraciones máximas permisibles, las cuales se determinan en función de cuatro condicionantes:

- La calidad esperada en los efluentes de plantas convencionales de diferentes niveles de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Las normas de calidad de agua generalmente aceptadas para distintos fines o reusos.
- La normatividad ambiental vigente, incluyendo las Normas Oficiales Mexicanas (N.O.M.), los Criterios de Calidad de Agua y los lineamientos internos de la C.N.A. para riego agrícola con aguas residuales.
- El incremento medio en la concentración de compuestos refractarios que causa el uso doméstico.

Para cada categoría de parámetros se fijan niveles de calidad desde el nivel menos riguroso, (nivel "0" cero, el cual no aplica ninguna restricción a los parámetros de la categoría correspondiente), al nivel más riguroso, por ejemplo "5" en el caso de los parámetros básicos.

Para cada parámetro se definen dos valores:

- a) Máximo instantáneo, en consistencia con la N.O.M. de calidad de agua existentes, es el que corresponde al análisis de una muestra simple; siendo ésta la que se toma ininterrumpidamente durante el período necesario para complementar un volumen requerido para el análisis, y de manera que resulte representativa de la descarga, en el sitio y en el momento del muestreo.

b) Máximo promedio diario que corresponde al valor que resulte de la mezcla de muestras simples en volúmenes proporcionales al caudal medio en el sitio y en el momento del muestreo.

5.1.2 Fijación de condiciones particulares de descarga (c.p.d).

Para definir las características que debe satisfacer el efluente de un tipo de descarga municipal en un cuerpo receptor, es necesario recurrir a la matriz básica para fijación de c.p.d. de efluentes municipales elaborada por la C.N.A. en el instructivo antes mencionado.

La matriz esta compuesta por un conjunto de celdas que definen las características que debe satisfacer el efluente.

Los números señalados en cada celda, corresponde a los niveles de las categorías contaminantes, sean: básicos, refractarios, tóxicos y patógenos, representados por las letras B, R, T y P, respectivamente.

Para encontrar la celda que define las c.p.d. del efluente es necesario considerar tres factores:

1. El tipo de cuerpo receptor ya sea: corriente superficial, lagos y embalses, cuerpos costeros y estuarios, acuíferos y humedales.

Definiéndose como:

Corriente superficial: Es el cuerpo de agua que corre por un cauce.

Lago o embalse : El vaso continental de propiedad federal de formación natural que es alimentado por una corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales,

independientemente que de o no origen a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una presa.

Cuerpos costeros: Cuerpo de agua situado en la zona litoral y afectado por acción de la marea. Puede ser:

- Laguna o estero: en caso de ser depósito.
- Estuario: que corresponde a la porción final de una corriente interior en su desembocadura al mar. Para propósito del instructivo se considera como estuario los 5 km. finales del cauce de la corriente previos a su desembocadura al mar.
- Mar abierto: resto de cuerpos costeros. Descarga subacuática, es aquella que se vierte en una zona cuya profundidad es superior a 1.5 veces la altura de la ola, que es la profundidad mínima para evitar que el material descargado retorne a la playa.

Humedales: Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y los terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos.

Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

2. El uso al que se le destina el agua: agrícola, acuicultura, abasto público, recreación, protección vida acuática, abrevadero y otros usos. Relacionado con la capacidad de dilución y autodepuración del cuerpo receptor.

El término de capacidad de dilución sólo es aplicable a corrientes superficiales y se define de la siguiente forma:

$$D = \frac{Q_{cr}}{Q_d}$$

Donde:

D = dilución

Q_{cr} = Caudal medio de la corriente receptora en estiaje.

Q_d = Caudal medio de la descarga de aguas residuales que son vertidas en la corriente receptora.

Se considera período de estiaje al período comprendido por los meses en los que la precipitación en cada uno de ellos es igual o menor al 5% del total anual.

Se considera una alta tasa de dilución cuando el valor de esta es mayor o igual a 5. Cuando el valor de la tasa de dilución es menor a 5 se considera de baja dilución.

Si el punto de vertimiento de la descarga a la corriente superficial está a una distancia no mayor de 50 km aguas arriba de un lago o embalse se considera que el cuerpo receptor es el lago o embalse.

En tanto, para lagos o embalses la capacidad de autodepuración está determinada por la profundidad media del vaso. Cuando un vaso tiene una profundidad media mayor o igual a 10 metros (situación en la que generalmente se presenta estratificación térmica que reduce la capacidad de autodepuración) se considera un embalse con baja capacidad de autodepuración. Si el embalse tiene una profundidad media menor a 10 metros se considera de alta capacidad de autodepuración.

La profundidad media (Z), se define de:

$$Z = \frac{V}{S}$$

Donde:

V = volumen de agua en el embalse al nivel máximo ordinario (N.A.M.O.).

S = superficie del embalse a esta elevación.

3. De acuerdo al número de habitantes de la población que descarga al cuerpo receptor y al porcentaje de aportación Industrial.

En el caso de las descargas de tipo municipal el porcentaje de aportación Industrial es importante y se determina con ayuda de la siguiente expresión:

$$P = \frac{(\sum Q_{mi}) \cdot 100}{Q_M}$$

Donde:

P = porcentaje de aguas residuales industriales.

$\sum Q_{mi}$ = Suma de las descargas de origen industrial.

Q_M = Caudal medio de la descarga municipal.

Si la población cuenta con sistema de drenaje combinado, el caudal medio de la descarga municipal Q_M , corresponderá al promedio vertido por ésta en los meses de estiaje.

La fijación de c.p.d. por medio del "instructivo para el establecimiento de condiciones particulares de descarga de aguas residuales" tiene ciertas restricciones y los casos no cubiertos en este instructivo comprenden:

Descargas municipales:

- a) Descargas originadas por las grandes urbes del país, con poblaciones superiores a 500,000 habitantes, así como de localidades turísticas con más de 100,00 habitantes.
- b) Descargas en zona fronteriza norte, en cuyo caso se aplicarán los criterios expresados en los convenios binacionales correspondientes.

Descargas industriales:

- a) Las descargas industriales cuyo método de disposición sea la infiltración a acuíferos que se empleen para abastecimiento público.

Descargas en general:

- a) Se exceptúan también las descargas de aguas residuales a acuíferos,

cuyo método de disposición no es infiltración superficial.

A continuación se reproducen las matrices básicas para la fijación de c.p.d. de efluentes municipales y de efluentes industriales, correspondientes a los años de 1994, 1999 y 2004. También se reproducen los cuadros de valores máximos permisibles correspondientes a los parámetros: básicos, refractarios, tóxicos (para descargas de tipo municipal e industrial) y patógenos.

Cuadro 5.1.1
Matriz básica para fijación de CPD de efluentes municipales 1994

CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES		CLASIFICACION EFLUENTES MUNICIPALES															
		2,500 a 10,000 habitantes				10,000 a 50,000 habitantes								> 50,000 habitantes			
						< 15% aportación industrial				> 15% aportación industrial							
		B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P
Corriente Superficial	Abasto público /recreación	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	1	2	3	1
	Protección vida acuática	0	0	0	0	2	1	0	0	2	1	4	0	1	2	4	1
	Riego agrícola /abrevadero baja dilución	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	2	2	1
	Riego agrícola /abrevadero alta dilución	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
	Otros usos baja dilución	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	2	2	1
	Otros usos alta dilución	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1
Lagos y Embalses	Abasto público /recreación	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	2
	Protección vida acuática	0	0	0	0	2	1	0	1	2	1	4	1	4	2	4	1
	Agrícola /abrevadero baja autodepuración	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	2	2	2
	Agrícola /abrevadero alta autodepuración	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	2	1	2
	Otros usos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	2	1	2	1
	Acuicultura	1	0	0	1	2	0	0	1	2	0	4	1	4	0	4	3
Cuerpos Costeros	Abasto público /recreación	1	0	0	1	2	0	0	1	2	0	3	1	4	0	3	2
	Protección vida acuática	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1	4	1	2	0	4	1
	Otros usos en lagos costeros y mar abierto	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2	0	2	1
Infiltración en acuíferos	Abasto público	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	2
	Otros usos	0	0	0	0	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	1
	Humedales	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	1

