



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**EVALUACION DE LA CALIDAD BACTERIOLOGICA
Y FISICO QUIMICA DE LA PRESA VALLE DE BRAVO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

CORTES MORALES ROBERTO SALVADOR

Director de Tesis: QFB Esperanza Robles Valderrama



FEZ IZTACALA

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIA

Este trabajo se los dedico a las dos personas que mas quiero en esta vida MIS PADRES.

A MI MADRE: Gracias por todo el cariño y apoyo que recibí de ti en todo el tiempo que duro mi carrera, GRACIAS, ***“TE EXTRAÑO MUCHO”***

A MI PADRE: Muchas gracias por todo el apoyo incondicional que he recibido de ti, sin tu apoyo no hubiera hecho realidad este sueño que tenia. ***“MUCHAS GRACIAS”***.

AGREDECIMIENTOS

A MIS HERMANAS: Verónica, Elias, Esperanza, Margarita, Estela y Carmen, muchas gracias por todo el apoyo incondicional que he recibido de ustedes durante el largo tiempo que duro mi carrera y principalmente durante este ultimo año, espero que siempre estemos ***“UNIDOS”***.

A Mauricio y Brayan(Mis chavitos):Ya que sin ustedes, estos momentos serian mas difíciles de afrontar. Ustedes llegaron a llenar un hueco en la familia. ***“MIS CHAVITOS”***

A MI TIA GLORIA: Gracias por ayudarnos a superar la perdida de mi Madre y por los consejos recibidos en este ultimo año. la queremos como a una madre. ***“MUCHAS GRACIAS”***

A MIS PADRINOS:

ADRIAN: Gracias por todos aquellos momentos de amistad y principalmente el apoyo moral que hemos recibido de usted en los momentos más difíciles de mi vida.

MAGDALENA: De igual forma le agradezco todos aquellos momentos de amistad y principalmente de el apoyo moral que solo he recibido de usted, la ***“LA QUEREMOS MUCHO”***.

A la Maestra Esperanza Robles Valderama: ***MUCHAS GRACIAS*** por haberme permitido formar parte de su equipo de trabajo durante este tiempo, por todos los consejos recibidos, por el apoyo moral y principalmente por orientarme en la realización de mi tesis de licenciatura.

A la profesora Lupita: ***MUCHAS GRACIAS*** por haber sido mi asesora de LyCIT 1 y 2, por todos los conocimientos y experiencias que pase con usted y sobre todo el apoyo moral que recibí de usted en el momento más difícil de mi vida.

A la maestra Blanca, por todo los conocimientos que recibí de usted en el laboratorio de Bacteriología y por las observaciones hecha a mi tesis.

A MIS SINODALES: Elizabeth Ramírez, Patricia Bonilla y Victor Rivera, gracias por las observaciones hechas a mi tesis.

Al profesor Angel Duran: Le agradezco, el haberme orientado en la parte de estadística, así como, su punto de vista en la revisión de la discusión y la conclusión, la cual me fue de mucha ayuda, muchas gracias.

A mis amigos y compañeros Marcos, Ernesto, Oscar, que juntos formamos los cuatro fantásticos.

A mis amigos y compañeros: Gracias por haberme regalado parte de su tiempo y por ofrecerme su amistad en todo este tiempo: Adrian, Fernando, Horacio, Juan Carlos, José, Lucrecia, Sagrario, Prici, Ana, Julia, Omar, Claudia, Adriana, Benjamin, Leticia, Olga, Laura, Pamela.

Y a todos aquellos que cursaron con migo la carrera y que por falta de espacio y de memoria no los menciono.

ÍNDICE

I INTRODUCCIÓN	1
II ANTECEDENTES	3
1. ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA EN CUERPOS DE AGUA SIMILARES	3
2. ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA PRESA VALLE DE BRAVO	7
3. PARÁMETROS FISICOQUIMICOS	9
4. PARAMETROS BACTERIOLOGICOS	12
5. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA	14
III JUSTIFICACIÓN	16
IV OBJETIVOS	18
V DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	19
VI METODOLOGÍA	21
VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	24
1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO	24
2. ANÁLISIS DE VARIANZA	42
3. RELACIÓN DE COLIFORMES FECALIS/ESTREPTOCOCOS FECALIS	44
4. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA	44
5. INDICADORES DE CONTAMINACIÓN	45
6. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CONTRA EL REGLAMENTO	47
7. COMPARACIÓN DEL ESTUDIO CON RESPECTO A LOS TRABAJOS REALIZADOS ANTERIORMENTE EN LA PRESA VALLE DE BRAVO	48
VII CONCLUSIONES	50
IX BIBLIOGRAFIA	51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	1. PUNTOS DE MUESTREO DE LA PRESA VALLE DE BRAVO	20
FIGURA	2. DBO	31
FIGURA	3. DQO	31
FIGURA	4. OD	32
FIGURA	5. NITRITOS	32
FIGURA	6. NITRATOS	33
FIGURA	7. NITRÓGENO AMONIAICAL	33
FIGURA	8. ORTOFOSFATOS	34
FIGURA	9. FOSFATOS TOTALES	34
FIGURA	10. DUREZA TOTAL	35
FIGURA	11. pH	35
FIGURA	12. ALCALINIDAD TOTAL	36
FIGURA	13. ALCALINIDAD A LA FENOLTALEINA	36
FIGURA	14. CLORUROS	37
FIGURA	15. TEMPERATURA	37
FIGURA	16. SÓLIDOS TOTALES	38
FIGURA	17. SÓLIDOS SUSPENDIDOS	38
FIGURA	18. SÓLIDOS DISUELTOS	39
FIGURA	19. CONDUCTIVIDAD	39
FIGURA	20. COLIFORMES TOTALES	40
FIGURA	21. COLIFORMES FECALES	40
FIGURA	22. ESTREPTOCOCOS	41
FIGURA	23. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA POR CADA ESTACIÓN DE MUESTREO	45
FIGURA	24. INCIDENCIA DE COLIFORMES TOTALES	46
FIGURA	25. INCIDENCIA DE COLIFORMES FECALES	46
FIGURA	26. INCIDENCIA DE ESTREPTOCOCOS FECALES	47

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TECNICA ANALITICA DE CADA PARÁMETRO	21
TABLA 2. INDICE INDIVIDUAL (Ii) PARA CADA PARÁMETRO	22
TABLA 3. IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS PARÁMETROS PARA DEFINIR EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA	23
TABLA 4. USOS DEL AGUA SEGÚN EL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA	23
TABLA 5. MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LOS PARÁME- TROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS	28
TABLA 6. ANALISIS DE VARIANZA POR PERIODO	43
TABLA 7. ANALISIS DE VARINZA POR LUGAR	43
TABLA 8. RELACIÓN DE COLIFORMES FECALIS Y ESTREPTOCOCOS FECALIS	44
TABLA 9. RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA POR CADA ESTACIÓN	44
TABLA 10. COMPARACIÓN DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE VALLE DE BRAVO	48
TABLA 11. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS DIVERSOS ESTUDIOS QUE SE HAN REALIZADO EN LA PRESA VALLE DE BRAVO	49

I. INTRODUCCIÓN

Una característica fundamental de la tierra es la abundancia del agua, que cubre un 71% de su superficie, con una profundidad media de 38,000 metros, 2,15% se encuentra en los casquetes polares. Así, la hidrosfera contiene una inmensa cantidad de agua, de la cual aproximadamente un 99 por ciento se halla en las depresiones oceánicas. La importancia básica de las cantidades relativamente pequeñas de agua dulce de lagos y ríos reside en el mantenimiento de la vida terrestre.

La cantidad de agua continental es muy pequeña en relación a la oceánica, pero tienen periodos de renovación mucho más rápidos. Atendiendo al volumen, la mayor parte de ésta se halla en las cuencas de algunos lagos de grandes dimensiones. Sin embargo, la cantidad de depresiones pertenecientes a lagos más pequeños y embalses es muy grande, y la mayoría de ellos están concentrados en las regiones templadas y subárticas del hemisferio Norte. La actividad glacial, volcánica y tectónica influyen en la formación de lagos provocando la acumulación de muchas masas de agua dulce en distritos lacustres (Wetzel, 1981).

Debido a la poca disponibilidad del agua para consumo humano, el ser humano ha construido grandes presas, las cuales contienen agua para diferentes usos tales como el riego, agua potable, producción de energía eléctrica y como protección en contra de las inundaciones (Kenneth y Luna, 1983).

Valle de Bravo es un importante centro turístico. Se localiza a 1,800 m de altitud en el margen de la presa Valle de Bravo, al sureste de la ciudad de Toluca de Lerdo, con clima templado y lluvias en el verano, presenta, una escasa oscilación térmica. En sus inmediaciones se produce aguacate y se explotan los bosques de pinos y encinos. En su embalse se practican deportes acuáticos, pesca deportiva y de autoconsumo, su agua se usa para la generación de energía eléctrica y abastecimiento.

La presa de Valle de Bravo forma parte del sistema Cutzamala (SC), el cual sustituye al sistema hidroeléctrico Miguel Alemán, aprovechando la infraestructura existente. El SC lo forman una red de 7 presas de almacenamiento y de derivación en la cuenca alta del río Cutzamala, un vaso de regulación Donato Guerra, un acueducto de 127 Km., una planta potabilizadora, Los berros con capacidad de 23 m³/s, 6 plantas de bombeo para vencer un desnivel de hasta 1650 millones de Km./año y 24 Km. de túneles en el área metropolitana de la Ciudad de México. Dentro de este sistema, el cual aporta aproximadamente el 30% de la demanda de agua potable de la Ciudad de México.

La presa Valle de Bravo es la más importante debido a su capacidad de almacenamiento (390,655 millones de m³), cualidades estéticas y producción pesquera para consumo local y por su uso recreativo y actividades acuáticas (CNA - FESI, 2000).

El problema de la contaminación creciente de las aguas continentales contribuye de manera muy significativa a la disminución de la disponibilidad del vital líquido para una población mundial que crece aceleradamente.

Los estudios realizados con el fin de resolver este conflicto han popularizado el término "calidad del agua". Esta expresión se emplea principalmente en el lenguaje técnico y se refiere a las condiciones de pureza o de contaminación del agua (Turk.A. *et al* 1973).

El conocer la calidad de agua de un cuerpo acuático determinado permite establecer su uso. Así tenemos que las principales formas en que los humanos usamos el agua son: en la industria, el riego agrícola, en agua potable para el consumo de las personas, en la producción de diversas especies acuícolas de valor comercial y en actividades de placer y recreativas. Por lo tanto la calidad del agua requerida para cada uno de estos usos es diferente (Lugo y Rodríguez, 1998).

Hoy en día la purificación del agua para consumo humano, para prevenir enfermedades, es una práctica casi universal en el mundo, y por tanto es difícil que las personas se percaten de que tan seria puede ser la contaminación del agua. Por desgracia, las epidemias de enfermedades transmitidas a través del agua como el cólera, la disentería y la fiebre tifoidea todavía se presentan en algunas partes del mundo y en un momento determinado se pueden convertir en enfermedades epidémicas en cualquier país si no hay un control gubernamental rígido del agua potable y de la disposición de las aguas residuales (Volk, 1992).

En un plano ideal, el agua para consumo humano no debe contener ningún microorganismo patógeno, ni ninguna bacteria indicativa de contaminación fecal, capaz de causar enfermedad. Para cerciorarse de que un abastecimiento de agua potable satisface estas directrices es necesario examinar periódicamente muestras de agua (OMS, 1972).

La calidad del agua puede evaluarse por medio de métodos físico químicos y biológicos. Entre los métodos biológicos se encuentran las técnicas de filtro de membrana y la del Número Mas Probable (NMP) para evaluar la parte de bacteriología. En cuanto a la calidad físico química, el agua debe tener algún grado de mineralización, además de contener iones disueltos, tales como carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio, potasio, sílice, etc., en concentraciones que no rebasen la Norma Oficial Mexicana. NOM-127-SSA-1994 (DOF, 1994).

II ANTECEDENTES

1. ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA EN CUERPOS DE AGUA SIMILARES

La Comisión Nacional del Agua (CNA) en el 2001 realizó un estudio con el objetivo de evaluar la calidad del agua del embalse de la presa Cuchillo– Solidaridad. La presa se encuentra aproximadamente a 100 Km. de Monterrey, en el municipio de China, N. L. Esta presa abastece de agua potable a la zona metropolitana de Monterrey y a las poblaciones del municipio de China. De acuerdo a los perfiles limnológicos obtenidos no existió estratificación vertical en las fechas de muestreo y de acuerdo a las características climatológicas de la región, la profundidad del embalse y los perfiles limnológicos del presente estudio, se consideró que la circulación del agua está entre 2 tipos: Dicitico (Dos periodos estacionales de circulación libre) y polimictico (De circulación más o menos continua con breves periodos de estancamiento). En cuanto a los parámetros fisico-químicos la mayoría están por debajo de los valores marcados por la NOM-127-SSA1-1994. Igualmente pasó con los metales pesados que se mantuvieron por debajo de lo que marca la norma. Los herbicidas y pesticidas así como las sustancias orgánicas volátiles se presentaron constantemente por debajo de las concentraciones permisibles. También calcularon los índices de calidad del agua (ICA) de cada uno de los puntos muestreados. Todos resultaron con un ICA mayor de 59 puntos, que corresponde a una calidad aceptable para el consumo humano.

García *et al.* (2001), llevaron a cabo un estudio fisico-químicos de las aguas de abastecimiento de la zona noreste de Madrid. El objetivo primordial de este trabajo radicó en la evaluación comparativa de la calidad de las aguas de abastecimiento de dicha zona a partir de los parámetros organolépticos, fisico-químicos y referentes a caracteres relativos a sustancias no deseables más significativas para el control de calidad y contemplados dentro de la Reglamentación Técnico Sanitaria vigente en materia de aguas potables de consumo público. Como resultados obtuvieron una calidad organoléptica adecuada. Los caracteres físico-químicos fueron uniformes, con un pH ligeramente alcalino y mineralización muy débil. Las sustancias no deseables se mantuvieron por debajo de los límites establecidos en la legislación vigente a excepción de dos muestras atípicas.

Rodríguez *et al.* (2001), presentaron los resultados de un estudio limnológico que llevaron a cabo en los embalses de la cuenca del Río Guadalete (Zahara-El Gastor, Bornos y Arcos) durante el periodo de 1992-1998. Dicha cuenca forma parte de la red hidrológica de la provincia de Cádiz y pertenece a la confederación Hidrográfica de Guadalquivir. El estudio de diferentes parámetros físico-químico, junto con los datos de las variaciones climatológicas y la evolución del volumen del agua embalsada, les permitió conocer la calidad del agua, así como planear las estaciones de tratamiento de agua potable para su destino final como agua de abastecimiento. Los resultados que ellos obtuvieron en 2 de los embalses estudiados son muy similares en cuanto al contenido salino, a diferencia del 3^{er} embalse en el cual las aguas están más mineralizadas. También observaron una disminución progresiva de la Calidad de las aguas embalsadas durante el periodo de sequía (1992-1995), años en que el agua embalsada eran alarmantemente bajas.

Maier *et al.*(2001), realizaron un estudio en 2 lagos: El Baden-Wuertte (Alemania) cerca de

Goeppingen y el Lago Breitenau cerca de Heibronn con el propósito de investigar los efectos que provoca el drenaje al fitoplancton y el estado limnológico de estos dos lagos artificiales. Ambos lagos mostraron altos contenidos de fósforo esto debido quizás al sedimento aportado por el drenaje durante el verano. La concentración de clorofila también mostró un aumento lo que indica una acumulación de nutrientes. Antes de la entrada del drenaje, el Lago Herrenbach muestran una alta transparencia y una baja concentración de fósforo, en cambio el Lago Breitenau muestra una clara eutrofización. Concluyendo que esta es la causa de la mala calidad de agua, razón por la cual se debe de eliminar el sedimento del drenaje.

Posada *et al.* (2000), llevaron a cabo un estudio limnológico de abril a diciembre de 1996. Este estudio se llevó a cabo en 17 arroyos de Medellín, donde el objetivo era caracterizar tanto físico-química como biológicamente la calidad del agua. En general los parámetros físico-químicos mostraron pequeñas variaciones a lo largo de todo el estudio, solamente la conductividad y los sólidos disueltos totales mostraron cambios relevantes. Los resultados indican que se trata de una buena calidad de agua.(Internet no.1).

Dakos *et al.* (2000), realizaron un estudio en el lago Plastira en Grecia, con el objetivo de sacar índices bióticos, hábitat y calidad de agua. Estudiaron 15 puntos de muestreo, en donde se tomaron muestras de organismos y se determinaron parámetros físico químicos. Se le aplicó a los resultados la multivariable de Fuzzy y Canoco con el fin de ordenar los datos en 2 sitios. Obteniéndose como resultado con los índices bióticos una pobre calidad de agua, debido quizás al sedimento dentro del arroyo, concluyendo que es consecuencia de influencias antropogénicas.

Crabill *et al.* (1999), llevaron a cabo un estudio en el embalse Oak Creek localizado en Arizona (EU), en el cual analizaron durante 3 veranos los parámetros físico-químicos y las bacterias coliformes fecales. La temporada de verano se caracteriza por el uso recreacional del embalse y por la intensa actividad de lluvias. También se usa para el pastoreo de ganado vacuno y como tanque séptico. Los análisis físico-químicos realizados demostraron que el agua está dentro de los estándares de una calidad de agua aceptable. Solamente la DBO₅ estuvo en el límite con 2mg/l. Con respecto a los coliformes fecales, su contaminación es evidente y se incrementa durante el verano, cuando hay actividad recreacional.

Geraldes (1999), en su estudio tomó en cuenta las características limnológicas de 2 embalses uno por lo menos con 40 años de existencia y el otro embalse nuevo. El estudio se llevó a cabo en tres fases. En la primera los embalses estaban llenos. En la segunda los embalses estaban a la mitad de su capacidad, y en la tercera los embalses estaban vacíos. Se determinó fósforo en todas sus formas, clorofila, fitoplancton y zooplancton. En general no se encontraron diferencias en los resultados por lo cual se concluye que prácticamente predominaron las mismas características entre los dos embalses.

Kotut *et al.*, (1999), realizaron un estudio entre 1994 y 1995 en donde se estudiaron algunas variaciones físico químicas en el embalse de Turk Wel Gorge encontrando fluctuaciones en el flujo del volumen de agua (hasta de 10 metros por cada año), inundando el embalse en tiempo de lluvias, razón por la cual se obtuvieron los valores más bajos en el disco de Secchi (rango = 0.09-2.16), conductividad eléctrica (rango = 140-200mS), alcalinidad total

(rango = 75-111mg l) y los valores mas altos durante la estación de secas. Se encontró un predominio de carbonatos. La Temperatura y el oxígeno disuelto (DO) revelaron que el embalse es monomictico. Se encontraron altos valores de pH (rango = 6.7-8.9). DO (rango = 4.9-9.2 mg) que están asociados con periodos de altas fotosíntesis debido al fitoplancton. En el trabajo se concluye que el embalse varía irregularmente todo el año.

Lugo y Rodríguez (1998), realizaron un estudio donde utilizaron a los protozoos como indicadores de la calidad del agua, encontrando que los protozoos son un grupo de organismos que resultan de utilidad como indicadores de la calidad del agua, especialmente cuando se trata de evaluar aguas con elevado contenido de materia orgánica. La ventaja de utilizarlos radica en la economía de la aplicación del método y en las facilidades para el almacenamiento y manejo de las muestras.

Durante el otoño y verano del 2002 Carsson y Caron realizaron un experimento en un pequeño lago, en el cual se examinó el potencial de crecimiento de bacterias en el agua y su limitación por carbón orgánico (glucosa inorgánica) y nutrientes como el amonio y los fosfatos. Los experimentos demostraron que el fósforo es el primer elemento que limita el crecimiento en el pequeño lago. Sin embargo observaron que si agregaban los dos elementos el incremento en bacterias era mayor. También encontraron que el nitrógeno no era una limitante en el crecimiento de las bacterias. Por otro lado vieron que la temperatura por encima de los 12°C no influía en la producción de bacterias, pero por debajo de los 12°C las bacterias dejaban de crecer significativamente.

Ioriya *et al.* (1997), estudiaron los cambios químicos y biológicos del agua y medio ambiente del Lago Sapporo por 8 años consecutivos. El Lago se localiza en Japón en una zona Sub-humedad. En ese tiempo observaron que la contaminación pasó de natural a humana. El lago Sapporo se suministra de agua por medio de la nieve que se derrite. Aun así la calidad del agua se ha ido deteriorando en los últimos 2 años, igual ha pasado con el fitoplancton y el zooplancton.

Sánchez *et al* (1994), evaluaron la calidad del agua en cuatro estaciones de la cuenca de Turia en el entorno de Teruel (España), durante dos años hidrológicos(1986-1988), teniendo en cuenta la normatividad de la Unión Europea, clasificando el agua según sus usos potenciales. Encontraron que el contenido de fósforo de la estaciones de Turia se incrementan respecto a las situadas río arriba de Teruel, observando que el fósforo interviene directamente en la eutrofización de las aguas. En las muestras de las estaciones de Alfambra y de Turia se obtuvieron concentraciones altas de mercurio en dos ocasiones, por lo que es preciso averiguar si su procedencia es accidental o tiene su origen en una actividad agrícola o ganadera. La carga de contaminantes mostró una contaminación por nutrientes, encontrando que es mas elevada para las estaciones de Turia, la cual ha sufrido parcial o totalmente un impacto urbano de Teruel. Concluyen que ninguna estación cumple los requisitos de la actual normativa para varios de los parámetros contaminantes, por lo que no resulta admisible el agua para casi ningún uso.

Alonso *et al.* (1992), llevaron a cabo una investigación con el principal objetivo de realizar un estudio físico-químicos de aguas minerales de la provincia de Málaga (España), donde posteriormente realizaron un estudio estadístico multivariable de análisis Cluster y un

análisis de componentes principales. Como resultados se puede resaltar que el contenido de sulfatos varió entre 1 y 834 mg/l, siendo atribuido a las altas concentraciones de la disolución de yeso o al lavado de terrenos formados en ambientes marinos, más que procesos de oxidación de sulfuros. Los cloruros presentaron concentraciones comprendidas entre 7 y 674 mg/l, aunque pocas muestras sobrepasan los 150 mg/l. Los cationes mayoritarios de Na, Ca y Mg presentaron concentraciones medias en la mayoría de las muestras. El pH estuvo entre neutro y básico. De los contenidos de amoníaco, nitritos, nitratos y DQO se deduce que las aguas analizadas no presentan contenidos significativos de materia orgánica. La mayoría de las muestras tuvieron contenidos en sílice bajos o moderados. En lo referente a los metales pesados, se observa que en general están ausentes o en concentraciones mínimas. El análisis de Cluster dió como resultado que 27 de las muestras presentaron mineralización muy débil, (5) débil – media, (12) media – fuerte y (17) fuertes.

Castro y Gaytán (1992), realizaron un estudio sobre medidas de calidad de agua potable en la ciudad de México concluyendo que en algunas partes de la ciudad no se cuenta con la calidad que debe tener el agua potable, además observaron que los tinacos de las casas no son lo suficientemente limpios y son riesgo para contraer enfermedades.

Muñoz *et al.* (1992), realizaron un estudio cuyo objetivo fue realizar una comparación entre la calidad del agua de los ríos Llobregat y Cardener (Barcelona, España) de hace 10 años con su calidad actual (1990), usando la misma metodología en los mismos puntos de muestreo de sus cauces principales. Se midieron conductividad, oxígeno disuelto, pH y fósforo.

Las concentraciones de sales son bastante elevadas. Es de suponer que en los próximos años el valor de la conductividad todavía bajara más. Encontraron que la pérdida de calidad del agua se produce en un punto muy concreto, la salida del canal industrial de Berga y la entrada de los vertidos de esta ciudad por lo que concluyen que ha habido una disminución del índice de calidad del agua para todas las estaciones entre 1980 y 1990.

De la Lanza (1986), realizó un estudio de la calidad ambiental de la laguna de Mezcaltitán, en el cual encontró que parámetros hidrobiológicos presentaron condiciones adecuadas para el sostenimiento y desarrollo de sus comunidades, sin embargo aquellos compuestos ajenos al propio sistema lagunar, mostraron concentraciones significativas que pudo deberse a la época en que fue realizado el estudio (estiaje). Frente al poblado en que se encuentra la laguna, encontraron los valores más altos de coliformes (3200/100ml), detergentes (1.22 mg/l) y DDT (4.8 micro gramos/l). En los demás parámetros físico-químicos no se encontró ninguna variación significativa en su concentración.

En 1979 la S.A.R.H realizó un estudio en la presa Lázaro Cárdenas situada en el Estado de Durango. De acuerdo a la gran importancia que representa para el país y en sí para la agricultura de la región Lagunera y debido también al enorme impulso que se le ha venido dando a la actividad pesquera, se vio la necesidad de iniciar el estudio, para conocer las condiciones tanto físico-química como biológicas con el fin de preservar y controlar la calidad del agua para una mayor aprovechamiento de la misma. En 1978 establecieron 4 estaciones muestreandas mensualmente. Los parámetros que se analizaron en el laboratorio

fueron: sulfatos, grasas y aceites, N-Amoniacal, N-Orgánico, N-NO₃, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, OD, temperatura, turbiedad, fosfatos, transparencia de luz solar, boro, DBO₅, sólidos en todas sus formas, detergentes y coliformes totales. Concluyen que la calidad del agua de la Presa Lázaro Cárdenas se puede clasificar como aceptable tomando en cuenta solo los parámetros físico-químicos y bacteriológicos practicados en el laboratorio.

2. ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA PRESA VALLE DE BRAVO

Castillo *et al.* (1999), llevaron a cabo un estudio limnológico en la Presa Valle de Bravo con el objetivo de revisar la calidad del agua, ya que esta es una de las mas importantes fuentes de abastecimiento de agua potable en la Ciudad de México. El embalse Valle de Bravo se clasifica como un cuerpo de agua cálido, con estratificación térmica en verano-otoño y con una mezcla de su columna de agua en invierno. Estas características determinan de manera importante la calidad del agua. Ellos encontraron que durante la mezcla de invierno el oxígeno disuelto (OD) era de 5.5 mg/l. Al incrementarse la temperatura, el embalse se divide en 2: epilimnion donde el OD es de 9.0 mg/l y una capa profunda llamada hipolimnion donde el OD es de 0.0 mg/l. Cuando se presenta la estratificación, disminuye la calidad del agua del epilimnion y se incrementan los siguientes parámetros: turbiedad, DQO, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, fosfatos, coliformes totales y clorofila. Encontrando que el incremento de la concentración de nutrientes como es el P y N principalmente favorece el crecimiento explosivo de algas. De acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua establecidos en la legislación, el agua del embalse cumple con los límites establecidos para su uso como fuente de agua potable, excepto en su concentración de fósforo, nitrógeno amoniacal y coliformes fecales. Concluyendo que la contaminación por nutrientes en la cuenca del embalse Valle de Bravo proviene tanto de fuentes puntuales, como descargas de aguas residuales (57%) y de fuentes difusas como aguas de retorno agrícola (43%).

Olvera (1992), realizó un estudio con el objetivo de instrumentar medidas de conservación, manejo y en su caso, de restauración de la presa Valle de Bravo. En cada una de las 16 estaciones de muestreo estudiadas, se determinaron en campo los parámetros temperatura, pH, profundidad, olor, condiciones del cielo, burbujas y color del agua. Los resultados mostraron la mala calidad de cinco descargas y de los ríos Amanalco, Santa Mónica y Carrizal, debido a sus altas concentraciones de materia organica, nutrientes y sales minerales. En términos físico químicos, todas las descargas y los ríos Amanalco y Carrizal son las principales fuentes de contaminación al embalse. También se encontró que en la Presa hay acumulación de Bacterias debido a las descargas de P y principalmente de N por lo que se clasifica como eutrófico.

Olvera *et al.* (1993), realizaron un estudio limnológico en la Presa Valle de Bravo que tuvo como objetivo principal el monitoreo de *Vibrio cholerae* y evaluar la calidad del agua. Para la interpretación y discusión de resultados de calidad del agua se utilizaron los criterios de la legislación mexicana y otros autores. La calidad del agua del embalse se considera apta como fuente de abastecimiento de agua potable, excepto en la concentración de PO₄ totales. El análisis espacial de los resultados en las 5 estaciones analizadas del embalse

muestra una homogeneidad de la calidad del agua entre, superficie y fondo. El fitoplanctón dominante en la presa son las algas verde azules, que indican un importante deterioro en el medio y una acumulación de fósforo en el agua mas allá del límite permisible. Encontrando también *Vibrio cholerae* No 01 en todas las estaciones monitoreadas, la cual aunque no es toxigénica, provoca enfermedades gastrointestinales en la población. Bacteriológicamente el embalse no cumple con los límites establecidos para fuentes de abastecimientos de agua potable.

Olvera *et al.* (1998), llevaron a cabo un estudio en Valle de Bravo en el periodo de 1992 – 1993, teniendo como principal objetivo definir los principales características limnológicas del embalse Valle de Bravo. Como resultados encontraron que durante la estratificación del embalse, sus características cambian drásticamente. En cuanto a la temperatura se observaron que durante la estratificación el epilimnion es de 20.5 °C en Marzo 25.0 °C en junio; el hypolimnion varia de 17.2 en Marzo a 18.6 °C en Agosto y en Diciembre se homogeniza en toda la columna de agua con 19°C. El OD en el embalse se distribuye en clinogrado durante todo el año. En 1987 la concentración menor de OD registrada fue de 1.9 mg/l (Olvera, 1990), actualmente desde el mes de abril de 1992 hasta Noviembre de 1993 el OD en el hipolimnio ha sido de 0.0 mg/l (anóxico) confiriéndole características reductoras. Esto se debe a que la demanda de oxígeno por la materia organica de los sedimentos supera la cantidad de oxígeno disponible en el hipolimnio. La conductividad estuvo entre 110 y 130 micromohs cm^{-1} El pH también fue afectado por la estratificación variando de 9.4 en marzo y 7.0 en agosto. Concluyen que el agua en el embalse es considerada buena para consumo humano. Excepto por fósforo total, DQO y NO_3 que llegan a exceder en una de las estaciones la cual recibe el agua del Río Amanalco. La concentración de clorofila “a” estuvo entre 3.2 mgm^{-3} y 16.1 mgm^{-3} , indicando la acumulación de materia orgánica producida por las comunidades planctónicas y el incremento del nivel trófico. En cuanto al Río Amanalco requiere de un control inmediato de ingreso de nutrientes, Excepto en una estación en donde el agua es de buena calidad.

Ramírez. *et al.* (1998), rrealizaron un estudio en la Presa Valle de Bravo con el objetivo de evaluar la presencia de *Vibrio cholerae*. Ya que este embalse constituye uno de los suministros de agua a la Ciudad de México y con el paso de los años su calidad del agua ha ido decreciendo motivo por el cual se toma como indicadores biológicos a *Vibrio cholerae*. Ellos encontraron lo siguiente:

El embalse Valle de Bravo es clasificado monomictico, el cual se encuentra estratificado durante 9 meses con un estado completamente anóxico en el fondo. Esto como consecuencia de la acumulación de materia orgánica en el sedimento. Lo que representa una fuente de nutrientes y la posibilidad de un lento incremento en el nivel trófico del embalse el cual es mesotrófico durante 8 meses y eutrófico durante el verano. *Vibrio cholerae* non- 01 se detectó en las muestras de las diferentes estaciones que se monitorearon. Se aislaron un mayor número de organismos en los meses de más calor, mientras que en los meses más fríos bajó el número de organismos encontrados.

Ramírez *et al.* (2000), realizaron un estudio en el embalse Valle de Bravo. El trabajo provee información cualitativa de las variaciones estacionales de zooplancton y las variaciones fisico-químicos del embalse Valle de Bravo ubicado en el Estado de México. El

trabajo se llevo a cabo de mayo de 1998 a abril de 1999. Los parámetros fisico-químicos mostraron que el rango de temperatura osciló de los 20 a los 26 °C. El rango de oxígeno disuelto varió de 6 a 8 mg/l. encontrando los valores mas bajos en el verano. El pH indicó que el cuerpo tiene una condición alcalina (pH = 8.9). En el verano se presentaron los valores mas bajos (pH = 6.9). La conductividad varió de 152 micros. cm^{-1} a 200 micros cm^{-1} . La concentración de amonio más alta fue de 0.93 mg/l registrado durante el verano. Los niveles máximos de nitritos fueron de 0.491 mg/l y los de fosfatos de 0.019 mg/l. En general estos valores van de acuerdo a las características limnológicas de los cuerpos de agua en México los cuales indican que son sistemas típicos tropicales.