Cuadro 5.1.2
Matriz básica para fijación de CPD de efluentes municipales 1999

CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES		CLASIFICACION EFLUENTES MUNICIPALES															
		2,500 a 10,000 habitantes				10,000 a 50,000 habitantes				> 50,000 habitantes							
						< 15% aportación Industrial		> 15% aportación Industrial									
		B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P				
Corriente Superficial	Abasto público /recreación	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	1	2	3	1
	Protección vida acuática	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	4	0	1	2	4	1
	Riego agrícola /abrevadero baja dilución	1	0	0	0	2	1	0	1	2	1	2	1	4	2	2	1
	Riego agrícola /abrevadero alta dilución	1	0	0	0	2	1	0	1	2	1	1	1	2	1	1	1
	Otros usos baja dilución	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	2	0	1	2	2	1
	Otros usos alta dilución	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	2	1	1	1
Lagos y Embalses	Abasto público /recreación	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	2
	Protección vida acuática	1	0	0	0	2	1	0	1	2	1	4	1	4	2	4	1
	Agrícola /abrevadero baja autodepuración	1	0	0	0	2	1	0	2	2	1	2	2	1	2	2	2
	Agrícola /abrevadero alta autodepuración	1	0	0	0	2	1	0	1	2	1	1	1	1	2	1	2
	Otros usos	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	2	0	2	1	2	1
Cuerpos Costeros Estuarios	Acuicultura	1	0	0	1	2	0	0	1	2	0	4	1	4	1	4	3
	Abasto público /recreación	1	0	0	1	2	1	0	1	2	0	3	1	4	1	3	2
	Protección vida acuática	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	4	1	2	1	4	1
	Otros usos en lagos costeros y mar abierto	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	1
Infiltración en acuíferos	Abasto público	2	1	2	1	2	1	3	1	4	1	3	2	4	2	3	2
	Otros usos	1	0	0	0	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	1
	Humedales	1	0	0	1	2	1	0	1	2	1	3	1	4	2	3	1

Cuadro 5.1.3
Matriz básica para fijación de CPD de efluentes municipales 2004

CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES		CLASIFICACION EFLUENTES MUNICIPALES															
		2,500 a 10,000 habitantes				10,000 a 50,000 habitantes								> 50,000 habitantes			
						< 15% aportación industrial				> 15% aportación industrial							
		B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P
Corriente Superficial	Abasto público /recreación	2	1	0	1	3	1	3	1	3	1	3	1	4	2	3	1
	Protección vida acuática	2	1	0	0	3	1	4	0	3	1	4	0	4	2	4	1
	Riego agrícola /abrevadero baja dilución	2	1	0	1	3	1	2	1	3	1	2	1	4	2	2	1
	Riego agrícola /abrevadero alta dilución	2	1	0	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	2	1	1
	Otros usos baja dilución	2	1	0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	4	2	2	1
	Otros usos alta dilución	2	0	0	0	2	0	1	0	2	0	1	0	3	1	1	1
	Abasto público /recreación	2	1	0	1	3	1	3	1	3	0	3	1	5	2	3	2
	Protección vida acuática	3	1	0	1	3	1	4	1	3	1	4	1	5	2	4	1
Lagos y Embalses	Agrícola /abrevadero baja autodepuración	2	1	0	1	3	1	2	2	3	1	2	2	4	2	2	2
	Agrícola /abrevadero alta autodepuración	2	1	0	1	3	1	1	1	3	1	1	1	4	2	1	2
	Otros usos	2	1	0	0	2	1	2	0	2	1	2	0	3	1	2	1
	Acuicultura	2	0	0	2	3	0	4	2	3	0	4	2	4	1	4	3
Cuarpos Costeros	Abasto público /recreación	3	1	0	1	3	1	3	2	3	1	3	2	4	1	3	2
	Protección vida acuática	2	0	0	0	3	0	4	1	3	0	4	1	3	1	4	1
Estuarios	Otros usos en lagos costeros y mar abierto	2	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	3	0	2	1
Infiltración en acuíferos	Abasto público	3	1	2	2	4	1	3	2	4	1	3	2	4	2	3	2
	Otros usos	3	1	0	1	3	1	3	1	3	1	3	1	4	2	3	1
	Humedales	2	1	0	1	3	1	3	1	3	0	3	1	4	2	3	1

Cuadro 5.1.4
Matriz básica para fijación de CPD de efluentes industriales 1994

CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES		GRUPOS INDUSTRIALES																			
		Alimentos y bebidas				Azucarera				Textiles y cuero				Orgánicos básicos, resinas, fibras sintéticas y fertilizantes			Madera, productos de madera (excepto muebles), pulpa, celulosa y papel				
		B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P
Corriente Superficial	Abasto público /recreación	4	2	3	1	4	2	3	1	4	2	3	1	N	N						
	Protección vida acuática	4	2	4	1	4	2	4	1	4	2	4	1	4	2	4	1	4	2	4	1
	Riego agrícola /abrevadero baja dilución	4	2	2	1	A				4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1
	Riego agrícola /abrevadero alta dilución	A				A				A				A				A			
	Otros usos baja dilución	A				A				A				A				A			
	Otros usos alta dilución	A				A				A				A				A			
Lagos y Embalses	Abasto público /recreación	5	2	3	2	5	2	3	2	5	2	3	2	N	N						
	Protección vida acuática	5	2	4	1	5	2	4	1	5	2	4	1	5	1	4	1	5	2	4	1
	Agrícola /abrevadero baja autodepuración	4	2	2	2	A				4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2
	Agrícola /abrevadero alta autodepuración	A				A				A				4	2	1	2	A			
	Otros usos	A				A				A				A				A			
Cuerpos Costeros	Acuicultura	4	1	4	3	4	1	4	3	N				N				N			
	Abasto público /recreación	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	3	2
	Protección vida acuática	3	1	4	1	A				3	1	4	1	A				3	1	4	1
Estuarios	Otros usos en lagos costeros y mar abierto	3	0	2	1	A				3	0	2	1	A				A			
Infiltración en acuíferos	Abasto público	C				N				N				N				N			
	Otros usos	4	2	3	1	N				N				N				N			
Humedales		4	2	3	1	N				N				N				N			

Cuadro 5.1.4
Matriz básica para fijación de CPD de efluentes industriales 1994

CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES		GRUPOS INDUSTRIALES																				
		Farmacéutica, jabones, grasas, aceites, pinturas y plaguicidas				Petróleo, petroquímica y derivados				Minerales no metálicos			Productos metálicos, metálica básica, maquinaria y equipo			Industria de la electricidad gas y vapor						
		B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	B	R	T	P	
Corriente Superficial	Abasto público /recreación	N				N				N			N			4 2 3 1						
	Protección vida acuática	4	2	4	1	4	2	4	1	4	2	4	1	N			4 2 4 1					
	Riego agrícola /abrevadero baja dilución	4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4 2 2 1				
	Riego agrícola /abrevadero alta dilución	A				A				A			A			A						
	Otros usos baja dilución	A				A				A			A			A						
	Otros usos alta dilución	A				A				A			A			A						
		A				A				A			A			A						
Lagos y Embalses	Abasto público /recreación	N				N				N			N			5 2 3 2						
	Protección vida acuática	5	2	4	1	N				5	2	4	1	N			5 2 4 1					
	Agrícola /abrevadero baja autodepuración	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4 2 2 2				
	Agrícola /abrevadero alta autodepuración	A				A				A			4 2 1 2			A						
	Otros usos	A				A				A			A			A						
		A				A				A			A			A						
Cuerpos Costeros Estuarios	Acuicultura	4	1	4	3	N				4	1	4	3	N			N					
	Abasto público /recreación	4	1	3	2	N				4	1	3	2	4			1	3	2	4 1 3 2		
	Protección vida acuática	3	1	4	1	3	1	4	1	3	1	4	1	3	1	4	1	N				
	Otros usos en lagos costeros y mar abierto	3	0	2	1	A				A			A			A						
Infiltración en acuíferos	Abasto público	N				N				N			N			C						
	Otros usos	N				N				N			N			4 2 3 1						
Humedales		N				N				N			N			4 2 3 1						