3. PARÁMETROS FISICOQUIMICOS

→ CALCIO Y MAGNESIO (DUREZA)

Estos elementos son los principales responsables de la dureza del agua, aunque otros constituyentes tales como el hierro, manganeso y otros cationes polivalentes también contribuyen a ella, sin embargo sus concentraciones son tan pequeñas que el término dureza solo se refiere al calcio y al magnesio.

→ CLORUROS

El cloruro en forma de ión (Cl^-), es uno los aniones inorgánicos principales en el agua natural, se encuentra en diversas concentraciones y normalmente se incrementa con el contenido mineral (APHA, 1992).

En las aguas naturales, la concentración de cloruros es menor que en las aguas de desecho debido que el cloruro de sodio en forma de sal común es un artículo común en la dieta humana y pasa por el sistema digestivo sin sufrir cambio alguno; de ahí su importancia como una fuente de contaminación en las aguas naturales provenientes de aguas de desecho o residuales (Robles *et al.*, en prensa).

El cloruro también es importante en las fuentes de agua natural no solamente porque un contenido elevado de cloruros aumenta el contenido de sólidos en el agua sino también porque esto perjudica el crecimiento vegetal (APHA, 1992).

→ MICRONUTRIENTES

Los micronutrientes como su nombre lo indica son sustancias necesarias en bajas concentraciones para el crecimiento de todo ser vivo, sin embargo en cantidades mayores de las requeridas pueden convertirse en sustancias contaminantes así tenemos por ejemplo:

El fósforo, presente en las aguas naturales y en las aguas de desecho en diversas formas, como ortofosfatos, fosfato hidrolizado o condensado o como parte de un compuesto orgánico. Puede presentarse en forma soluble, en partículas de detritos en los organismos acuáticos, en los sedimentos de los cuerpos de agua, en las aguas de retorno agrícola - las cuales pueden contener fertilizantes que incluyan el elemento fósforo en su formulación -

en escurrimientos superficiales, en aguas de desecho de origen doméstico y en los detergentes, los cuales contienen de 25% a 45% de diversas formas de fosfatos. La forma asimilable por los organismos es como ortofosfatos (PO_4) y en exceso puede causar un incremento de algas y malezas en los cuerpos de agua (fenómeno de eutrofización).

El nitrógeno al igual que el fósforo es otro micronutriente que en exceso puede producir eutrofización. Pero además según sea su forma puede ocasionar otro tipo de problemas como es el caso de los nitratos y los nitritos.

Los nitratos se encuentran en cantidades muy pequeñas (trazas) en las aguas superficiales. Sin embargo pueden alcanzar niveles altos de algunas aguas subterráneas. En cantidades excesivas provocan metahemoglobinemia infantil, para prevenir ésta se ha puesto un límite de 10 mg/l de nitrógeno de nitratos en aguas potables.

Los nitritos están presentes en el agua como compuestos intermedios en los procesos de oxidación y reducción y forma parte del ciclo del nitrógeno. En abastecimientos de aguas superficiales, la presencia de trazas de nitritos puede indicar contaminación. (Robles *et al.*, en prensa)

→ NITRÓGENO AMONIACAL Y NITRÓGENO ORGÁNICO

El amoniaco está presente en forma natural en aguas superficiales y profundas y en aguas de desecho. Se produce por la diseminación de compuestos que contienen nitrógeno orgánico y por la hidrólisis de la urea. También puede producirse por la reducción de los nitratos en condiciones anaerobias, por bacterias autótrofas nitrificantes del grupo de las nitrosomas.

El nitrógeno orgánico es aquel que proviene de los seres vivos. Su presencia así como la del nitrógeno amoniacal indica que ha ocurrido una contaminación reciente y por lo tanto son un peligro potencial para la salud. El nitrógeno también es importante como elemento fertilizante esencial para el crecimiento de algas, los análisis de nitrógeno sirven para controlar este crecimiento y evitar una sobrepoblación de algas, en cuerpos de agua receptores de desechos domésticos y efluentes de plantas de tratamiento (Robles *et al.*, en prensa).

→ CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica del agua se refiere a la mayor o menor resistencia del agua a permitir el paso de la electricidad. El agua en estado puro prácticamente no presenta carácter conductor, debido al bajo grado de disolución iónica que presenta. Por tanto, para que su conductividad aumente será preciso que haya compuestos disueltos en el agua y disociados en sus iones. Una medida de la conductividad del agua nos dará por tanto una estimación acerca de la concentración aproximada de las sales minerales presentes (Seoanez *et al.*, 1999).

→ PH

El pH es un parámetro que nos indica la concentración de protones (iones hidrógeno H^+) presentes en una disolución acuosa. La escala de pH puede tomar valores de 0 a 14, siendo el punto $pH=7$ el correspondiente a una disolución neutra, esto es, sin carácter ácido ni alcalino (Seoanez *et al*, 1999).

→ ALCALINIDAD

La alcalinidad o basicidad del agua es fruto de la presencia de determinadas especies de disolución, y le aporta la capacidad de reaccionar con ácidos, neutralizando sus efectos. Las especies que confieren esta propiedad al agua son fundamentalmente los aniones hidróxidos (OH^-) carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-). Además de los aniones provenientes de la disociación de ácidos débiles (Seoanez *et al*, 1999).

→ DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5)

La DBO expresa la cantidad de O_2 necesaria para degradar a través de los microorganismos, la materia orgánica. Hay que considerar que la oxidación de la materia orgánica, no es el único fenómeno que tiene lugar en la biodegradación; a ésta se debe añadir la oxidación de los nitritos y la de las sales amoniacales, así como el consumo de oxígeno por los procesos de asimilación y de formación de nuevas células. Por lo tanto, en la medición de este parámetro se producen variaciones según las especies de microorganismos, según la concentración y edad, según la presencia de bacterias nitrificantes y según la presencia de protozoos consumidores de oxígeno y que se alimentan de bacterias (Seoanez *et al*, 1999).

→ DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verse en un curso de agua, captan parte del oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Estas necesidades de O_2 al margen de todo proceso biológico, pueden ser determinadas a través de la demanda química de oxígeno (DQO), la cual utiliza un agente fuertemente oxidante para llevar a cabo la oxidación no solo biológica sino que también la química (Seoanez *et al*, 1999).

→ TEMPERATURA

La temperatura a que se encuentre un agua es un factor clave ya que puede afectar el crecimiento de organismos entre otros factores (Seoanez *et al*, 1999).

→ MATERIALES SÓLIDOS

En múltiples ocasiones el agua actúa como transporte de los materiales con que se encuentra a su paso. Este transporte puede llevarse a cabo de distintas formas, en función de la naturaleza de las sustancias transportadas. En primer lugar están las materias ionizables, que en contacto con el agua se disuelven, y en esta forma son transportadas. Otro tipo de materiales son aquellos que si no pasan a la fase disuelta, se presentan

finalmente divididas, y son transportadas en suspensión en el seno de la corriente de agua. Por último, están los materiales insolubles que presentan un tamaño excesivamente grande para poder ser suspendidos en el agua, y que son depositadas en el fondo convirtiéndose en sólidos sedimentables (Seoanez *et al*, 1999).

→ OXÍGENO DISUELTO

Es un gas, el mas importante, que va siendo consumido por la actividad química y biológica. El oxigeno disuelto depende de muchos factores como la temperatura, altitud, movimientos del cuerpo receptor, actividad biológica, actividad química, etc. (Seoanez 1999).

→ DETERGENTES

Las sustancias activas al azul de metileno o detergentes son sustancias que tienen la propiedad de reducir la tensión superficial del líquido en el cual se encuentran disueltos, de modo que éste adquiera mayor poder de penetración a través de los poros de ciertos materiales, a la vez que se extiende más fácilmente en la superficie de los cuerpos en los que se aplica .

El incremento de estos compuestos en la vida diaria del hombre, ha traído como consecuencia su acumulación en los cuerpos de agua, dando como resultado la formación de espuma en el agua, lo cual es indeseable desde el punto de vista estético. Sin embargo, los efectos de estos compuestos son principalmente en la vida acuática debido a que causan daños a los vegetales acuáticos inhibiendo la fotosíntesis y originando la muerte del fitoplancton. Además, al alterar la tensión superficial de las aguas, se origina la pérdida del oxígeno disuelto en ellas y se permite la entrada del agua en el plumaje de las aves acuáticas, con la consecuente salida de la capa aislante de aire ocasionando muchas veces su muerte por exceso de peso o por el contacto directo con las aguas frías, de manera similar a como ocurre en presencia de petróleo. Asimismo, entre los efectos que causan los detergentes sobre los peces se encuentra la inhibición de la velocidad de crecimiento así como los daños que causan sobre los órganos quimiorreceptores y la separación del epitelio de las branquias lo que impide el libre intercambio de oxígeno (Robles *et al.*, en prensa).

Por otra parte, la acumulación de estos compuestos pueden ocasionar la eutroficación de los cuerpos de agua debido a que los detergentes presentan un alto contenido de fosfatos, los cuales son nutrientes, por lo que su presencia provoca una sobrepoblación de la flora acuática, la cual al morir, sufre una acción degradativa microbiana, ocasionando una mayor demanda de oxígeno, que perjudica a la fauna y al propio cuerpo de agua (Robles *et al.*, en prensa).

4. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS

Las aguas naturales poseen una población bacteriológica autóctona que incluye una amplísima variedad de familias, grupos y géneros. En muchas ocasiones esta flora nativa se ve aumentada con la adición de nuevos grupos que provienen del suelo, del aire y de las

excretas de humanos y animales de sangre caliente; en estas excretas la variedad de bacterias es también muy amplia y puede dividirse en dos grandes grupos: las no patógenas (flora intestinal normal) y las patógenas (flora intestinal que producen estados patológicos). Dentro de la flora intestinal normal, la familia Enterobacteriaceae es la más numerosa, ya que incluye 15 géneros, cuatro de ellos patógenos, le siguen los grupos bacteroides y bifidobacterium (que le imparten a las heces su típico olor); las formas esféricas representadas por el grupo de los enterococos; los lactobacilos, y algunas especies de *Clostridium*. Entre la flora patógena se incluyen los cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae: *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, (algunas especies) *Yersenia*, *Vibrio cholerae* y en muy raras ocasiones algunas micobacterias y corinebacterias.

Cuando se presentan las enfermedades gastrointestinales bacterianas (fiebre tifoidea, disentería, gastroenteritis, cólera) los agentes etiológicos son expulsados en las heces en grandes cantidades. Las heces usualmente se mezclan con las aguas residuales domésticas, que pueden ser descargadas en cuerpos de agua (lagos, presas, ríos, etc.) que posteriormente son utilizados como fuente de agua de abastecimiento. Si la defecación es al aire libre, las heces pueden ser arrastradas por la lluvia hasta algún cauce o penetrar por infiltración a las aguas subterráneas que alimentan pozos de abastecimiento. En cualquier caso, el hecho importante es que las enfermedades gastrointestinales pueden diseminarse a través de las aguas de abastecimiento público, sobre todo si no se les da un tratamiento antes de llegar al consumidor.

Esto nos da idea de la importancia que tiene la detección e identificación de las bacterias patógenas que puedan estar presentes en el agua. Por estas razones se han buscado bacterias o grupos de bacterias que pudieran utilizarse como indicadores de la presencia de las patógenas, esto es, indicadores de contaminación fecal.

CARACTERISTICAS DE UN INDICADOR BACTERIANO DE CALIDAD DEL AGUA

Las características que debe reunir un grupo de organismos para ser considerados como indicadores de contaminación son las siguientes:

Debe de estar presente siempre que estén los patógenos.

Su densidad debe de estar asociada con la contaminación fecal.

Debe sobrevivir en el agua más tiempo que los patógenos, pero su desaparición debe de ser inmediatamente posterior a la de aquellos.

No debe multiplicarse en el agua.

Debe estar ausente en aguas bacteriológicamente potables.

No debe ser patógeno para el hombre ni animales domésticos.

Las técnicas para su análisis deben de ser sencillas, rápidas, aplicables en cualquier tipo de aguas, y no deben presentar interferencias por otras bacterias.

Así, los grupos indicadores de la calidad bacteriológica del agua que mas se asemejan a un indicador de contaminación ideal y que se usan en pruebas de rutina son los coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales (que para algunos autores son enterococos).(SARH, 1981).

5. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua se define en relación con el uso o actividad a la que se la quiera dedicar, y por ello no podemos hablar de buena o mala calidad en abstracto, sino que cada actividad exige una calidad adecuada.

Para evaluar los cambios que las diferentes aplicaciones del agua puedan originar en su calidad, empleamos parámetros físicos, químicos y biológicos.

Con el fin de poder establecer los límites dentro de los cuales una modificación de los compuestos del agua pueda ser aceptada de manera que no resulte impropia para los distintos usos o para el medio mismo, se establecen distintas limitaciones en las reglamentaciones internacionales.

Los criterios ecológicos de calidad del agua permiten precisar los niveles máximos permisibles de las sustancias que se encuentran en el agua, para poder calificar a los cuerpos de agua, como aptos de acuerdo con su uso.

Estos criterios, establecidos con base en los niveles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua, varían ampliamente en calidad y cantidad de acuerdo a las condiciones naturales de los cuerpos de agua, al avanzado deterioro que presentan algunos de estos cuerpos, a las condiciones ambientales necesarias para la existencia y el desarrollo normal de los organismos en un ecosistema y a los diversos efectos que ocasiona la variación de las características físicas, químicas y biológicas del agua, entre especies y aún entre individuos de la misma especie; así como a los principales usos del agua (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1989).

De esta manera, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1989 menciona los siguientes criterios ecológicos de calidad del agua requeridos para el uso o aprovechamiento del agua:

Calidad para la protección de la vida de agua dulce: Grado de calidad del agua, requerido para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua dulce continental.

Calidad para la protección de la vida de agua marina: Grado de calidad del agua, requerida para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua marina.

Los criterios ecológicos de calidad del agua para la protección de la vida de agua dulce y agua marina, se establecen para garantizar la sobrevivencia de los organismos acuáticos y evitar el peligro de bioacumulación, previendo el daño a las especies que forman parte de la cadena alimenticia.

Calidad para uso en acuicultura: Grado de calidad del agua, requerido para las prácticas acuiculturales, que garantiza el óptimo desarrollo de las especies cultivadas, así como para proteger su calidad para el consumo humano.

Los criterios ecológicos de calidad del agua para uso en acuicultura, se establecieron para garantizar el crecimiento y el desarrollo de ciertas especies sujetas a cultivo o semicultivo; previendo las posibilidades de bioacumulación de sustancias que pudieran afectar la salud humana por su consumo.

Calidad para riego agrícola: Grado de calidad del agua, requerido para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivo, tipos de suelo y métodos de riego.

Los criterios ecológicos de calidad del agua para riego agrícola, se definieron considerando su aplicación a todo tipo de cultivo.

Calidad para uso como fuente de abastecimiento de agua potable: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizado como abastecimiento de agua para consumo humano, debiendo ser sometida a tratamiento, cuando no se ajusta a las disposiciones sanitarias sobre agua potable.

Los criterios ecológicos de calidad del agua en la fuente de abastecimiento para agua potable y con fines recreativos, se enfocan a la protección de la salud humana, basándose en las propiedades carcinogénicas, tóxicas u organolépticas (color, olor o sabor) de las sustancias, así como en los efectos que éstas puedan causar a los organismos que se encuentran presentes en el agua. En este caso, los criterios no se refieren a la calidad que debe tener el agua para ser ingerida, sino los niveles permisibles en el cuerpo de agua que se pretenda utilizar para proveer agua para consumo humano.

Calidad para uso pecuario: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo por los animales domésticos, que garantiza la protección de su salud y la calidad de los productos para consumo humano.

Los criterios ecológicos de calidad del agua para uso pecuario, se establecieron considerando la protección de la salud de los animales domésticos y los destinados a la alimentación del hombre, previendo las posibilidades de bioacumulación de sustancias tóxicas que pudieran afectar la salud humana.

Calidad para uso recreativo con contacto primario: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

En los criterios ecológicos de calidad del agua, para uso recreativo con contacto primario, también se tomó en cuenta, que los cuerpos de agua que se utilizan como área de recreación pueden sostener o de hecho sostienen vida acuática y que por tanto deben reunir condiciones que aseguren la protección de la vida de agua dulce o de agua marina, según sea el caso.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua puede establecerse con base en sus niveles de concentraciones de sustancias químicas u organismos, los cuales deben mantenerse por debajo de su respectivos umbrales para poder destinar el agua a actividades específicas. El índice de calidad del agua (ICA) que se utiliza en México agrupa varios parámetros capaces de indicar un deterioro en la calidad del agua (SEMARNAP 1997)

Por otra parte, el índice de calidad del agua también permite obtener un patrón de comparación entre los distintos cuerpos de agua, además de conocer por medio del ICA el estado que guarda el agua respecto a su calidad, haciendo uso de ciertos parámetros, entre ellos: oxígeno disuelto, DBO, DQO, pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, y coliformes totales y fecales. La aplicación de estos depende del uso que tiene el agua ya sea agrícola, con fines recreativos, para producción de peces, entre otros (S.A.R.H.1979).