Cuadro 5.1.4
Matriz básica para fijación de CPD de efluentes industriales 1994

CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES		GRUPOS INDUSTRIALES										
		Servicios			Industria de componentes eléctricos y electrónicos			Otros giros				
		B	R	T P	B	R	T P	B	R	T P		
Corriente Superficial	Abasto público /recreación	A			N			C				
	Protección vida acuática	A			N			C				
	Riego agrícola /abrevadero baja dilución	A			A			4 2 2 1				
	Riego agrícola /abrevadero alta dilución	A			A			3 2 1 1				
	Otros usos baja dilución	A			A			4 2 2 1				
	Otros usos alta dilución	A			A			3 1 1 1				
	Lagos y Embalses	Abasto público /recreación	5	2	3 2	N			C			
Protección vida acuática		5	2	4 1	N			C				
Agrícola /abrevadero baja autodepuración		A			A			4 2 2 2				
Agrícola /abrevadero alta autodepuración		A			A			4 2 1 2				
Otros usos		A			A			3 1 2 1				
Cuerpos Costeros	Acuicultura	A			A			4 1 4 3				
	Abasto público /recreación	A			N			C				
	Protección vida acuática	A			A			3 1 4 1				
Estuarios	Otros usos en lagos costeros y mar abierto			A			A			3 0 2 1		
Infiltración en acuíferos	Abasto público	N			N			C				
	Otros usos	N			N			C				
Humedales		N			N			C				

Significado:

- A Aplicación de NOM correspondiente
- N Evitar este tipo de descarga
- C Consultar a oficinas centrales

Cuadro 5.1.5
VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DEL GRUPO DE PARAMETROS BASICOS

Parámetro*	Nivel 0	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5	
		Promedio	Máximo instantáneo								
DBO5 total	---	150	180	75	90	60	75	30	45	10	15
DBO soluble	---	---	---	35	45	30	40	20	25	5	7
DQO	---	---	---	---	---	200	300	110	140	40	60
Sólidos Suspendedos Totales	---	125	125	75	90	60	75	30	40	10	15
pH (Unidad Ph)	---		6.0 - 9.0		6.0 - 9.0		6.5 - 8.5		6.5 - 8.5		6.5 - 8.5
Temperatura (° C)	---		CN ± 2 °								
Sólidos Sedimentables (ml / l)	---	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	0.5	1
Grasas y Aceites	---	35	50	10	15	10	15	10	15	5	10
Materia Flotante	---	Ausente	Ausente								
N amoniacal	---	---	---	---	---	10	15	20	30	2	3
N nitratos	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5	10
N total Kjendahl	---	---	---	30	42	30	42	30	42	6	10
Fósforo inorgánico como P	---	---	---	6	8	5	8	6	8	1	1.3
Substancias Activas al Azul de Metileno	---	---	---	10	15	6	10	6	10	3	5

* Concentraciones en mg/l, a menos que se indique lo contrario
CN . Condiciones Naturales

Cuadro 5.1.6
INCREMENTOS MAXIMOS PERMITIDOS DEL GRUPO DE PARAMETROS REFRACTARIOS

Parámetro*	Nivel 0	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	
		Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo
Fluoruros (mg/l)	-----	0.4	0.5	0.3	0.4	0.2	0.25
Sulfatos, (mg/l)	-----	30	36	23	28	15	18
* Relación de Absorción de Sodio RAS, (unidades RAS)	-----	2	2	2	2	1	1
Conductividad μ mhos / cm	-----	500	750	375	560	225	236
Dureza total (mg/l) como CaCO ₃	-----	100	120	70	84	40	48
Alcalinidad total, (mg / l como CaCO ₃)	-----	150	180	90	108	60	72

* Solo para uso de riego agrícola.

Cuadro 5.1.7a
VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DEL GRUPO DE PARAMETROS TOXICOS (municipal)

Parámetro*	Nivel 0	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
		Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo
Arsenico	-----	0.5	1	0.5	0.75	0.5	0.75	0.4	0.6
Bario	-----					10	15	0.1	0.15
Cadmio	-----	0.2	0.3	0.05	0.075	0.1	0.15	0.009	0.0135
Cromo hexavalente	-----	0.5	1	0.5	1	0.5	0.75	0.1	0.15
Cromo total	-----	1	1	-----	-----	1.5	1.5	-----	-----
Mercurio	-----	-----	-----	-----	-----	0.01	0.015	0.0001	0.00015
Niquel	-----	4	6	1	1.5	0.1	0.15	0.08	0.12
Plomo	-----	1	2	1	2	0.5	0.75	0.06	0.09

* Concentraciones en mg/l, a menos que se indique otra unidad

Cuadro 5.1.7b
VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DEL GRUPO DE PARAMETROS TOXICOS (industrial)

Parámetro*	Nivel 0	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
		Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo
Aluminio	-----	10	20	10	21	0.2	0.3	0.5	0.75
Antimonio	-----	2	3	0.5	0.75	1	1.5	0.9	1.35
Arsenico	-----	0.5	1	0.5	0.75	0.5	0.75	0.4	0.6
Bario	-----	-----	-----	-----	-----	10	15	0.1	0.15
Benceno	-----	-----	-----	-----	-----	0.1	0.15	0.05	0.075
Berilio	-----	-----	-----	-----	-----	0.0007	0.00105	0.01	0.015
BHC	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.00003	0.000045
BHC (LINDANO)	-----	-----	-----	-----	-----	0.315	0.4725	0.02	0.03
Boro	-----	14	21	3.5	5.25	10	15	0.09	0.135
Cadmio	-----	0.2	0.3	0.05	0.075	0.1	0.15	0.009	0.0135
Cianuro	-----	0.4	0.6	0.1	0.15	0.2	0.3	0.01	0.015
Clordano	-----	0.05	0.09	0.015	0.0225	0.0002	0.0003	0.0009	0.00135
Cobre	-----	4	6	1	1.5	10	15	0.03	0.045
Cromo hexavalente	-----	0.5	1	0.5	1	0.5	0.75	0.1	0.15
Cromo total	-----	1	1	-----	-----	1.5	1.5	-----	-----
DDE	-----	0.8	1.2	0.2	0.3	-----	-----	0.001	0.0015
Diclorobencenos	-----	-----	-----	-----	-----	4	6	0.1	0.15
1,2 Dicloroetano	-----	-----	-----	-----	-----	0.05	0.075	11	16.5
Etilbenceno	-----	-----	-----	-----	-----	14	21	5	7.5
Fenol	-----	-----	-----	-----	-----	0.01	0.015	0.6	0.9
Fierro	-----	100	150	25	37.5	3	4.5	0.5	0.75
Heptacloro	-----	0.4	0.6	0.1	0.15	0.00002	0.00003	0.005	0.0075
Hexaclorobenceno	-----	-----	-----	-----	-----	0.0001	0.00015	0.016	0.024
Manganeso	-----	-----	-----	-----	-----	1	1.5	-----	-----
Mercurio	-----	-----	-----	-----	-----	0.01	0.015	0.0001	0.00015
Niquel	-----	4	6	1	1.5	0.1	0.15	0.08	0.12

* Concentraciones en mg/l, a menos que se indique otra unidad

Cuadro 5.1.7b (continuación)
 VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DEL GRUPO DE PARAMETROS TOXICOS (industrial)

Parámetro*	Nivel 0	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
		Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo
2 Nitrofenol y 4 Nitrofenol	-----	-----	-----	-----	-----	0.7	1.05	0.02	0.03
Paration	-----	-----	-----	-----	-----	0.0003	0.00045	0.0004	0.0006
Pentaclorofenol	-----	-----	-----	-----	-----	0.3	0.45	0.005	0.0075
Plata	-----	-----	-----	-----	-----	0.5	0.75	0.02	0.03
Piomo	-----	1	2	1	2	0.5	0.75	0.06	0.09
Selenio (como selenato)	-----	0.4	0.6	0.1	0.15	0.1	0.15	0.08	0.12
Tetracloroetileno	-----	-----	-----	-----	-----	0.06	0.09	0.5	0.75
Tolueno	-----	-----	-----	-----	-----	143	214.5	0.6	0.9
1,1,1 Tricloroetano	-----	-----	-----	-----	-----	184	276	2	3
1,1,2 Tricloroetano	-----	-----	-----	-----	-----	0.06	0.09	2	3
Zinc	-----	6	12	6	12	50	75	0.9	1.35
Radioactividad :									
Alfa total (Bq/l)	-----	1	-----	1	-----	1	-----	0.9	1.35
Beta total (Bq/l)	-----	10	-----	1	-----	50	-----	0.9	1.35

* Concentraciones en mg/l, a menos que se indique otra unidad

Cuadro 5.1.8
VALORES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EL GRUPO DE PARAMETROS PATOGENOS

Parámetro*	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
		Máximo instantáneo	Máximo instantáneo	Promedio	Máximo instantáneo
Coliformes totales (NMP/100 ml)	—	10,000	1,000	70	*
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	—	1,000	200	14	**
Huevos de helminto (org/l)	—	—	2	1	2

- * No más del 10% de las muestras con más de 230.
- ** No más de 10% de las muestras con más de 43

5.2 EVALUACION DE CALIDAD DEL AGUA EN AFLUENTES.

Debido a la importancia de la Presa Valle de Bravo y la cantidad de habitantes de la localidad que es de 47,150, cercana a 50,000; para el presente estudio se considera una población mayor a 50,000.