Es indudable que tanto los indicadores bacteriológicos (coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales) como los parámetros o indicadores fisico-químicos (temperatura, alcalinidad, DBO, etc.), no se pueden desligar del índice de calidad del agua, esto debido por una parte a que la calidad del agua es una característica que abarca aspectos fisico-químicos y biológicos de un cuerpo acuático y, por otro lado, porque el índice de calidad se basa en todas estas características para determinar las alteraciones que las actividades humanas tienen sobre el cuerpo de agua. Otro aspecto por el que el índice de calidad toma en cuenta a estos indicadores es para evaluar el uso adecuado al que se puede destinar una masa de agua como lo es la Presa Valle de Bravo, México.

Por otra parte, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1979 también estableció criterios ecológicos de calidad del agua para clasificar las aguas de los cuerpos acuáticos en función de sus usos y de acuerdo a las características de la calidad del agua de estos cuerpos dándole un valor de 100 al agua para uso potable y de cero a un agua de pésima calidad (S.A.R.H.1979).

III JUSTIFICACIÓN

El agua en la tierra es la esencia de la vida, y domina por completo la composición química de todos los organismos. El crecimiento de la humanidad y la utilización de las aguas dulces de forma exponencial, han provocado que sus características fisico-químicas se vean modificadas notablemente, debido a la contaminación hecha por el hombre.

El incremento en la demanda de agua potable de la ciudad de México originó la elaboración del plan integral de abastecimiento denominado Sistema Cutzamala (SC), Por su capacidad de almacenamiento y extracción, la Presa Valle de Bravo resulta ser la más importante del SC. Además del abastecimiento, la Presa Valle de Bravo es un centro turístico importante, y significa un recurso vital para la economía de las poblaciones de Valle de Bravo y Avandaro, asentadas junto al embalse. La pesca deportiva y comercial de carpa, tilapia y trucha es un renglón fundamental (Olvera 1992).

El problema de la contaminación creciente de las aguas continentales contribuye de manera muy significativa a la disminución de la disponibilidad del vital líquido para una población mundial que crece aceleradamente.

Con base en lo anterior, se hace necesario conocer la calidad de agua de la presa Valle de Bravo la cual distribuye de agua potable a la ciudad de México, razón por la cual, el presente trabajo está enfocado en la evaluación de los contaminantes tanto físico, químicos y bacteriológicos.

IV OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad bacteriológica y físico química del agua de la presa Valle de Bravo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- * Determinación de los Coliformes totales, Coliformes fecales y *Streptococcus* fecales.
- * Determinación de los parámetros Físico Químicos: pH, temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nutrientes, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, sólidos totales, alcalinidad total, alcalinidad a la fenolftaleína, dureza total, detergentes y conductividad.
- * Calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA) con los parámetros bacteriológicos y físicoquímicos determinados.
- * Conocer el origen de la contaminación a través de la relación Coliformes fecales / *Streptococcus* fecales.
- * Conocer las diferencias entre las estaciones de muestreo y los periodos estudiados mediante un análisis de varianza.
- * Comparar los datos obtenidos, con los que establece la Norma Oficial Mexicana -127-SSA-1994.

V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Presa Valle de Bravo está ubicada en el Estado de México sobre el río del mismo nombre el cual se conforma por la unión de 5 tributarios importantes: río Amanalco, río El Molino, río Santa Mónica, río González y el río Carrizal, que conforman el embalse de la presa Valle de Bravo, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 391 millones de m³.

La presa Valle de Bravo se localiza en el municipio del mismo nombre, en el estado de México, a 19°21'30'' latitud norte y 100°11'00'' longitud oeste, a 1830 msnm. El embalse cubre un área aproximada de 18.55 Km² (1855 ha) y capta el agua de una cuenca de 546.9 Km².

La Presa Valle de Bravo está situada a 5.5 Km. al oeste de Valle de Bravo, México., la cortina se ubica en el municipio de Ixtapan del Oro, Méx., a 33 Km. al suroeste de Villa Victoria, Méx., a 31.2 Km. al suroeste de Zitácuaro, Mich., a 66 Km. al suroeste de Cd. Hidalgo, Mich., y a 80.5 Km. al suroeste de Maravatío Mich.

La Cuenca de la Presa Valle de Bravo forma parte de la cuenca alta del río Cutzamala, la cual pertenece a la provincia Fisiográfica No. Eje Neovolcánico, subprovincia No. 55 Mil Cumbres, con elevaciones que van de los 3,500 msnm a los 1,830 msnm. Geológicamente se constituye por rocas ígneas del periodo Terciario y Cuaternario de la era Cenozoica principalmente. El clima en las zonas altas de la cuenca (> 2,000 msnm) es predominantemente templado subhúmedo (temperatura media anual entre 12-18 °C) con lluvias en verano que lo hacen fresco, presentando el mes más caliente del año antes de julio. Las oscilaciones térmicas son de 5 y 7 °C. en las zonas bajas (< 2,000 msnm) el clima es semicálido subhúmedo (temperatura media anual mayor de 18°C con las mismas variantes mencionadas. La precipitación pluvial en la Cuenca oscila entre los 1,000 y los 1,300 mm anuales. El tipo de suelo que predomina es el andosol húmico y Acrisol órtico ; en menor proporción se encuentra luvisol, Cambisol, Vertisol y Litosol. La vegetación consiste en bosque de pino - encino, vegetación secundaria (Castillo *et al*, 1999)

Además del abastecimiento, la Presa Valle de Bravo es un centro turístico importante, y significa un recurso vital para la economía de las poblaciones de Valle de Bravo y Avandaro, asentadas junto al embalse. La pesca deportiva y comercial de carpa, tilapia y trucha es un renglón fundamental (Olvera 1992). (Fig. 1)

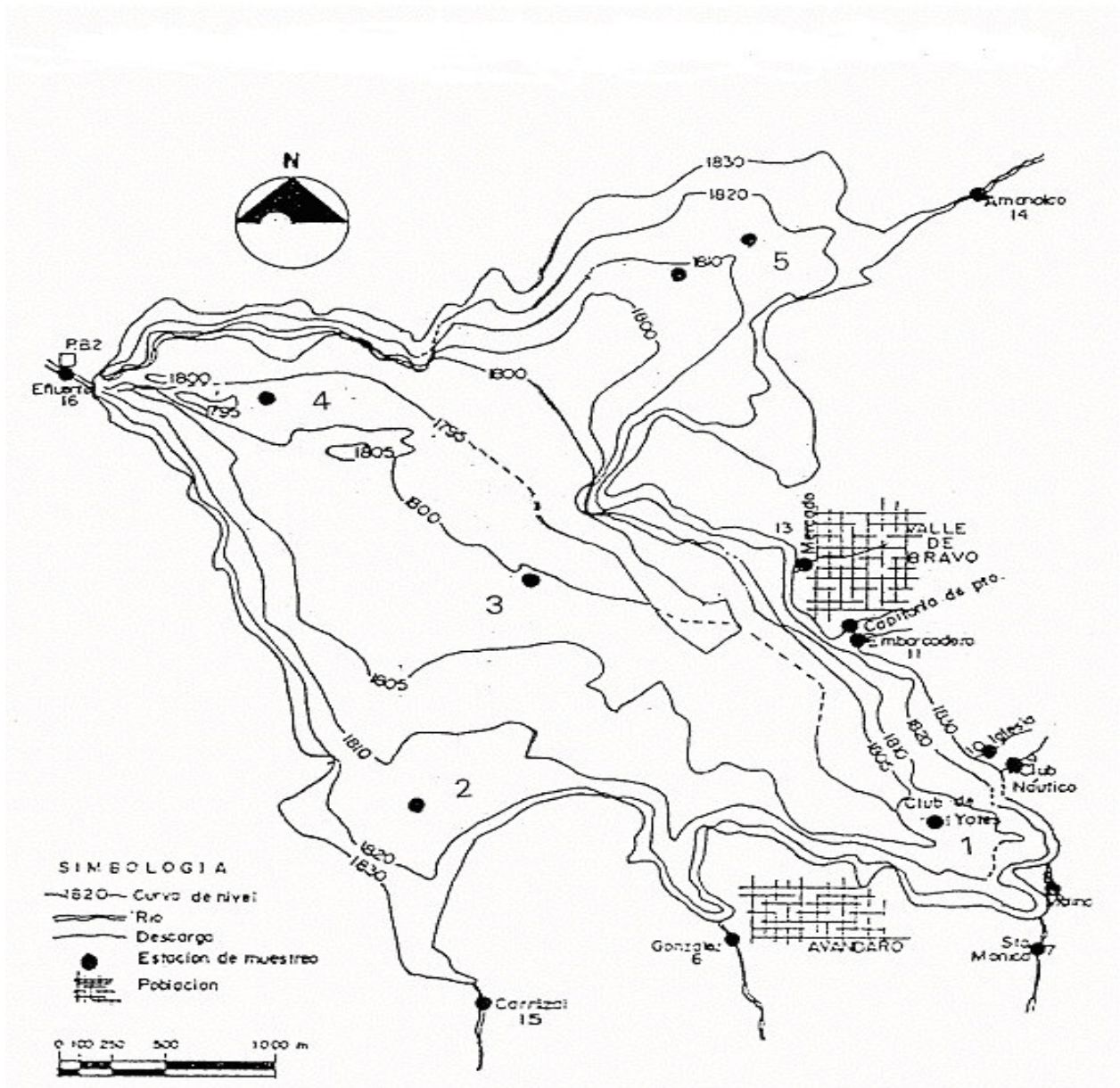


Figura 1. Puntos de muestreo en la Presa valle de Bravo (no a escala)

VI METODOLOGÍA

- Se tomaron muestras mensuales de 5 estaciones (1-Club de yates. 2-Carrizal. 3- Centro. 4-obra de toma (cortina) y 5-Amanalco), durante 8 meses (Fig.1). Para las determinaciones fisico-químicos se utilizaron 2 garrafones de plástico de 2 litros por cada estación de muestreo, adicionándoles a uno ácido sulfúrico concentrado hasta obtener pH menor de 2 y se transportaron al laboratorio en hielo; el otro frasco solo se transportó en hielo.
- Para la determinación de los análisis bacteriológicos, se utilizaron frascos de 250 ml previamente esterilizados, los cuales fueron transportados en hielo para su análisis inmediato.
- Se determinó *in situ* el pH, la temperatura y el oxígeno disuelto.
- Las técnicas analíticas que se utilizaron se presentan en la tabla 1 (Robles V. E., *et al* 1991).

Tabla 1. Técnica analítica de cada parámetro

PARÁMETRO	TÉCNICA
PH	Potenciométrica
Temperatura	Instrumento
Oxígeno disuelto	Winkler modificado
Conductividad	Conductímetro
Sólidos disueltos	Gravimétrico
Sólidos suspendidos	Gravimétrico
Alcalinidad total	Titulación con indicador
Dureza total	Titulación con EDTA
Nitratos	Brucina
Nitritos	Diazotización
DBO ₅	Dilución
DQO	Reflujo con dicromato
Fósforo total	Cloruro estanoso
SAAM	Azul de metileno
Coliformes totales	NMP
Coliformes fecales	NMP
Estreptococos fecales	NMP

- El Índice de calidad del agua (ICA) se obtuvo con la siguiente ecuación (SARH, 1979):

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

- I = Índice de calidad general
 I_i = Índice de calidad del parámetro considerado
 W_i = Valor de la importancia relativa del parámetro considerado

El índice de calidad del agua se obtiene primero conociendo los índices de calidad de cada parámetro (Tabla 2). Cada parámetro tiene un peso preponderante (Tabla 3); posteriormente se calcula el índice general de calidad del agua y se compara con la tabla 4 para obtener su uso.

El índice de calidad del agua varía de 0 a 100. El valor nulo corresponde al peor caso y el máximo a la calidad óptima (SARH, 1979).

Tabla 2. Índice individual (I_i) para cada parámetro (Tomado de SARH, 1979)

Parámetro	Índice de calidad individual para cada parámetro	Unidades	Observaciones
pH	$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.923pH}$		Si pH mayor que 7.3
Sólidos suspendidos	$I_{ss} = 266.5 (ss)^{-0.37}$	mg/l	
Sólidos disueltos	$I_{sd} = 109.1 - 0.0175(sd)$	mg/l	
Conductividad eléctrica	$I_{CE} = 540(CE)^{-0.379}$		
Alcalinidad	$I_a = 105(a)^{-0.186}$	mg/l como $CaCO_3$	
Dureza total	$I_D = 10^{1.974 - 0.00174(D)}$	mg/l como $CaCO_3$	
N de nitratos	$I_{NO_3} = 162.2(NO_3)^{-0.343}$	mg/l	
N amoniacal	$I_{NH_3} = 45.8(NH_3)^{-0.343}$	mg/l	
Fosfatos totales	$I_{PO_4} = 34.215(PO_4)^{-0.46}$	mg/l	
Cloruros	$I_{Cl} = 121(Cl)^{-0.223}$	mg/l	
Oxígeno disuelto	$I_{OD} = \frac{(OD)}{OD_{sat}} 100$	OD mg/l a T° de campo OD sat mg/l de saturación a misma T° de campo	La concentración de saturación del oxígeno disuelto se obtiene con la siguiente fórmula: $C_s = 14.6 - 0.3943T + 0.007714T^2 - 0.0000646T^3$ donde C_s = concentración de saturación de OD (mg/l) T = Temperatura puntual en $^\circ C$
Detergentes	$I_{SAAM} = 100 - 16.670(SAAM) + 0.1587(SAAM)^2$	SAAM en mg/l	
Demanda bioquímica de oxígeno	$I_{DBO} = 120(DBO)^{-0.673}$	DBO en mg/l	
Coliformes totales	$I_{CT} = 97.5(CT)^{-0.27}$	CT = NMP coli/ml	
Coliformes fecales	$I_{EC} = 97.5(5 <EC>)^{-0.27}$	EC = <i>Escherichia coli</i> /ml	

Tabla 3. Importancia relativa de los parámetros para definir el índice de calidad del agua (Tomado de SARH, 1979)

Parámetro	Importancia relativa	Parámetro	Importancia relativa
pH	1.0	N de nitratos	2.0

Dureza total	1.0	N amoniacal	2.0
Detergentes (SAAM)	3.0	Fosfatos totales	2.0
Sólidos suspendidos	1.0	Cloruros	0.5
Sólidos disueltos	0.5	Oxígeno disuelto	5.0
		DBO	5.0
Conductividad eléctrica	2.0	Coliformes totales	3.0
Alcalinidad	1.0	Coliformes fecales	4.0

Tabla 4. Usos del agua según el índice de calidad del agua (Tomado de SARH, 1979)

100	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación	Aceptable	Aceptable		
90	Ligera purificación			Ligera purificación para algunos procesos				
80	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para industria normal				
70			Dudoso para especies sensibles					
60	Dudoso	Dudoso para el contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Con tratamiento en la mayor parte de la industria				
50							Sin contacto con el agua	
40	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Uso muy restringido			Restringido	
30				Uso muy restringido			Inaceptable	Inaceptable
20				Inaceptable			Inaceptable	Inaceptable
10	Abastecimiento	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola			Navegación	Inaceptable
0					Transporte de desechos tratados			

VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las determinaciones bacteriológicas y fisico-químicos por cada estación de muestreo se presentan en el anexo I.

1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Para aplicar el análisis estadístico descriptivo a los datos obtenidos de los parámetros bacteriológicos y fisico-químicos se calculó la media y los valores se agruparon por periodo y por estación de muestreo. Las medias y desviaciones estándar de los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): El valor máximo presentado fue de 3.41 mg/l y el mínimo fue de 0.747 mg/l, por lo que la contaminación por materia orgánica fue muy baja y se mantuvo homogénea. Sin embargo, se presentó un ligero incremento en los periodos 1 (estación 1) y 3 (estación 5), lo que nos indica que en estos muestreos hubo un ligero aporte de materia orgánica a la Presa. Probablemente este aporte en la estación 5 fue debido a que en ese punto desemboca el río Amanalco, el cual en su trayecto pasa por la población de Amanalco de Becerra, México; más adelante pasa por San Bartolo, México hasta su confluencia con el vaso de la Presa Valle de Bravo en su paso por estas poblaciones puede haber una contaminación doméstica y ganadera lo que provoca quizás el aumento de materia orgánica al embalse (Castillo *et al*). En la estación 1 que corresponde al club de Yates la materia orgánica pudo ser aportada por influencias antropogénicas ya que ahí se encuentra un club náutico (Fig. 2).

Demanda química de oxígeno (DQO): Los resultados de la DQO de las diferentes estaciones y periodos nos muestran un promedio en sus fluctuaciones que van de 4.65 mg/l a 30.81 mg/l. Sin embargo en el periodo 1 (estaciones 1 y 3) y en el periodo 3 (estación 5), hubo un ligero incremento en la DQO. Esto probablemente pudo deberse al igual que en la DBO₅ a los contaminantes que aporta el río en caso de la estación 5 y a la contaminación originada por el club náutico en la estación 1, en el caso de la estación 3 (Centro) esta suma las de esas estaciones haciendo que esta estación presente el valor más alto de DQO (Fig. 3).

Oxígeno disuelto (OD): Los valores de OD presentaron variaciones que oscilaron entre 5.53 y 8.26 mg/l. En general los periodos 1 y 2 presentaron ligeras fluctuaciones y en la época de lluvias se presentó la mayor demanda de oxígeno disuelto (5.26 mg/l), correspondiente al periodo 1. Por lo que se puede asumir que hay un aumento de materia orgánica proveniente de los efluentes que tiene la presa ocasionando que los microorganismos consumieran el oxígeno disuelto para llevar a cabo la oxidación de ésta. La demanda de oxígeno más baja se presentó en el periodo 2 época de frío, lo cual ocasionó que los microorganismos no tuvieran la temperatura adecuada para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica. El periodo 3 (secas) fue el más constante, hay un ligero aumento del OD presentándose el valor más alto (8.07 mg/l). Por otro lado estos valores son los que se pueden registrar normalmente en este tipo de aguas (Fig. 4).

El oxígeno disuelto en el agua es un elemento primordial para la existencia de la biota acuática. En los ecosistemas acuáticos procede principalmente de dos fuentes: de la atmosférica y de su generación por los productores primarios (Contreras, 1993).

De acuerdo a Bales y Conklin (1997) los niveles de oxígeno disuelto menores a 3 mg / l ejercen presión sobre la mayoría de los organismos acuáticos. A este respecto, Ramírez *et al.*, 1995 mencionan que, en general el ámbito crítico para la sobrevivencia de los peces, es de 3 a 4 mg/l, por lo que los valores encontrados en la presa estuvieron muy por arriba de dichos límites para la sobrevivencia de los peces.

Nitritos (NO_2): En los resultados de los nitritos los valores oscilaron entre 0.001 y 0.017 mg/l, considerándose constantes y sin aumentos considerables. La presencia de éstos nos indican que se esta dando el proceso de degradación de materia orgánica. Aunque se encuentran por debajo de lo que marca la ley (La NOM-127-SSA 1-1994 como máximo 0.05 mg/l), se tiene que tener cuidado ya que altas concentraciones provoca enfermedades de acción tóxica. (Fig. 5).

Nitratos (NO_3): Sus valores oscilaron entre 0.102 mg/l y 0.952 mg/l, (La NOM-127-SSA 1-1994 especifica un nivel máximo de 10.00 mg/l para que el agua sea considerada potable). Los valores se incrementan un poco en el periodo 2 posiblemente debido a la oxidación completa de la materia orgánica, lo cual coincide con los valores bajos de ésta en ese periodo. Sin embargo aunque los valores fueron bajos, se debe tener cuidado con este parámetro ya que son compuestos nitrogenados con gran repercusión sanitaria, cuya acción tóxica (metahemoglobinizante, hipotensivo, cancerígeno) esta suficientemente probada. En cuanto a las demás periodos se observa que los valores se mantienen constantes y por debajo de los del periodo 2, (Fig. 6).

Nitrógeno amoniacal (NH_3): Los valores presentados son muy bajos (0.027 a 0.511 mg/l), lo cual indica que casi no hay materia orgánica, coincidiendo esto con los bajos valores de la DBO_5 y la presencia de NO_3 , indicando una oxidación completa. Sin embargo dentro de los valores bajos del NH_3 , se pudo apreciar que el periodo 1 presentó los valores ligeramente mas altos con respecto a los periodos 2 y 3 debiéndose al ligero aporte de materia orgánica aportado con las lluvias por los afluentes (Fig. 7).

Ortofosfatos (PO_4): Tienen un comportamiento muy variable encontrando desde valores altos hasta su ausencia. El valor mas alto (0.08 mg/l), se presenta en el periodo 1 en la época de lluvias, atribuyéndose a esto la razón de su aumento el cual incrementa la entrada de agua que a veces tiene el efecto de dilución pero en otras puede arrastrar contaminantes de otros lugares, como pudiera ser este caso. Este parámetro es de los más importantes ya que los ortofosfatos aunque son micronutrientes, en exceso ocasionan un crecimiento desmedido de las plantas, agotando el oxígeno disuelto de ese cuerpo de agua y acelerando su envejecimiento. Este tipo de contaminante es muy común encontrarlo en las aguas residuales, domésticas e industriales, las aguas sobrantes de riego en la agricultura que han sido enriquecidas con abonos, el agua de escorrentía después de talas, incendios o el uso de herbicidas, operaciones que movilizan una elevada proporción de los nutrientes contenidos en el suelo. Estos últimos tiempos, el uso masivo de detergentes fosforados (polifosfatos)

ha sido la causa principal del rápido enriquecimiento en fósforo de muchos lagos y de gravísimos problemas de eutrofización (Margalef 1983). (Fig. 8)

Fosfatos totales: Aquí se observó que solo en el periodo 3 de todas las estaciones no se detectaron los fosfatos. En los demás periodos los resultados tienden a aumentar. También se puede apreciar que en todas las estaciones del periodo 1 son las más elevadas que corresponden a la época de lluvias quizá siendo esta la razón por la cual aumenten los fosfatos (Fig. 9).

Dureza total: En general los valores fueron muy homogéneos oscilando entre 59.10 mg/l y 67.50 mg/l. Estos valores nos indican que el grado de dureza esta entre agua suave (1 a 60 mg/l) y moderadamente dura (61 a 120 mg/l), (ASTM, 1976). La dureza total de las aguas es un componente con bastante significancia en la calidad físico-química del agua. Aunque no se conoce con claridad los efectos de las aguas duras y blandas sobre el organismo de los consumidores; ciertos estudios epidemiológicos parecen apuntar que la incidencia de enfermedades cardiovasculares es mayor en las zonas de consumo de aguas blandas. Por otra parte, las aguas blandas facilitan la disolución de metales de las cañerías provocando entre otras enfermedades, saturnismo (intoxicación por plomo) en aquellos abastecimientos en que aún conservan tuberías antiguas de plomo (Rodríguez *et al* 2001). (Fig. 10).

pH: Los valores de pH oscilan entre 8.02 y 9.24, lo cual indica que en general el agua es de carácter alcalino, esto quizás se deba al tipo de roca que hay en la zona y a los procesos de oxidación, nitrificación, así como la emisión de CO₂ procedente de los procesos de biodegradación de la materia orgánica presente. El pH es un parámetro de importancia en los procesos de corrosión que pueden tener lugar en la Presa (Fig. 11).

Alcalinidad total y a la fenolftaleína. La alcalinidad total en general presentó muy poca variación oscilando los valores entre 66.9 y 86.5. Tanto la alcalinidad total como a la fenolftaleína presentaron valores bajos lo que nos indican aguas ligeramente alcalinas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos (Fig. 12 y 13).

Cloruros: Los valores obtenidos en los cloruros presentan un comportamiento homogéneo en todas las estaciones y periodos. Las medias oscilaron entre 4.31mg/l y 2.44 mg/l. El nivel en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo pero en concentraciones superiores a 200 mg/l no resulta aconsejable en caso de hipertensión o de problemas renales. Se recomienda 50 mg/l para el consumo diario (Rodríguez *et al*, 2001), por lo que se puede considerar que en función de los niveles de cloruros encontrados en la Presa Valle de Bravo, su consumo como agua potable no representaría ningún problema (Fig. 14).

Temperatura: La temperatura más alta registrada fue de 24°C en el periodo 3 que pertenece a la época de secas. El valor mas bajo se registra durante el periodo de fríos y es de 19 grados centígrados. La temperatura es una medida de la energía, la cual es muy importante para poder determinar las características de la Presa, de igual forma va a regular todos los procesos biológicos que se lleven a cabo dentro de la Presa (Fig. 15).

Sólidos totales, suspendidos y disueltos: Como se puede observar los sólidos tanto disueltos como suspendidos no presentan variaciones significativas y los valores encontrados en los sólidos totales se encuentran dentro de los límites permisibles para agua de consumo humano. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y puede inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Por estas razones, para las aguas potables es deseable un límite de 500 mg/l (Eaton *et al*, 1995) (Fig. 16, 17 y 18).

Conductividad: Es un parámetro relacionado con el conjunto de iones (y por tanto de sales) del agua. Los valores encontrados no mostraron grandes variaciones. La medias de 103 a 157 μ siems/cm, indica que es agua con una concentración media de sales disueltas lo cual coincide con los resultados de la alcalinidad, dureza, cloruros y sólidos disueltos (Fig. 19).

Coliformes totales y Coliformes fecales. Los valores, en logaritmos, oscilaron para los coliformes totales entre 2.320 y 0.835 y para los coliformes fecales entre 2.023 y 0.269. La variabilidad se presentó en los tres periodos lo cual indica una constante contaminación, aunque las estaciones uno y cinco presentaron la mayor contaminación, coincidiendo esto con los parámetros relacionados con contaminación por materia orgánica, esto representaría un problema sanitario si se consume como agua potable ya que la NOM-127-SSA1-1994 nos indica que no debe haber presencia de estas en el agua potable, de igual forma al encontrar presencia de Col. Fecales y Col. Totales en el agua es un indicativo de que hay una contaminación por desechos fecales de origen animal de sangre caliente(humano).(Fig. 20 y 21)

Estreptococos fecales. Los valores, en logaritmos, oscilaron entre 2.269 y 0.736 al igual que los coliformes la variabilidad se presentó en los tres periodos. El grupo de los estreptococos fecales está formado por varias especies del género *Streptococcus*, como son *S. faecalis*, *S. faecium*, *S.S. avium*, *S. bovis*, *S. equinus* y *S. gallinarum*. El hábitat normal de los estreptococos fecales es el aparato digestivo de los animales de sangre caliente (Eaton *et al*, 1995) (Fig. 22).

Tabla 5. Medias y desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

PERIODO/ESTACION		DBO ₅	DQO	OD	NITRITOS
		MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.ES	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST
1	1	2.987 ± 2.470	26.450 ± 24.220	6.812 ± 1.353	.008 ± .005
1	2	1.672 ± 1.130	12.602 ± 2.494	5.767 ± 1.872	.009 ± .003
1	3	2.360 ± 1.966	30.812 ± 36.471	5.532 ± 1.610	.009 ± .003
1	4	1.632 ± 1.448	13.042 ± 5.596	5.627 ± 1.661	.009 ± .003
1	5	1.875 ± 1.653	12.852 ± 7.761	5.635 ± 2.630	.008 ± .003
2	1	.847 ± 1.014	4.652 ± 2.316	8.260 ± 4.701	.013 ± .014
2	2	.822 ± .975	5.967 ± 1.999	7.802 ± 5.103	.017 ± .020
2	3	.747 ± .863	5.592 ± 4.125	6.907 ± 2.357	.013 ± .012
2	4	.850 ± 1.072	6.227 ± 3.515	8.107 ± 4.166	.017 ± .015
2	5	.770 ± .894	6.257 ± 3.190	7.752 ± 4.186	.017 ± .014
3	1	2.310 ± .705	13.305 ± 3.060	6.900 ± 1.708	.001 ± .001
3	2	2.285 ± .655	15.552 ± 6.106	6.800 ± 1.641	.001 ± .001
3	3	2.092 ± .578	15.645 ± 5.834	6.850 ± 1.941	.001 ± .001
3	4	1.090 ± .855	15.567 ± 4.427	6.800 ± 1.811	.002 ± .002
3	5	3.415 ± 2.086	20.660 ± 9.666	6.800 ± 1.356	.001 ± .001

Periodo 1 = agosto, septiembre, octubre y noviembre

Periodo 2 = diciembre, enero, febrero y marzo

Periodo 3 = abril, mayo, junio y julio

Continuación de la Tabla 5 Medias y desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

PERIODO/ESTACION		NITRATOS	NH ₃	ORTOFOSFATOS	FOSFATOS TOTALES
		MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST
1	1	.237 ± .139	.307 ± .248	.080 ± .040	.275 ± .036
1	2	.207 ± .126	.212 ± .268	.074 ± .036	.233 ± .021
1	3	.205 ± .121	.521 ± .300	.080 ± .040	.295 ± .099
1	4	.210 ± .095	.476 ± .320	.076 ± .037	.233 ± .033
1	5	.195 ± .135	.510 ± .347	.079 ± .040	.282 ± .099
2	1	.952 ± .390	.030 ± .060	.005 ± .010	.149 ± .149
2	2	.775 ± .492	.027 ± .055	.004 ± .008	.150 ± .155
2	3	.872 ± .589	.067 ± .135	.004 ± .008	.154 ± .155
2	4	.807 ± .398	.076 ± .103	.004 ± .008	.122 ± .131
2	5	.322 ± .281	.107 ± .215	.004 ± .009	.135 ± .135
3	1	.230 ± .181	.091 ± .069	.000 ± .000	.000 ± .000
3	2	.165 ± .130	.113 ± .093	.000 ± .000	.000 ± .000
3	3	.102 ± .068	.059 ± .073	.000 ± .000	.000 ± .000
3	4	.267 ± .214	.062 ± .100	.000 ± .000	.000 ± .000
3	5	.200 ± .179	.190 ± .168	.000 ± .000	.000 ± .000

Periodo 1 = agosto, septiembre, octubre y noviembre

Periodo 2 = diciembre, enero, febrero y marzo

Periodo 3 = abril, mayo, junio y julio

Continuación de la Tabla 5 Medias y desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

PERIODO/ESTACION		pH	ALCTOT	ALCFEN	CLORUROS
		MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST
1	1	8.717 ± .734	66.900 ± 11.772	0.900 ± 1.800	4.317 ± 1.576
1	2	8.745 ± .594	68.925 ± 11.477	1.125 ± 2.2500	3.300 ± 1.467
1	3	8.517 ± .844	67.750 ± 10.951	0.675 ± 1.350	3.057 ± 1.036
1	4	8.447 ± .876	70.200 ± 11.065	1.350 ± 2.700	3.235 ± .693
1	5	8.335 ± 1.001	68.700 ± 11.801	3.450 ± 4.809	2.627 ± .482
2	1	8.022 ± .543	84.000 ± 10.198	2.500 ± 5.000	3.612 ± 2.424
2	2	8.127 ± .491	86.500 ± 7.187	3.000 ± 6.000	3.267 ± 2.109
2	3	8.122 ± .984	83.500 ± 8.062	2.000 ± 4.000	2.892 ± 1.292
2	4	8.442 ± .811	80.000 ± 8.326	2.000 ± 4.000	3.017 ± 1.636
2	5	8.445 ± .765	80.000 ± 6.324	1.500 ± 3.000	2.765 ± 1.374
3	1	9.247 ± .272	73.000 ± 8.279	8.617 ± 3.842	2.955 ± .317
3	2	9.047 ± .666	71.450 ± 7.677	7.302 ± 1.015	2.510 ± .704
3	3	9.167 ± .317	73.500 ± 7.836	7.095 ± 3.887	2.447 ± .714
3	4	9.040 ± .679	78.050 ± 15.307	7.602 ± 3.045	2.950 ± .966
3	5	9.057 ± .638	66.947 ± 13.454	5.827 ± 4.853	2.447 ± .714

Periodo 1 = agosto, septiembre, octubre y noviembre

Periodo 2 = diciembre, enero, febrero y marzo

Periodo 3 = abril, mayo, junio y julio

Continuación de la Tabla 5 Medias y desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