Considerando una población mayor de 50,000 habitantes que descargan a un embalse empleado para abastecimiento público, la celda correspondiente de la matriz básica para fijación de c.p.d. de efluentes municipales 1994(cuadro 5.1.1), indica los siguientes niveles de parámetros en la descarga:

Parámetros básicos: nivel 4

Parámetros refractarios: nivel 2

Parámetros tóxicos: nivel 3

Parámetros patógenos: nivel 2

De acuerdo a los niveles establecidos anteriormente se tienen los valores máximos permisibles de los siguientes parámetros:

Valores máximos de parámetros básicos.

	Promedio	Máximo Instantáneo
DBO5 total	30	45
DBO soluble	20	25
DQO	110	140
S.S.T.	30	40
pH		6.5-8.5
Temperatura (°C)		CN+2
Sol. Sedimentables (ml/l)	1	1.5

Grasas y aceites	10	15
Materia flotante	Ausente	Ausente
Nitratos	----	----
S.A.A.M.	6	10

S.S.T.- Sólidos Suspendidos Totales

S.A.A.M.- Substancias Activas al Azul de Metileno

Concentraciones en mg/l, a menos que se indique otra unidad

Incrementos máximos permitidos del grupo parámetros refractarios.

	Promedio	Máximo instantáneo
Conductividad (μ mhos/cm)	375	560
Dureza total (mg/l como CaCO ₃)	70	84
Alcalinidad total (mg/l como CaCO ₃)	90	108
Cloruros (mg/l)	35	42

Valores máximos de parámetros refractarios.

Para obtener el valor máximo de descarga en parámetros refractarios es necesario añadir el valor correspondiente del cuadro 5.1.6 al valor obtenido de los análisis del agua de la fuente de abastecimiento para cada parámetro.

Parámetro	Concentración		Incremento		Concentración
	Promedio	Max. inst.	Promedio	Max. inst.	
Fuente					Descarga
Conductividad	131.5	375	560	506.5	691.5
Dureza total	132	70	84	202	216
Alcalinidad	56.15	90	108	146.15	164.15
total					
Cloruros	63	35	42	98	105

Valores máximos de parámetros tóxicos

	Promedio	Máximo Instantáneo
Boro (mg/l)	10	15
Hierro (mg/l)	3	4.5

Valores máximos de parámetros patógenos

	Promedio	Máximo Instantáneo
Coliformes totales (NMP/100 ml)	-----	1,000

Comparando los valores máximos de descarga autorizados por la C.N.A. y los resultados obtenidos del muestreo en los efluentes de la Presa, se puede apreciar que los contaminantes en los ríos no representan un peligro para el embalse ni para el uso al que se le destina el agua.

5.3 DETERMINACION DEL USO DEL AGUA.

Concentraciones máximas y mínimas para determinar el uso del agua en cuerpos receptores superficiales, aguas de estuarios y aguas costeras.

La clasificación de las aguas se determina en función de sus usos, características de calidad, y los valores máximos y mínimos permisibles de sustancias tóxicas en los cuerpos de agua.

Así, del Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua se reproducen a continuación las tablas para la determinación del uso del agua y la clasificación de estas.

Además, se incluyen las normas de la Comunidad Económica Europea para aguas superficiales de consumo potable y las normas de calidad para agua potable emitidas por la Secretaría de Salud y la Organización Mundial de la Salud.

Tabla no. 5.3.1
CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

Clase	Uso	pH	Temp. ° C	O.D.	Bacterias Coliformes N.M.P. (Organismos/100 ml)	Acidas y Grasas (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Turbiedad (U.T.J.)	Color (Escala - Platino Cobalto)	Olor y Sabor	Nutrientes Nitrógeno y Fósforo	Materia Flotante	Substancias Tóxicas
					Límite Mínimo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo
DA	Abastecimiento para sistemas de agua potable e industrial, alimenticia con desinfección única. Recreación (contacto primario) y libre para los usos DI, DII y DIII.	6.5	C.N.	4.00	200 fecales (b)	0.75	No mayor de 1000	10	20	Ausente	(c)	Ausente	(d)
		a 8.5	más 2.5 (e)										
DI	Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, filtración y desinfección) e industrial.	6.00 a 9.00	C.N. más 2.5 (e)	4.00	1000 fecales (e)	1.00	No mayor de 1500	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)
DII	Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora, fauna y usos industriales.	6.00 a 9.00	C.N. más 2.5	4.00	10,000 coliformes totales como promedio mensual; ningún valor mayor de 20,000 (h)	Ausencia de película visible	No mayor de 2000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)
DIII	Agua para uso agrícola e industrial.	6.0 a 9.00	C.N. más 2.5	3.2	1,000 (i) y libre para los demás cultivos	Ausencia de pel. vis.	(i)	C.N.	C.N. más 10		(c)	Ausente	(d)
DIV	Agua para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos).	5.00 a 9.50		3.2									(d)

pH Potencial de hidrógeno
O.D. Oxígeno disuelto
N.M.P. Número más probable
U.T.J. Unidades de turbiedad Jackson
mg/l miligramos por litro

C.N. Condiciones naturales
° C Grados centígrados

ANEXO DE LA TABLA No. 5.3.1

- (a) Máximo 30° C excepto cuando sea causada por condiciones naturales. Medida en la superficie fuera de la zona de mezclado, la cual se determinará de acuerdo con las características de descarga.
- (b) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.
- (c) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.
- (d) El criterio con respecto a sustancias tóxicas es el siguiente:

Ninguna sustancia tóxica sola o en combinación con otras estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua del cuerpo receptor en inadecuada para el uso específico a que se destinen.

La tabla no. 1a resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentra bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro avance tecnológico.
- (e) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 como mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.
- (f) No será permitido color artificial que no sea coagulable por tratamiento convencional.
- (g) Removible por tratamiento convencional.
- (h) 2,000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor mayor de 4,000.
- (i) Conductividad no mayor de 2,000 $\mu\text{mhos/cm}$. Si el valor de RAS es mayor de 6, la Secretaría de Recursos Hídricos fijará el valor definitivo.
- (j) Para riego de legumbres que se consuman sin hervir o frutas que tengan contacto con el suelo.

Tabla no. 1a

**VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUBSTANCIAS
TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES**

Límite máximo en miligramos por litro

Clasificación (tabla no. 1)	DA	DI	DII	DIII
Arsenico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	..
Boro	1.00	1.00	..	2.00
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.10	1.00
Cromo hexavalente	0.05	0.05	0.10	5.00
Mercurio	0.005	0.005	0.01	..
Plomo	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.20	0.02	..
Fenoles	0.001	0.001	1.00	..
S.A.A.M.	0.50	0.50	3.00	..
Plaguicidas				
Aldrin	0.017	0.017		
Clordano	0.003	0.003		
D.D.T.	0.042	0.042		
Dieldrin	0.017	0.017		
Endrin	0.001	0.001		
Heptaclo	0.018	0.018		
Epóxico de heptaclo	0.018	0.018		
Lindano	0.056	0.056		
Metoxiclo	0.035	0.035		
Fosfatos orgánicos con carbamatos	0.1	0.1		
Toxafeno	0.005	0.005		
Herbicidas totales	0.1	0.1		
Radioactividad Picocuries por litro				
Beta	1.00	1.00	1.00	
Radio	226	3	3	3
Estroncio	10	10	10	

Tabla no. 5.3.2
**CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE ESTUARIOS EN FUNCION DE SUS USOS Y
 CARACTERISTICAS DE CALIDAD**