PERIODO/ESTACION		DUREZATOTAL	TEMPERATURA	SOLIDOSTOT	SOLIDOS SUS
		MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST
1	1	66.225 ± 7.513	23.000 ± 1.825	103.750 ± 8.185	14.500 ± 8.426
1	2	65.625 ± 7.503	22.000 ± 1.825	93.802 ± 7.757	6.225 ± 1.265
1	3	67.200 ± 9.044	21.750 ± 1.707	102.590 ± 10.842	13.750 ± 15.107
1	4	64.075 ± 8.097	22.000 ± 1.825	94.650 ± 11.492	6.250 ± 2.986
1	5	66.750 ± 7.593	22.125 ± 1.652	94.965 ± 2.323	6.125 ± 3.567
2	1	59.100 ± 6.700	20.125 ± 1.652	108.932 ± 13.937	2.875 ± 1.931
2	2	61.275 ± 5.410	19.375 ± 1.887	127.260 ± 49.892	2.625 ± 2.015
2	3	62.875 ± 4.784	19.375 ± 2.286	101.877 ± 11.210	2.625 ± 1.931
2	4	62.850 ± 8.315	19.375 ± 1.376	105.787 ± 11.313	2.375 ± 2.462
2	5	66.625 ± 4.660	20.000 ± 2.000	107.202 ± 11.767	2.562 ± 1.196
3	1	63.750 ± 4.787	23.500 ± 1.290	106.250 ± 12.500	6.125 ± 1.436
3	2	67.500 ± 3.316	23.750 ± .500	119.250 ± 15.129	3.375 ± .478
3	3	65.500 ± 4.434	23.750 ± 1.500	108.875 ± 14.320	3.200 ± 1.061
3	4	66.000 ± 4.898	23.250 ± .957	116.625 ± 15.670	3.725 ± .607
3	5	65.500 ± 7.187	24.125 ± .629	117.550 ± 4.900	5.400 ± 2.617

Periodo 1 = agosto, septiembre, octubre y noviembre

Periodo 2 = diciembre, enero, febrero y marzo

Periodo 3 = abril, mayo, junio y julio

Continuación de la Tabla 5 Medias y desviaciones estándar de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos

PERIODO/ESTACION		SOLIDOS DIS	CONDUCTIV	COL. TOT	COL. FEC
		MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST	MEDIA/DESV.EST
1	1	89.257 ± 8.418	105.000 ± 9.899	2.130 ± 1.060	1.499 ± 1.003
1	2	87.570 ± 8.786	103.025 ± 10.338	1.800 ± .788	1.008 ± .723
1	3	88.840 ± 8.726	104.525 ± 10.265	1.863 ± 1.271	1.201 ± .530
1	4	88.400 ± 10.081	104.000 ± 11.860	2.174 ± .951	.954 ± .556
1	5	88.845 ± 4.210	104.525 ± 4.951	2.304 ± .699	1.991 ± .566
2	1	106.057 ± 12.364	121.600 ± 12.951	2.254 ± .905	.685 ± .962
2	2	124.635 ± 47.980	155.425 ± 73.641	1.704 ± .439	.313 ± .449
2	3	99.252 ± 11.615	115.475 ± 14.585	1.292 ± .491	.594 ± .549
2	4	103.412 ± 10.565	117.575 ± 14.623	1.829 ± 1.040	.847 ± 1.199
2	5	104.640 ± 11.787	120.475 ± 15.879	1.834 ± 1.336	.624 ± .894
3	1	101.375 ± 11.528	157.750 ± 4.991	2.320 ± .474	2.023 ± .794
3	2	116.625 ± 16.336	149.750 ± 19.276	.835 ± .436	.269 ± .367
3	3	106.800 ± 14.158	148.000 ± 18.129	1.348 ± .987	1.065 ± .736
3	4	113.775 ± 14.555	149.750 ± 19.465	1.423 ± .859	1.083 ± .578
3	5	113.125 ± 3.163	150.000 ± 18.129	2.263 ± .476	1.649 ± .588

Periodo 1 = agosto, septiembre, octubre y noviembre

Periodo 2 = diciembre, enero, febrero y marzo

Periodo 3 = abril, mayo, junio y julio

Continuación de la Tabla 5 Medias y desviaciones estándar de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos

PERIODO/ESTACION		ESTFEC
		MEDIA/DESV.EST
1	1	2.204 ± .800
1	2	1.887 ± 1.403
1	3	1.725 ± .560
1	4	1.718 ± 1.234
1	5	1.944 ± .864
2	1	1.092 ± .985
2	2	1.668 ± .407
2	3	2.269 ± 1.027
2	4	.736 ± .687
2	5	1.696 ± .599
3	1	1.756 ± .461
3	2	1.079 ± 1.510
3	3	1.361 ± 1.644
3	4	1.036 ± .730
3	5	.962 ± .502

Periodo 1 = agosto, septiembre, octubre y noviembre

Periodo 2 = diciembre, enero, febrero y marzo

Periodo 3 = abril, mayo, junio y julio

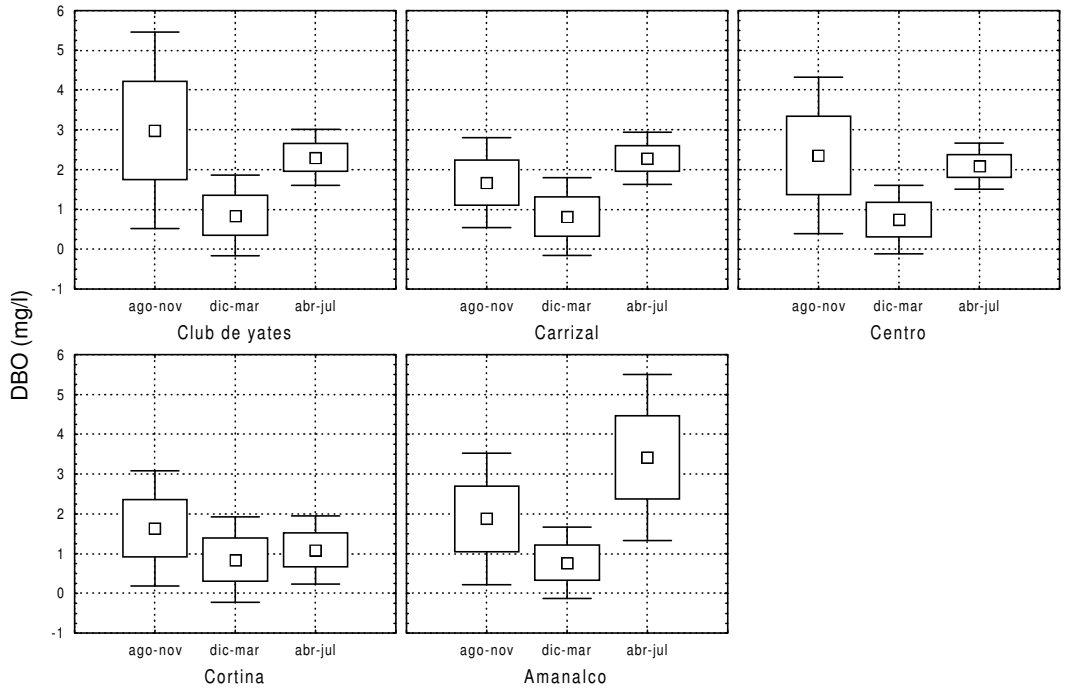


Figura 2. Análisis Estadístico Descriptivo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

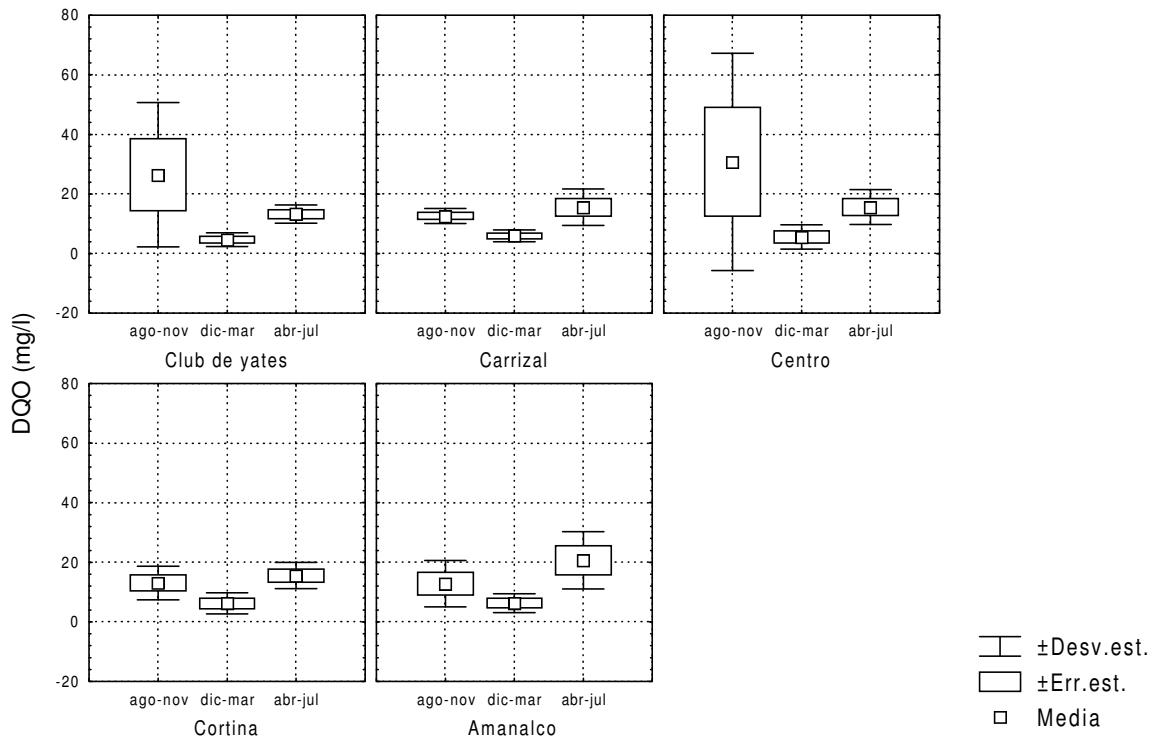


Figura 3. Análisis Estadístico Descriptivo de la Demanda Química de Oxígeno.

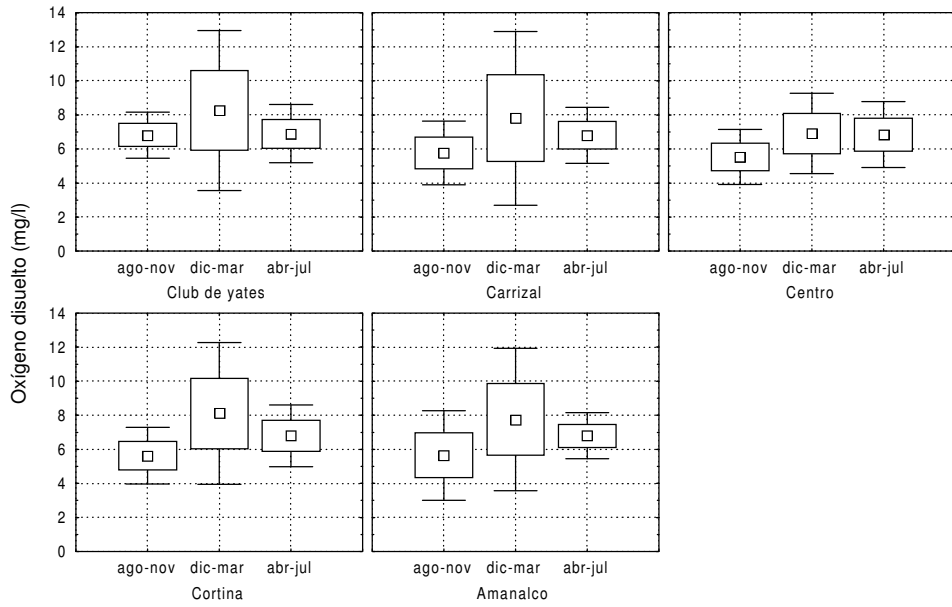


Figura 3. Análisis Estadístico Descriptivo de la Oxígeno disuelto.

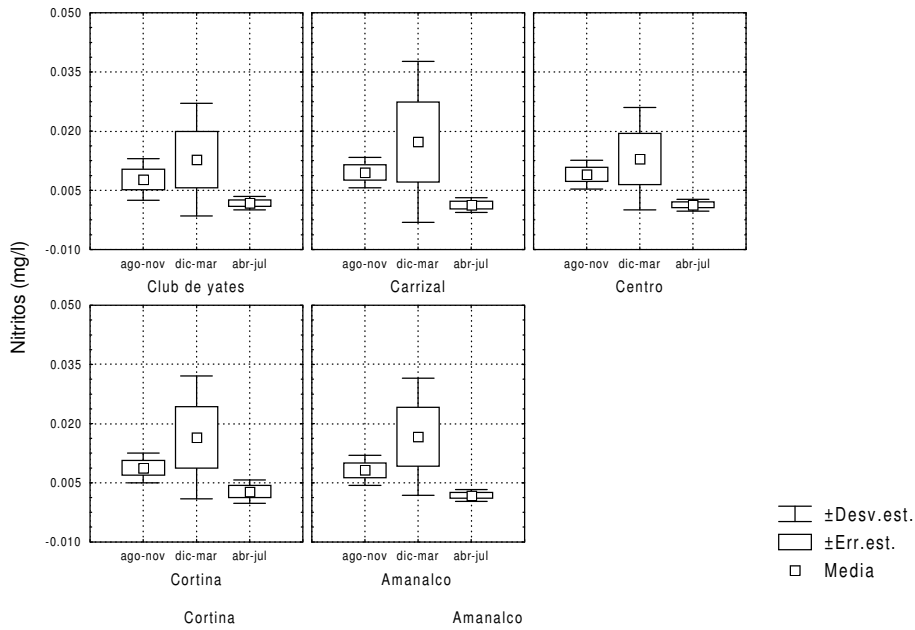


Figura 4. Análisis Estadístico Descriptivo de la Nitritos.

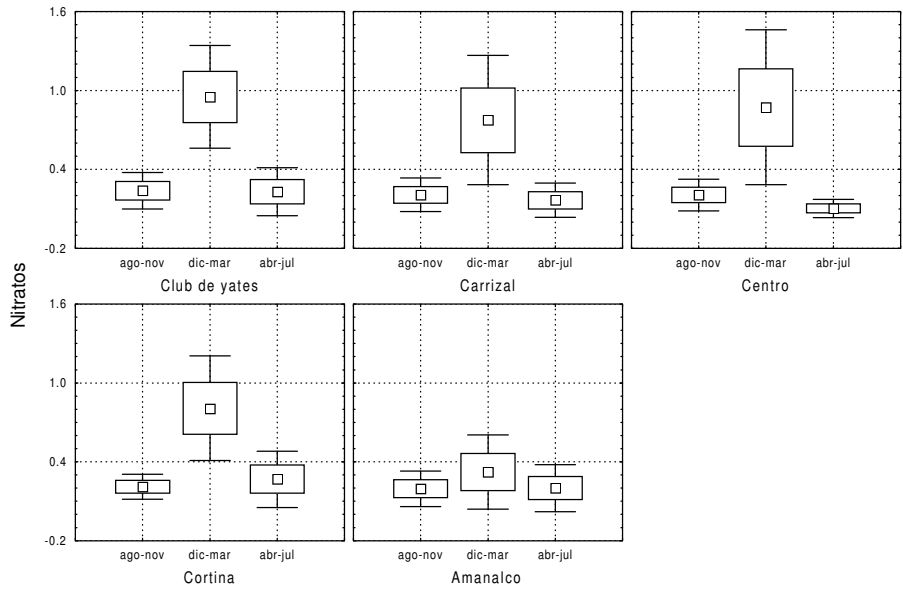


Figura 5. Análisis Estadístico Descriptivo de los Nitratos.

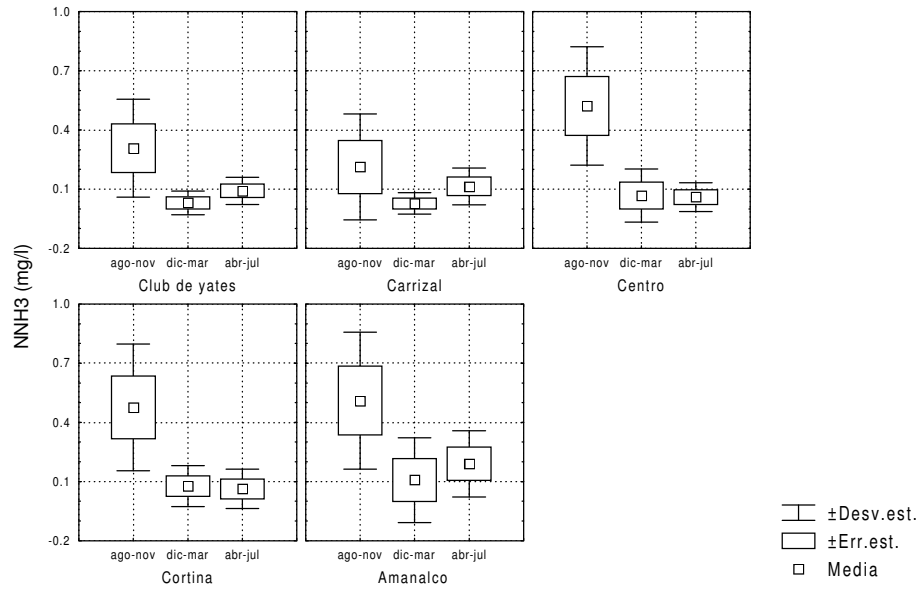


Figura 6. Análisis Estadístico Descriptivo del Nitrógeno Amoniaco.

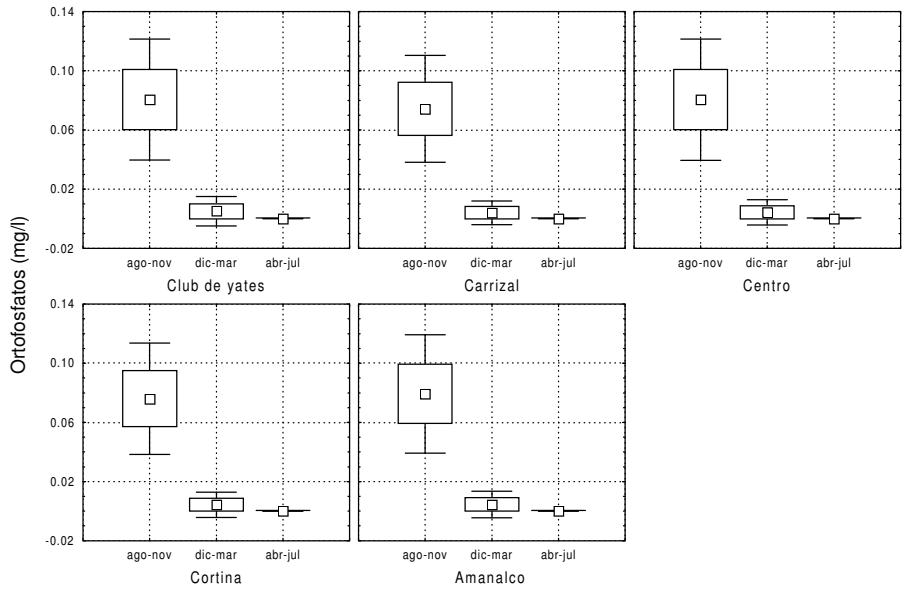


Figura 7. Análisis Estadístico Descriptivo de los Ortofosfatos.

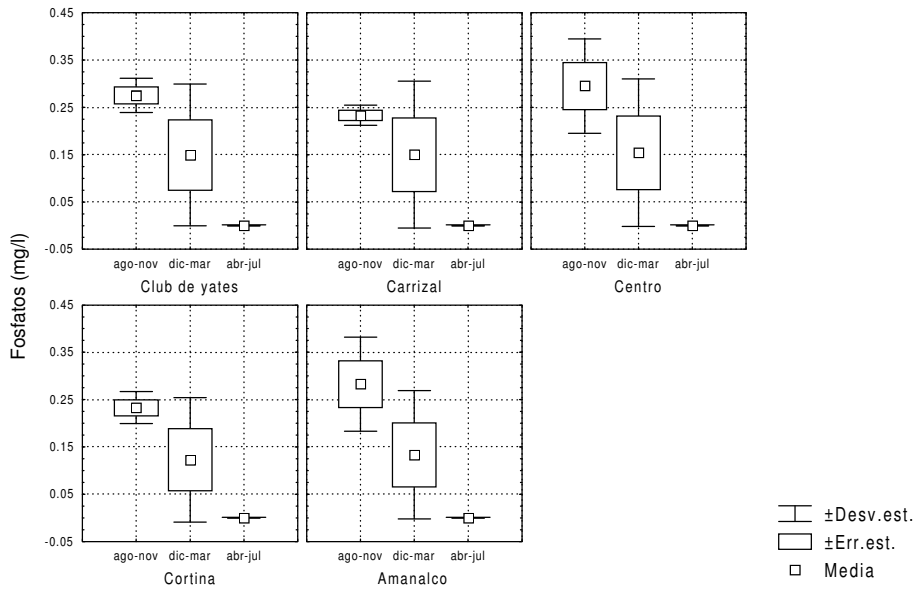


Figura 8. Análisis Estadístico Descriptivo de los Fosfatos.

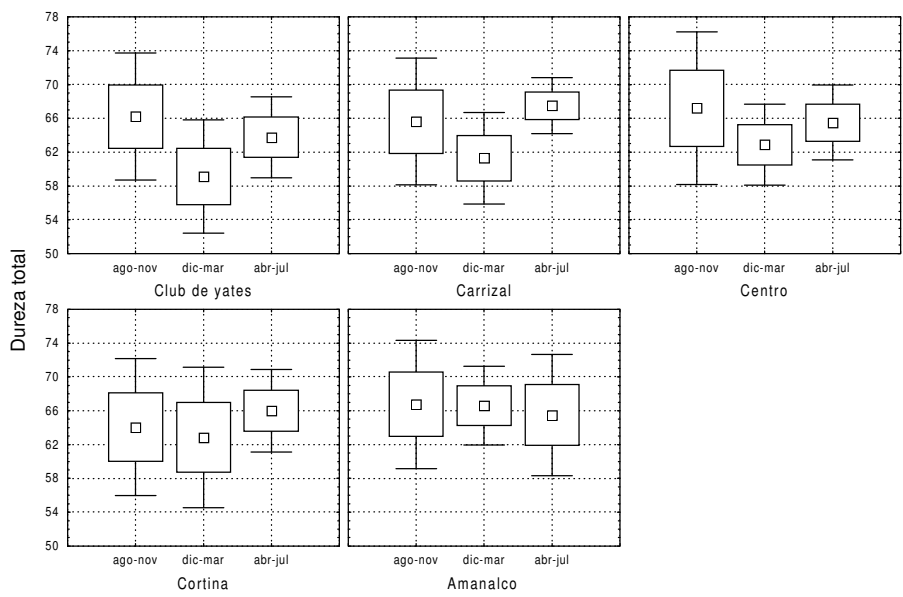


Figura 9. Análisis Estadístico Descriptivo de la Dureza total.

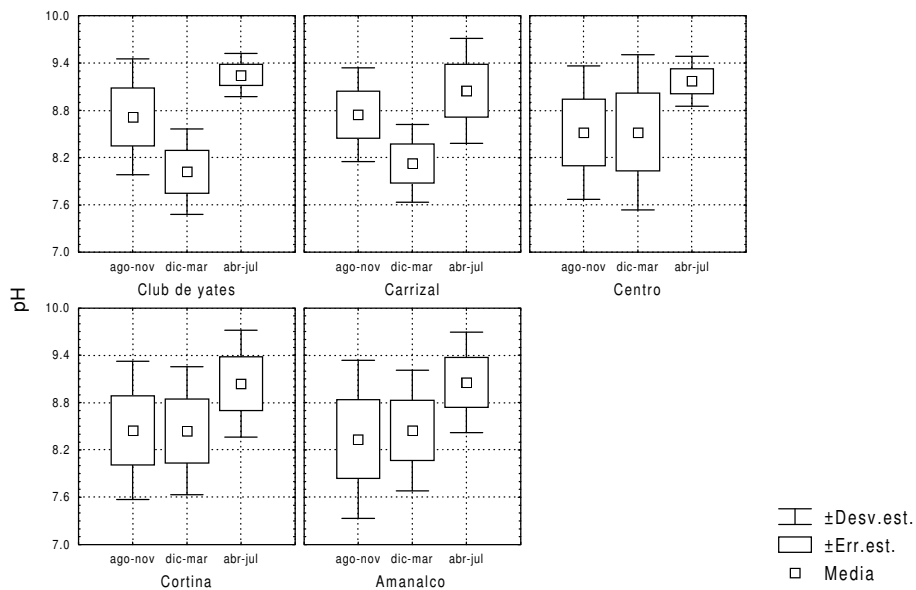


Figura 10. Análisis Estadístico Descriptivo del pH.

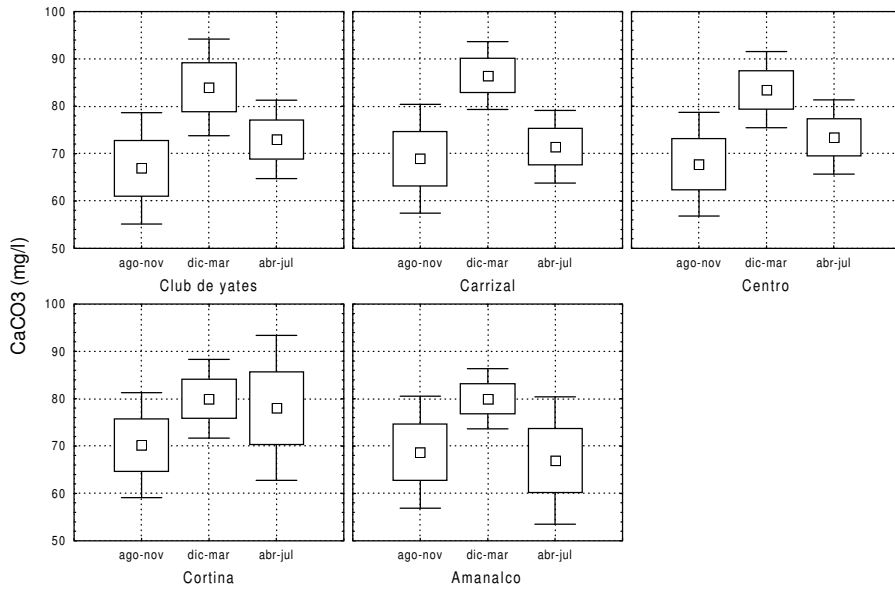


Figura 11. Análisis Estadístico Descriptivo de la Alcalinidad total.

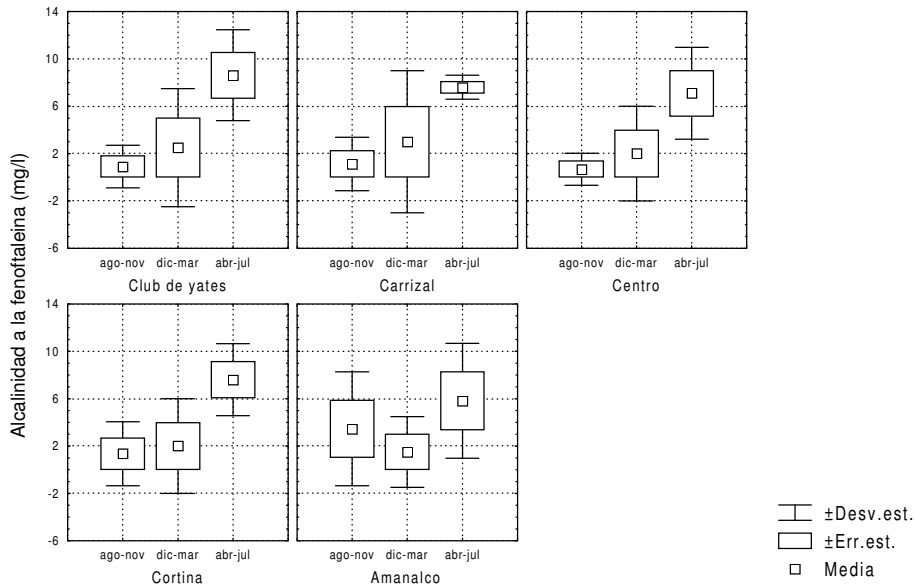


Figura 12. Análisis Estadístico Descriptivo de la Alcalinidad a la Fenoltaleina.

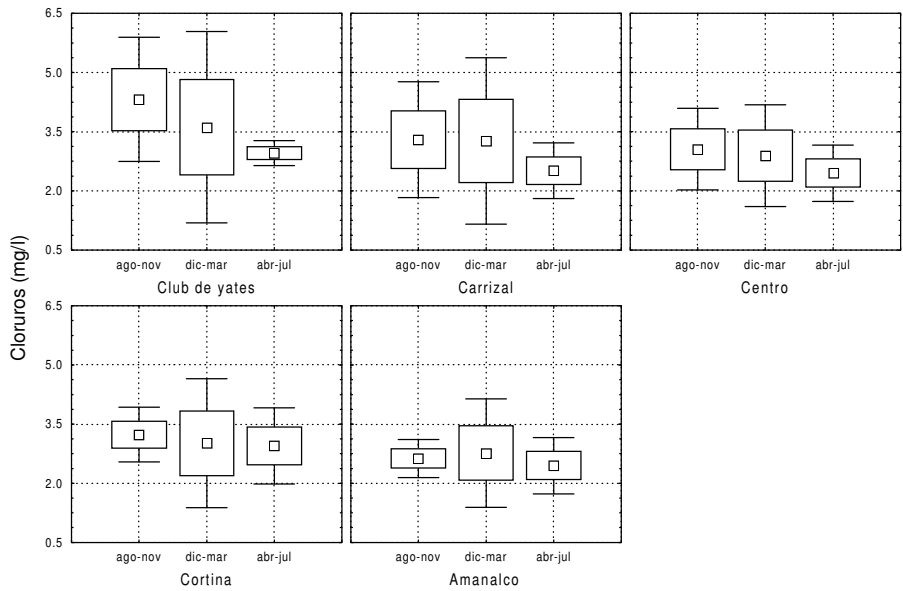


Figura 13. Análisis Estadístico Descriptivo de los Cloruros.

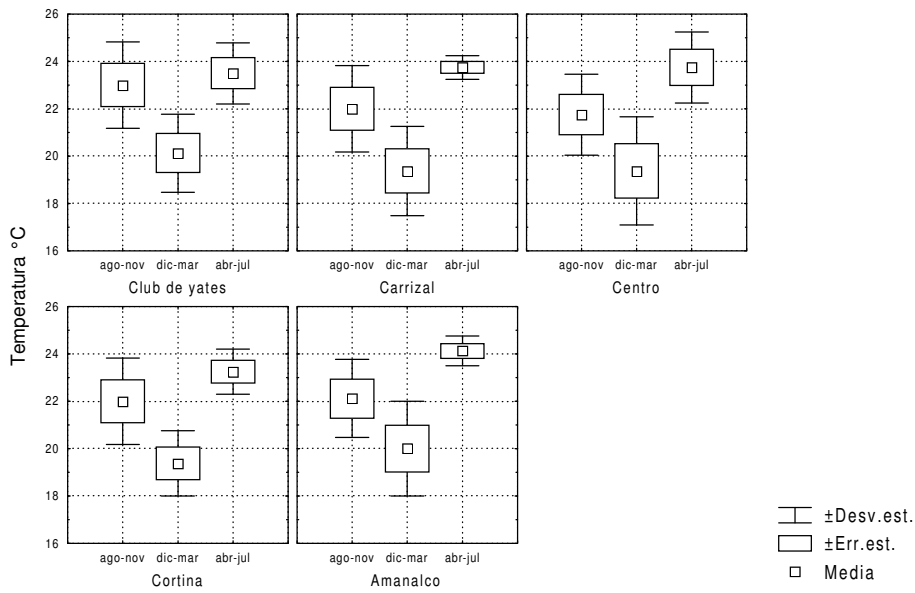


Figura 14. Análisis Estadístico Descriptivo de la Temperatura.