Clave	Usos	pH	Temp. ° C	O.D. (mg/l)	Bacterias Coliformes N.M.P. (Organismos/100 ml)	Aceites y Grasas (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Turbiedad (U.T.J.)	Color (Escala - Platino Cobalto)	Olor y Sabor	Nutrientes Nitrógeno y Fósforo	Materia sedimen- table	Substancias Toxicas
				Límite Mínimo	Límite Máximo	(d)	(e)	(f)	(g)	(g)	(h)	(i) Ausente	(j)
EI	Explotación de moluscos para consumo directo y todos los demás usos.	8.5 a 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.00	70 promedio	(d)	(e)	(f)	(g)	(g)	(h)	(i) Ausente	(j)
EII	Recreación (contacto primario) y cualquier otro uso, excepto EI.	6.5 a 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.00	200 fecales (b)	(d)		(f)	(g)	(g)	(h)	(i) Ausente	(j)
EIII	Explotación pesquera y cualquier otro uso excepto los anteriores.	6.5 e 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.00	10, 000 coliformes totales como promedio mensual; ningún valor mayor de 20,000 .	(d)	(e)	(f)	(g)	(g)	(h)	(i) Ausente	(j)
EIV	Navegación y cualquier otro uso, excepto los anteriores	5.0 a 9.00		3.00		(d)					(h)	(i) Ausente	(j)

Los valores de la tabla se refieren a las aguas fuera de la zona de mezclada (k), excepto el correspondiente a temperatura.

pH Potencial de hidrógeno
 O.D. Oxígeno disuelto
 N.M.P. Número más probable
 U.T.J. Unidades de turbiedad Jackson
 mg/l miligramos por litro

C.N. Condiciones naturales
 ° C Grados centígrados

ANEXO DE LA TABLA No. 5.3.2

- (a) Medida en la superficie de la zona de mezclado (k).
- (b) No más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo), podrá exceder de 2,000 coliformes fecales.
- (c) Ningún valor deberá exceder de 20,000 coliformes totales.
- (d) Ningún aceite o producto de petróleo debe ser descargado en cantidades que:
 - I) Pueda ser detectado como una película visible, ó
 - II) Pueda causar manchas en peces y/o organismos invertebrados, ó
 - III) Forme depósitos de lodo aceitosos en la costa, ribiera o en el fondo del cuerpo receptor.
 - IV) Se vuelva tóxico.
- (e) No deberán hacerse cambios en la geometría de la cuenca o en las entradas de agua dulce, que puedan causar cambios permanentes en los patrones de comportamiento de la isohalina de $\pm 10\%$ de la variación anual.
- (f) Se aplicarán los siguientes límites:
 - C.N.+ 50%, si la turbiedad natural está entre 0 y 50 U.T.J.
 - C.N.+ 10%, si la turbiedad natural está entre 50 y 100 U.T.J.
 - C.N.+ 20%, si la turbiedad natural es mayor o igual que 100 U.T.J.
- (g) No deberá descargarse ningún efluente con estas características, a menos que se haya demostrado que no es perjudicial a la flora y fauna acuática ni impida el uso óptimo del cuerpo receptor.
- (h) No debe existir en cantidades tales que puedan provocar hiperfertilización.
- (i) Cualquier desecho susceptible de sedimentarse y que pueda ocasionar consumo de oxígeno, opacidad, o interferencia a los organismos bentónicos en su respiración o nutrición.
- (j) Se seguirá el siguiente criterio, para asignar de acuerdo con la tabla no.2a las concentraciones máximas permisibles de las descargas:

Se deberá determinar mediante bioensayos el límite medio de tolerancia de 96 hrs., de preferencia se harán bioensayos con flujo continuo, utilizándose la etapa de vida más sensible de las especies de importancia ecológica o económica, con los siguientes factores de aplicación.

- 1/100 para plaguicidas y metales.
- 1/20 para sulfatos
- 1/100 para todas las demás sustancias tóxicas.

(k) La zona de mezclado para cada descarga será de 1/3 del área y/o volumen en la selección considerada. Aquélla se ampliará hasta 2/3 del área y/o volumen, siempre y cuando las características de la descarga y del cuerpo receptor así como del número de descargas localizadas en la vecindad de la zona de mezclado así lo permitan. En todos los casos deberá quedar en el estuario una zona de paso libre para especies migratorias no menor que 1/3 del área y/o volumen en la sección considerada.

La tabla no. 2a resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo a la información disponible se encuentra bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

TABLA No. 2a

VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUBSTANCIAS TOXICAS EN ESTUARIOS

Arsénico	1.00
Cadmio	0.01
Cobre	0.05
Cromo hexavalente	0.01
Mercurio	0.005
Plomo	0.1
Fenoles	0.1
S.A.A.M.	0.05
Níquel	0.1
Zinc	10.0
Cianuro	0.02
Sulfuros	0.5
Fluoruros	0.5
Amoniaco	1.8
Cresoles	1.5

TABLA No. 2a (continuación)

PLAGUCIDAS

Aldrin	0.0004
BCH	0.02
Clordano	0.02
Endrin	0.002
Heptacloro	0.002
Lindano	0.002
D.D.T.	0.008
Dieldrin	0.003
Endosulfan	0.002
Metoxiclor	0.04
Perthane	0.03
TDE	0.03
Toxafeno	0.03
Coumaphos	0.02
Dursban	0.03
Fenthion	0.0003
Naled	0.03
Paration	0.01
Ronnel	0.05
Arsenicales	0.01
Naturales	0.10
Carbamatos	0.10
Derivados de 2,4 -D	0.10
Derivados de 2,4,5 -T	0.10
Derivados de triazina	0.10
Derivados de urea	0.10

Todas las concentraciones son en mg/l.

Tabla no. 5.3.3
**CLASIFICACION DE LAS AGUAS COSTERAS EN FUNCION DE SUS USOS Y
 CARACTERISTICAS DE CALIDAD ***

Clave	Usos	pH	Temp. ° C	O.D. (mg/l)	Bacterias Coliformes N.M.P. (Organismos/100 ml)	Aceites y Grasas	Transparencia	Color (Escala - Platino Cobalto)	Clor y Sabor	Materia Flotante	Substancias Toxicas
				Límite Mínimo	Límite						
C1	Cultivo de mariscos para consumo directo, y áreas de acuicultura y todos los demás usos.	C.N. ± 0.3	C.N. ± 10% (b)	90% de C.N. (c)	La concentración media deberá ser menor o igual a 70 (f)	(j)	(k)	(m)	(n)	Ausente	(n)
C2	Recreación con contacto primario y todos los demás usos, excepto C1.	C.N. ± 0.3	C.N. ± 10% (b)	90% de C.N. (d)	Menor que 1,000 (g)	(j)	(k)	(m)	(n)	Ausente	(n)
C3	Usos recreativos sin contacto primario y todos los demás usos excepto los anteriores.	C.N. ± 0.4	C.N. ± 10% (b)	90% de C.N. (d)	Menor que 2,000 (h)	(j)	(l)	(m)	(n)	Ausente	(n)
C4	Explotación pesquera de especies de escama y todos los demás usos, excepto los anteriores.	C.N. ± 0.4	C.N. ± 10% (b)	90% de C.N. (e)	La concentración media mensual será menor o igual a 10,000 (i)	(j)	(l)	(m)	(n)	Ausente	(n)

* Dichas características deberán obtenerse de muestras que permitan representar el área afectada por las aguas residuales, fuera de la zona inicial de mezclado (a).

pH Potencial de hidrógeno
 O.D. Oxígeno disuelto
 N.M.P. Número más probable
 U.T.J. Unidades de turbiedad Jackson
 mg/l miligramos por litro

C.N. Condiciones naturales
 ° C Grados centígrados

ANEXO DE LA TABLA No. 5.3.3

- (a) Se considerará zona de mezclado en aguas costeras al volúmen adyacente al sitio de descarga en el cual se mezclan las aguas residuales con las aguas costeras debido al momentum de descarga y a la diferencia en densidades.
- (b) Nunca podrá exceder de 32°C.
- (c) Nunca deberá ser menor que 4.0 mg/l.
- (d) Nunca deberá ser menor que 3.0 mg/l.
- (e) Nunca deberá ser menor que 5.0 mg/l.
- (f) No más del 10% del total de las en un período mensual deberá exceder de 230/100 ml.
- (g) No más del 20% del total de las muestras mes (5 muestras por lo menos) deberá exceder de 1000/100 ml; ni ninguna muestra simple tomada durante un período verificativo de 48 hrs., debe exceder de 10,000/100 ml.
- (h) No más del 20% del total de las muestras deberá exceder el valor considerado en un período mensual. Ni en un período verificativo de 48 hrs., podrá exceder de 10,000/100 ml.
- (i) No más del 20% del total de las muestras deberá exceder de 10,000/100 ml en un período mensual, ni ninguna excederá de 20,000/100 ml.
- (j) Ningún aceite o producto de petróleo debe ser descargado en cantidades que:
 - i. Pueda ser detectado como película visible, o
 - ii. Pueda causar manchas en peces y/o organismos invertebrados, o
 - iii. Forme depositos de lodo aceitoso en la costa o en el fondo del cuerpo receptor,
ó
 - iv. Se vuelva tóxico.
- (k) La media mensual de este parámetro no podrá disminuirse en más de una desviación estándar de la media determinada en el mismo período para los niveles naturales.
- (l) La media mensual de este parámetro no podrá disminuirse más de una y media veces la desviación estándar de la media determinada durante el

mismo período para los niveles naturales.

(m) No deberá descargarse ningún efluente con estas características a menos que se haya demostrado que no es perjudicial para el desarrollo de la vida acuática, la apariencia física o el uso óptimo del cuerpo receptor.

(n) Se seguirá el siguiente criterio, para asignar de acuerdo con la tabla 3a las concentraciones máximas permisibles de las descargas.

Se deberá determinar mediante bioensayos el límite medio de tolerancia, de 96 hrs. (TLm₉₆). De preferencia se harán bioensayos con flujo continuo, utilizándose la etapa de vida más sensible de las especies de importancia ecológica o económica, con el siguiente factor de aplicación.

1/20 para todas las sustancias tóxicas.

Cuando debido a la supervivencia de especies no sea posible determinar el TLm₉₆ se deberá calcular mediante la expresión:

$$TLm_{96} = \frac{170}{\log.(100-s)}$$

Donde:

s = porcentaje de supervivencia para el 100% de desecho.

La tabla 3a resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamento y estudio en varias partes del mundo.

TABLA No. 3a

**VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUBSTANCIAS TOXICAS
EN AGUAS COSTERAS**

Arsénico	0.10
Cadmio	0.001
Cobre	0.005
Cromo hexavalente	0.001
Mercurio	0.0005
Plomo	0.001
Fenoles	0.001
S.A.A.M.	0.001

TABLA No. 3a (continuación)

Níquel	0.008
Zinc	0.01
Cianuro	0.001
Amoniaco	0.1

PLAGUCIDAS

Aldrin	0.04
BCH	2.00
Clordano	2.00
Endrin	0.20
Heptacloro	0.20
Lindano	0.20
D.D.T.	0.60
Dieldrin	0.30
Endosulfan	0.20
Metoxiclor	4.00
Perthane	3.00
TDE	3.00
Toxafeno	3.00
Coumaphos	2.00
Dursban	3.00
Fenthion	0.03
Naled	3.00
Paration	1.00
Ronnel	5.00
Arsenicales	10.0
Naturales	10.0
Carbamatos	10.0
Derivados de 2,4 -D	10.0
Derivados de 2,4,5 -T	10.0
Derivados de triazina	10.0
Derivados de urea	10.0
Compuestos de ácido ftálico	10.0

Todas las concentraciones son en mg/l.

Tabla 5.3.4. Normas de la Comunidad Económica Europea para aguas superficiales de consumo potable.

Tipo de tratamiento	A 1		A 2		A 3	
	Límite guía	Límite obligatorio	Límite guía	Límite obligatorio	Límite guía	Límite obligatorio
Parámetro (mg/l excepto cuando se especifica)						
Unidades de pH	6.5-8.5		6.5-9.0		5.6-9.0	
Unidades de color	10	20	50	100	50	200
Sólidos suspendidos	25					
Temperatura °C	22	25	22	25	22	25
Conductividad (µmho/cm)	1000		1000		1000	
Olor NUD	3		10		20	
Nitrato (como NO ₃)	25	50		50		50
Fluoruro	0.7-1.0	1.5	0.7-1.7		0.7-1.7	
Hierro (soluble)	0.1	0.3	1	2	1	
Manganeso	0.05		0.1		1	
Cobre	0.02	0.05	0.05		1	
Cinc	0.5	3	1	5	1	5
Boro	1		1		1	
Arsénico	0.01	0.05		0.05	0.05	0.1
Cadmio	0.001	0.05		0.05	0.05	0.1
Cromo (total)		0.05		0.05		0.05
Plomo		0.05		0.05		0.05
Selenio		0.01		0.01		0.01
Mercurio	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001
Bario		0.1		1		1
Cianuro		0.05		0.05		0.05
Sulfato	150	250	150	250	150	250
Cloruro	200		200		200	
S.A.A.M.	0.2		0.2		0.5	
Fosfato (como P ₁₀₅)	0.4		0.7		0.7	
Fenol		0.001	0.001	0.005	0.01	0.1
Hidrocarburos		0.05		0.2	0.5	1
HFA		0.0002		0.002		0.001
Pesticidas		0.001		0.0025		0.005
DDO					30	
ODO	< 3		< 5		< 7	
Porcentaje saturación O.D.	> 70		> 50		> 30	
Nitrogeno (Bioduro)	1		2		3	
Amoníaco (como NH ₄)	0.05		1	1.5	2	4
Coliformes totales/100 ml	50		5000		50000	
Coliformes fecales/100 ml	20		2000		20000	
Escherichia	ausente en 5 litros		ausente en 1 litro			

Tipo de tratamiento:

A1 Tratamiento físico simple y desinfección

A2 Tratamiento normal físico y químico completo con desinfección

A3 Tratamiento intensivo físico y químico con desinfección

Tabla 5.3.6

Tabla comparativa de norma de calidad del agua emitida por la Secretaría de Salubridad y Asistencia el 2 de junio de 1953, Secretaría de Salud el 18 de enero de 1988 y la Organización Mundial de Salud en 1971 y 1984.

Caracteres Físicos	S.S.A.		O. M. S.		
	1953	1988	1971		1984
			Max. Recomendable	Max. Permisible		Norma
Turbiedad Esc. Silice	10	10	5	25	5
Color Esc. Pt-Co.	20	20	5	50	15 UCN
Sabor	Agradable	Caract.	No	No	Inofensivo
Aspecto	..	Líquido	..	..	..
pH	6.0-8.0	6.9-8.5	7-8.5	6.5-9.2	6.5-8.5
Olor	..	..	No	No	Inofensivo
Caracteres Químicos (mg/l)					
Alcalinidad Tot. como CaCO ₃	400	400	..	..	..
Aluminio	..	0.02	..	..	0.2
Arsénico	0.05	0.05	..	0.05	0.05
Bario	..	1	..	1	..
Cadmio	..	0.005	..	0.01	0.005
Calcio	..	0.05	..	0.05	..
Cloruro como Ión Cl-	..	0.05	..	0.05	0.1
Cobre	3	1.5	0.05	1.5	1
Cloro libre:					
en agua clorada no menos de	0.001	0.2	..	..	..
en agua sobroclorada no menos de	0.2	..	..	..	..
ni más de	1	1	..	..	..
Cromo hexavalente	0.05	0.05	..	0.05	0.05
Dureza total como CaCO ₃	300	..	100	500	500
Dureza de Calcio como CaCO ₃	..	300	..	..	..
No-Carbonatos, como CaCO ₃					
en aguas naturales, Fenoles	0.001	0.001	0.001	0.002	..
Hierro	0.3	0.3	0.1	1	0.3
Fluoruro como elemento	1.5	1.5	0.6	1.7	1.5
Magnesio	125	125	30	150	..
Manganeso	..	0.15	0.05	0.5	0.3
Mercurio	0.001	0.001	..	0.001	0.001
Nitrato como Nitrógeno	5	5	..	..	10
Nitrito como Nitrógeno	0.05	0.05	..	..	1
Nitrógeno orgánico	0.1	0.1	..	..	..
Nitroseno amoniacal	0.5	..	..	..	..
Oxígeno consumido (en					
media ácida	3	3	..	..	..
media básica	3	..	..	..	..
Sólidos totales, prof. 500	1000	..	500	1500	1000
Cloruros como Cl-, hasta	250	..	200	600	250

Caracteres Químicos	S.S.A.		O. M. S.		
	1953	1988	1971		1984
			Max. Recomendable	Max. Permisible		Norma
Sulfatos como SO ₄ =, hasta	250	250	200	400	400
Plomo	0.1	0.05	..	0.1	0.05
Selenio	0.05	0.05	..	0.01	0.01
S.A.A.M.	..	0.5	0.2	1	..
E.C.C.	..	0.3	0.2	0.5	..
E.C.A.	..	1.5	..	..	..
Caracteres Biológicos					
Coliformes totales:					
NMP/100 ml, o filtración en membrana	2	2	..	..	0 *
Coliformes fecales	0	0	..	..	0 *
Organismos de los grupos: coli y coliforme/litro	20	..	..	..	..

UCN Unidad de color natural
 ECC Extractable carbón-cloroformo
 ECA Extractable carbón-alcohol
 * Agua tratada entrando al sistema de distribución.

5.3.1 Determinación de uso del agua de la Presa.

Para determinar el uso del agua de la Presa Valle de Bravo se consideraron los siguientes aspectos y se siguió el procedimiento que a continuación se menciona.

- La presa Valle de Bravo es un cuerpo receptor superficial.
- El uso del agua es determinado por la comparación de los parámetros analizados en el centro de la presa y en la cortina, con los valores máximos y mínimos de los parámetros de calidad del agua contenidos en la tabla No.5.3.1 que se refieren a cuerpos receptores superficiales.

Tabla comparativa de parámetros analizados y concentraciones permitidas

Parámetro	Puntos de muestreo		Valores máx. y mín.			
	Cortina	Centro	DA	DI	DII	DIII
pH	8	8	6.5-8.5	6-9	6-9	6-9
Temp.	21	22	30 Máx.	30 Máx.	-----	-----
O.D.	7.5	7.6	4 Mín.	4 Mín.	4 Mín.	3.2 Mín.
Col. Tot.	30	210	200 Máx.	1,000 Máx.	10, 000	1,000-libre
G. y A.	2.2	2.7	0.76	1	A.P.V.	A.P.V.
Sól. Dis.	90	131	1,000 Máx.	1,000 Máx.	2,000 Máx.	1
Color	12	11	20	f	C.N.	C.N.+10
Boro	0.1	0.1	1	1	5	-----
S.A.A.M.	0.05	0.05	0.5	0.5	3	-----

pH	Potencial de hidrógeno
Temp.	Temperatura
O.D.	Oxígeno Disuelto
G. y A.	Grasa y Aceites
Sol. Dis.	Sólidos Disueltos
S.A.A.M.	Substancias Activas al Azul de Metileno
C.N.	Condiciones Naturales
A.P.V.	Ausencia de Película Visible

Como se puede apreciar en la tabla anterior la mayoría de los parámetros analizados entran dentro de la clasificación DA (abastecimiento para sistemas de agua potable e industrial, alimenticia con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos DI, DII, DIII), excepto los valores de los parámetros de Grasa y Aceites y el correspondiente al número de coliformes, por lo cual se otorga la siguiente clasificación (DI) como la más adecuada a la calidad del agua de la Presa.

Así, se determina que el agua de la Presa Vallo de Bravo es apta para abastecimiento de agua potable (con tratamiento convencional) e industrial, y se le asigna una clasificación DI.

5.4 Selección de tratamiento.

Una planta de tratamiento puede estar integrada por muchos procesos, incluyendo: pretratamiento, coagulación química, mezclado rápido, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

La determinación del tipo de tratamiento esta en función de varios factores como son:

1. Especificaciones del agua tratada.
2. Calidad del agua cruda y sus variaciones.
3. Condiciones y características locales.
4. Costos de los distintos procesos de tratamiento.

Las especificaciones del agua tratada y la calidad del agua cruda son los factores que por lo general tienen mayor influencia en la selección del proceso de tratamiento. En el caso de agua para consumo humano la disponibilidad de una fuente de agua cruda de alta calidad y con la suficiente capacidad para satisfacer las necesidades de una comunidad, ofrecen condiciones para que el proceso de tratamiento sea sencillo y de fácil operación y mantenimiento. Por otra parte si el agua tratada es destinada a otro uso, que no implique normas tan estrictas como son las de el agua potable, el tipo de tratamiento varia considerablemente, dando mayor o menor importancia a algún proceso en especial.

A continuación se muestra la tabla elaborada por la Comunidad Económica Europea para la selección del tipo de tratamiento adecuado para aguas crudas de diferente calidad y que son destinadas para consumo humano.

Las características particulares del lugar donde se pretende desarrollar el proyecto son de gran consideración, ya que por lo general la construcción de estas obras causan un gran impacto en la población de la zona. Las consideraciones que los ingenieros o proyectistas deben evaluar son:

1. Limitaciones de capital.
2. Disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada.
3. Disponibilidad de partes de equipo mayor, materiales de construcción y productos químicos para tratamiento de agua.
4. Conveniencia de los códigos locales, normas de calidad del agua potable y especificaciones de los materiales.
5. Influencias tradicionales locales, costumbres y cultura en general.
6. Influencia de las políticas nacionales de saneamiento y control de la contaminación.

Se debe considerar que en los países en desarrollo no se cuenta con la tecnología adecuada ni con los medios económicos suficientes, teniendo problemas en la capacitación del personal y la obtención de refacciones para la operación y mantenimiento de una planta de tratamiento.

Por ello se recomienda que los procesos de tratamiento sean sencillos, contruidos con materiales de la zona y, de preferencia de diseño y tecnología nacional apoyado en conocimientos y experiencias de otros países.

CONCLUSIONES

6.1 Propuesta de tratamiento.

Considerando la clasificación asignada (DI) a la Presa Valle de Bravo, apoyada en la tabla no. 5.3.1 del Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua. Se establece que el agua es adecuada para consumo humano siempre y cuando tenga este un tratamiento convencional, es decir, un tratamiento que incluya los procesos de coagulación, filtración y desinfección.

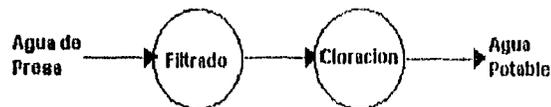
Además, con base en la tabla elaborada por la C.E.E. para aguas superficiales de consumo potable, se establece un tipo de tratamiento A2 que corresponde a un tratamiento normal físico y químico completo con desinfección.

Las dos tablas anteriores sugieren un tratamiento físico y químico con desinfección atendiendo a la calidad del agua de la Presa. Sin embargo, considerando que el agua de la Presa no contiene elementos tóxicos para el ser humano, y la cantidad de sólidos disueltos totales no excede las normas nacionales e internacionales, la aplicación del proceso químico en el tratamiento del agua resulta innecesario.

Una planta de tratamiento con un proceso químico como es el caso de la coagulación resulta sumamente costoso debido a la utilización de reactivos químicos inherentes al proceso, sin olvidar que se requiere de equipo y personal especializado.

Así, analizando la posibilidad de un sistema de tratamiento para agua potable que incluya solo el proceso físico y la desinfección, pudiendo ser filtrado y cloración respectivamente, disminuiría en forma notable los costos de construcción, operación y mantenimiento de la planta. De esta manera se tendría un proceso sencillo de tratamiento y la planta trabajaría con eficiencia.

Sistema de tratamiento



6.2 Sugerencias.

El diseño de un sistema de tratamiento esta directamente relacionado a la calidad del agua de la fuente de abastecimiento. Así a una agua de menor calidad o más contaminada, el proceso de tratamiento es más complejo y costoso.

La solución es no contaminar o contaminar lo menos posible tratando de no alterar las condiciones naturales del medio ambiente. Es imposible establecer un sistema de tratamiento y continuar contaminando indiscriminadamente la fuente, ya que con el tiempo resultará más costoso operar y mantener la planta, llegando al extremo de que la planta sea superada en su capacidad de tratar el agua.

Afortunadamente la contaminación de la Presa por las descargas municipales no es de consideración, sin embargo es necesario proteger la fuente y se presentan las siguientes recomendaciones:

- Formar una conciencia ambiental entre la población del lugar, a través de los medios de comunicación locales y los centros educativos del municipio, es muy importante que los habitantes de Valle de Bravo comprendan la importancia que esta Presa representa para millones de personas.
- Establecer un adecuado sistema de recolección de basura por parte del municipio, implantando y fomentando la separación de desechos orgánicos

e inorgánicos. De esta forma el municipio obtendría ingresos por la venta de vidrio, carton y aluminio que son elementos capaces de ser reciclados. El gran beneficio de establecer este sistema de recolección no es en realidad la venta de productos reciclables, sino el hecho de que se eliminaría la materia flotante de los ríos causada por el ser humano, y no existirían productos derivados del plástico como botellas o bolsas que no son biodegradables.

- Establecer un plan de desarrollo urbano y tener un control estricto sobre el uso del suelo, además de obligar a que las nuevas construcciones dispongan de fosas septicas protegidas para no dañar al acuífero.
- Evitar la instalación de industrias cerca de la Presa.
- Aumentar la red de drenaje en la ciudad y concluir el proyecto de desalojo y tratamiento de las aguas residuales.
- Es recomendable que las construcciones se situen a no menos de 20 m. del nivel de aguas máximo, esto no es posible aplicarlo con las casas ya construidas, pero sí con la nuevas construcciones. De esta forma se dispondría de espacio suficiente para construir una avenida cerca del lago y tener un acceso directo a el, ya que actualmente el recorrido por la orilla de lago solo es posible por una embarcación. Este espacio se podría aprovechar para un diseño optimo del drenaje de la ciudad. Además de que el turismo se vería beneficiado al disponer de mayor espacio para esparcimiento.

En lo referente a la Presa:

- Destruir o extraer el lirio acuático en la Presa.
- Conservar, con precauciones, cierta masa de lirio en la descarga de los rios que llegan a la Presa debido a sus propiedades de absorción, que

funciona como sistema de tratamiento.

- Cancelar las descargas directas a los ríos y presa e incorporarlas a la red de drenaje.
- Controlar y revisar periódicamente las embarcaciones para garantizar su buen funcionamiento y que no viertan combustibles y aceites al embalse.
- Llevar un monitoreo sistemático del embalse, a fin de conocer la calidad del agua y las variaciones que tienen lugar en el tiempo.

6.3 Comentarios.

La labor de un Ingeniero Civil dentro del campo de la calidad del agua es realmente significativa, implica dedicarse completamente y utilizar todos sus conocimientos y experiencia, con el único objetivo de conservar la salud de la sociedad y mejorar las condiciones de vida de esta.

Es necesario que exista además la participación de la sociedad para evitar la contaminación del medio ambiente y sobre todo que esta exija a las autoridades informes periódicos y veraces sobre la contaminación de las corrientes superficiales; además de que se informe sobre la calidad del agua potable en las distintas localidades del país. Sólo así la sociedad podrá conocer el grado de contaminación y ayudar o exigir en su caso a las autoridades encargadas.

Es conveniente continuar con la investigación de los elementos tóxicos en el agua y proponer sistemas de tratamiento económicos y eficientes. Pequeñas dosis de ciertas sustancias como el plomo, no son nocivas para el ser humano a corto plazo, sin embargo, si son suministradas durante un largo tiempo pueden tener efectos fatales en la salud. Desgraciadamente las relaciones con ciertas áreas como la Biología o Medicina, que pueden aportar datos muy valiosos son nulas. Un problema más, es que la prioridad en países en desarrollo como el nuestro es

la de evitar las enfermedades hídricas, en estos momentos es más importante que la población no se enferme del aparato digestivo por ingerir agua con bacterias, que evitar una intoxicación por cierta sustancia en el agua que actuará a largo plazo.

El desarrollo y la investigación de nuevos sistemas de tratamiento con tecnología nacional es muy importante, de esta forma se evitará la dependencia con otros países, lográndose una autonomía y garantizando el buen funcionamiento de las plantas de tratamiento. La adecuación de ciertos procesos de tratamiento extranjeros a las condiciones del país también es una alternativa de consideración.

Un buen estudio de calidad del agua ayudará en forma significativa en el diseño de un sistema de tratamiento, lo que repercute directamente en su costo tanto de construcción, como operación y mantenimiento.

Un estudio de calidad del agua como el que se presenta pretende aportar elementos de referencia o apoyo en beneficio del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Civil. La excelencia académica es un objetivo establecido por la comunidad universitaria y es obligación de los egresados contribuir a la superación del nivel académico de las nuevas generaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Manual de análisis de aguas y aguas de desecho, vol. 1, Ed. S.H.R., México.
2. Comisión Nacional del Agua. Curso taller de normatividad de clasificación de cuerpos receptores. Ed. C.N.A., México, 1992.
3. Comisión Nacional del Agua. Instructivo para el establecimiento de condiciones particulares de descarga de aguas residuales. Ed. C.N.A., México, 1994.
4. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. Anuario estadístico del Estado de México, Ed. I.N.E.G.I., México, 1994.
5. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. XI Censo general de población y vivienda. Resultados definitivos, tomo IV, Edo. de México, Ed. I.N.E.G.I., México, 1990.
6. Ley de Aguas Nacionales, Ed. C.N.A., México, 1994.
7. Ley General de Salud, Ed. Porrúa, México, 1992.
8. Secretaría de Desarrollo Social. Normas mexicanas en materia protección ambiental, Ed. Diario Oficial de la Federación, México, 1993.
9. Reglamento para la prevención y control de contaminación de aguas.
10. Unidad de calidad del agua, C.N.A.. Clasificación de la Presa Valle de Bravo en el Estado de México, México, 1992.
11. Unidad de calidad del agua, C.N.A.. Clasificación de cuerpos receptores Presa Valle de Bravo, México, 1988.
12. Secretaría de Salubridad y Asistencia. Manual de procedimiento técnicos, Agua potable, Ed. S.S.A., México, 1982.
13. Organización Panamericana de Salud. Guías para la calidad del agua potable, vol. 1, Ed. O.M.S./O.P.S., E.U., 1985.
14. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Manual de técnicas de muestreo y análisis de campo, Ed. S.R.H., México.

15. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Informe anual, México, 1994.
16. Hernández Herrera, Carlos. Control supervisorio para operar el sistema Cutzamala, Ed. Ingeniería Hidráulica en México, México, 1988.
17. Olvera Viascán, Víctor. Estudio de eutroficación de la Presa Valle de Bravo, México, Ed. Ingeniería Hidráulica en México, México, 1992.
18. Hernández Herrera, Carlos. Control supervisorio para la operación del sistema Cutzamala, 9° Congreso Nacional de Hidráulica. Ed. Asociación mexicana de hidráulica, México, 1986.
19. Flores y Robles, Everardo. La clasificación de cuerpos receptores en el control de descargas de aguas residuales, 9° Congreso Nacional de Hidráulica. Ed. Asociación mexicana de hidráulica, México, 1986.
20. Ordoñez Ortiz, Patricia. Estudio de calidad del agua para la preservación de los vasos de almacenamiento del sistema Cutzamala, 9° Congreso Nacional de Hidráulica. Ed. Asociación mexicana de hidráulica, México, 1986.
21. Báez Gutiérrez, Ubaldo. Red Nacional de monitoreo de calidad del agua, 9° Congreso Nacional de Hidráulica. Ed. Asociación mexicana de hidráulica, México, 1986.
22. Mora, Carlos. Legislación de aguas residuales. II Reunión regional sobre legislación ambiental, Ed. S.E.D.U.E., México, 1983.
23. Aguilar Sahagun, Guillermo. Reglamentación en problemas de desechos sólidos. II Reunión regional sobre legislación ambiental, Ed. S.E.D.U.E., México, 1983.
24. Luna B., Leopold. El agua, Ed. Time-Life, México, 1980.
25. Schulz, Christopher R. Tratamiento de aguas superficiales en países en desarrollo, Ed. Limusa, México, 1990.
26. Tebbutt, T.H.Y. Fundamentos de control de calidad del agua, Ed. Limusa, México, 1990.

27. Babbit, Harold E. Water supply engineering. Ed. Mc Graw-Hill, E.U., 1967.
28. The American Water Works Association. Control de calidad y tratamiento del agua, Ed. Instituto de estudios de administración local, México, 1975.
29. Dpto. Sanidad Nueva York. Manual de tratamiento de aguas negras, Ed. Limusa, México, 1990.
30. Dpto. Sanidad Nueva York. Manual de tratamiento de aguas, Ed. Limusa, México, 1991.
31. Metcalf-Eddy. Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas, Ed. Labor, España, 1985.
32. Rincón Arce, Alvaro. Química, Ed. Herrero, México, 1984.