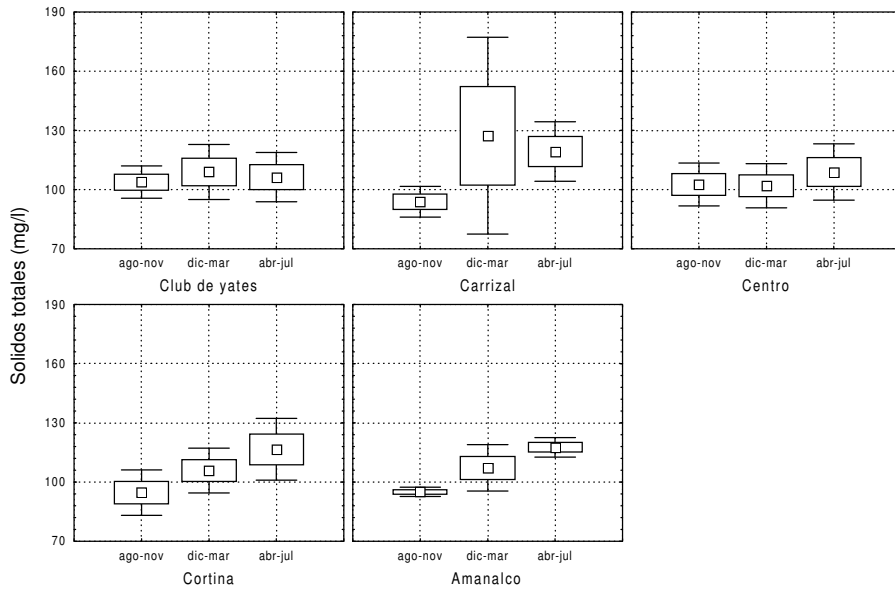


Figura 15. Análisis Estadístico Descriptivo de los Solidos totales.

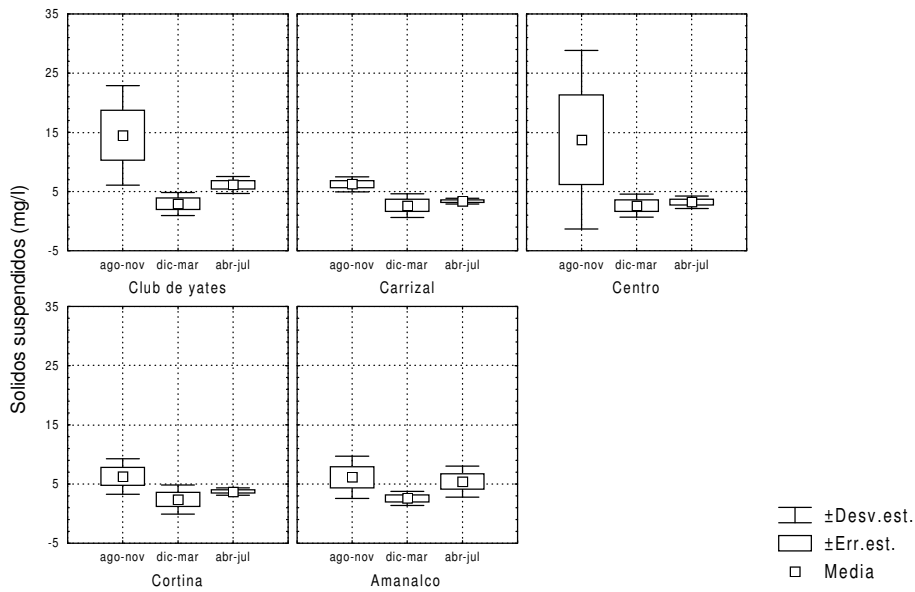


Figura 16. Análisis Estadístico Descriptivo de los Solidos suspendidos.

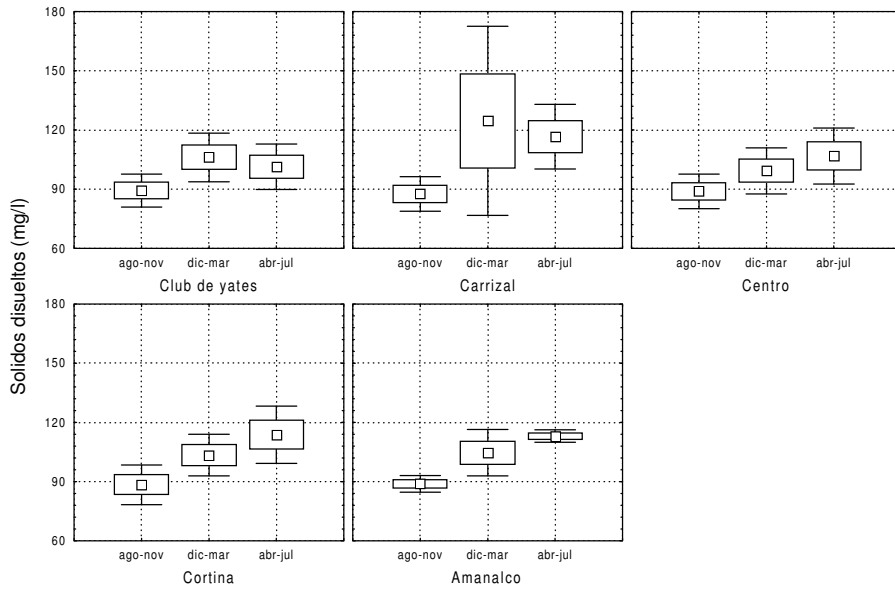


Figura 17. Análisis Estadístico Descriptivo de los Solidos disueltos.

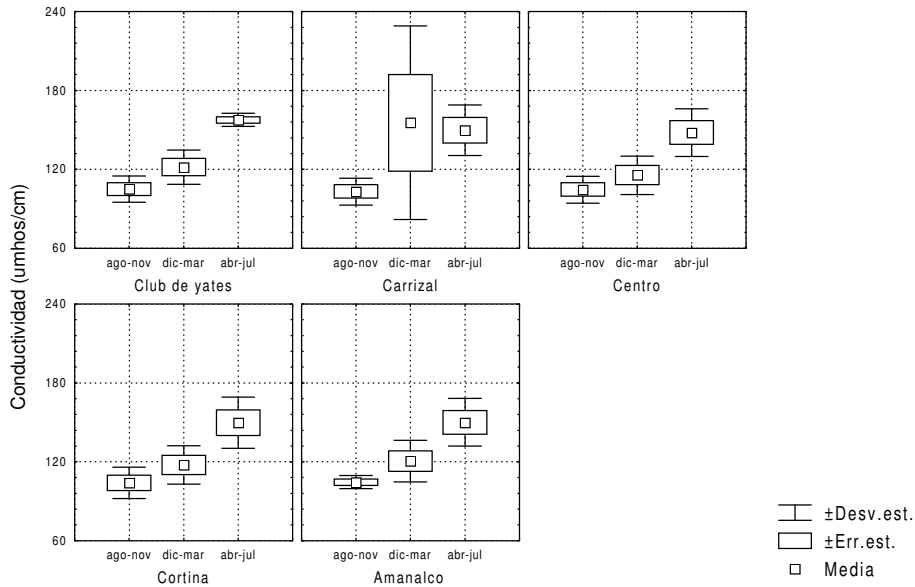


Figura 18. Análisis Estadístico Descriptivo de la Conductividad.

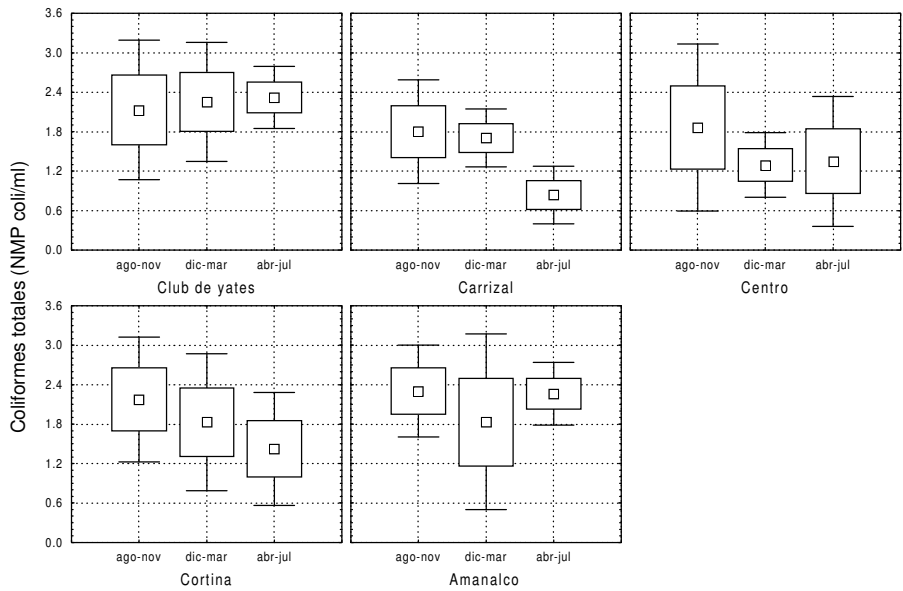


Figura 19. Análisis Estadístico Descriptivo de los Coliformes totales.

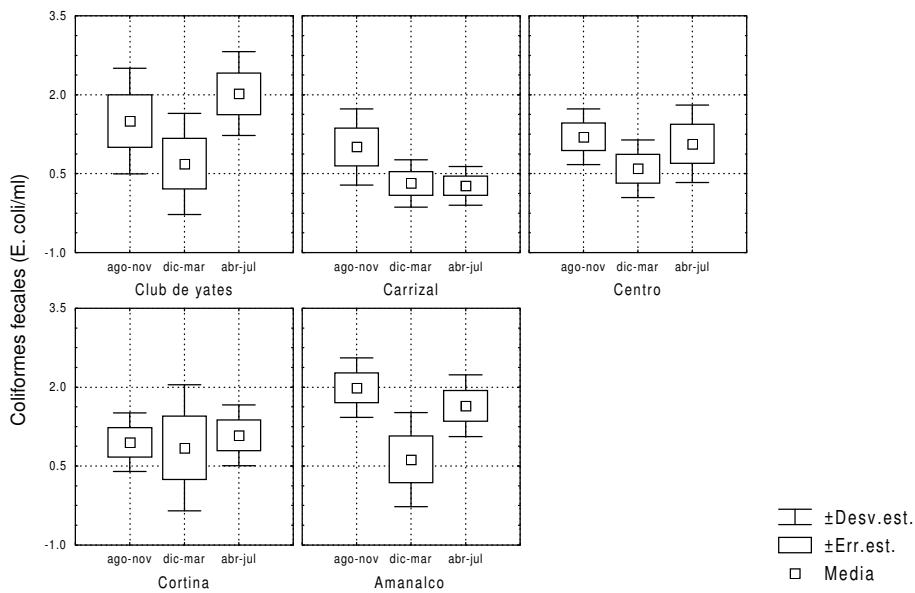


Figura 20. Análisis Estadístico Descriptivo de los Coliformes fecales.

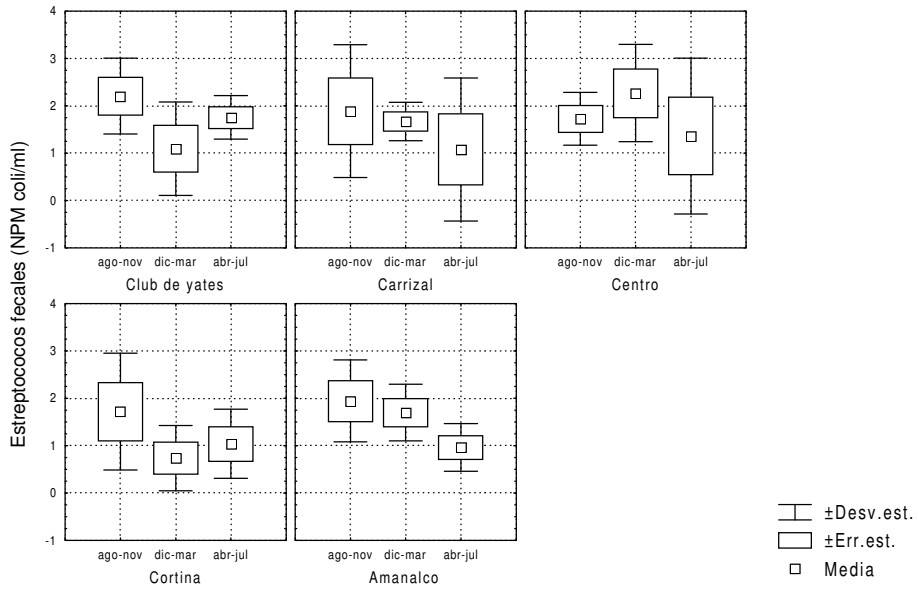


Figura 21. Análisis Estadístico Descriptivo de los Estreptococos fecales.

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

Análisis de varianza por periodo (Tabla 6).

Como se puede observar en la tabla 6, la comparación de los resultados entre los diferentes periodos, no se aprecian la existencia de diferencias significativas ($P > 0.05$) en los siguientes parámetros; Oxígeno disuelto, Dureza total, Cloruros, Coliformes totales y *Streptococos* fecales.

Así tenemos que los parámetros que sí presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) fueron:

Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno amoniacal (NH_3), Ortofosfatos, Fosfatos, pH, Alcalinidad total, Alcalinidad a la fenoltaleína, Temperatura, Sólidos totales, Sólidos suspendidos, Sólidos disueltos, Conductividad y Coliformes fecales. Lo cual es justificado por las innumerables condiciones ambientales que se presentaron en los tres periodos de muestreo (lluvias, secas, fríos).

Al empezar la temporada de lluvias hay un incremento N y P. Cuando los nutrientes están presentes en altas concentraciones, las algas y plantas crecen, fotosintetizan, crean tejidos vegetales y generan oxígeno, aunque la mayoría se difunde hacia la atmósfera. Cuando la planta muere, el material es degradado por microorganismos, y en el momento en que la cantidad de materia orgánica desechada llega a ser considerablemente grande, hace descender el nivel de oxígeno disuelto del agua (Contreras 1994), quizás esta sea la razón por la cual, haya diferencias significativas por periodo en los nutrientes (N y P), DBO y DQO. (Fig. 8)

Una situación similar se puede observar los sólidos suspendidos, los cuales al empezar la temporada de lluvias se registró el valor más alto (14.500 mg/l), en comparación con la temporada de secas, que registró el valor más bajo. (2.375 mg/l).

Análisis de varianza por lugar (Tabla 7).

De acuerdo a la tabla 7 el análisis de varianza por lugar, se observa que solamente en Coliformes Fecales hubo diferencias significativas ($P < 0.05$). Esto puede ser justificado por el tipo de actividades que se llevan a cabo en las estaciones de muestreo. Ya que mientras en las estación 1 y 5 (Club Yates y Amanalco) hay una mayor contaminación a consecuencia de la presencia del ser humano y la entrada del río Amanalco, trayendo como resultado la mayor concentración de contaminantes (bacterias y nutrientes). Las otras estaciones (Carrizal, Centro y Cortina) se encontraron las concentraciones más bajas de contaminantes, lo cual nos da una idea de las diferencias que hay entre las diferentes estaciones de muestreo.

Tabla 6. Análisis de varianza por periodo

Parametro	F	P=0.05
DBO	6.91910	.002399*
DQO	6.58377	.003104*
OD	2.22188	.120164
Nitritos	10.04368	.000248*
Nitratos	24.87366	.000000*
Nnh ₃	17.99113	.000002*
Ortofosf	71.61275	.000000*
Fosfatos	40.44701	.000000*
Durtot	1.69393	.195304
Ph	6.63838	.002976*
Alctot	10.26499	.000213*
Alcfen	14.83761	.000011*
Cloruros	1.28566	.286427
Temperatura	32.20703	.000000*
Soltot	4.75819	.013348*
Solsus	10.47623	.000184*
Soldis	10.51538	.000179*
Conduc	20.14543	.000001*
Coltot	1.19204	.313006
Colfec	5.52110	.007173*
Estfec	2.31693	.110224

Tabla 7. Análisis de varianza por lugar

PARAMETRO	F	P=0.05
DBO	.820276	.519104
DQO	.488413	.744161
OD	.155081	.959717
Nitritos	.107461	.979320
Nitratos	1.171914	.335908
Nnh ₃	1.120232	.358886
Ortofosf	.024025	.998836
Fosfatos	.207581	.932894
Durtot	.406901	.802687
Ph	.051325	.994890
Alctot	.304490	.873447
Alcfen	.075559	.989302
Cloruros	1.032712	.400842
Temperatura	.405405	.803751
Soltot	.520209	.721286
Solsus	1.414969	.244406
Soldis	.911626	.465393
Conduc	.641348	.635792
Coltot	2.048226	.103620
Colfec	3.050936	.026222*
Estfec	.706476	.591720

*Parámetros que si tuvieron diferencias significativas

3. RELACIÓN DE COLIFORMES FECALES/ ESTREPTOCOCOS FECALES

Los resultados de la relación C. fecales / Estreptococos fecales se presentan en la tabla 8, para la cual se tomaron los valores promedio de las diferentes estaciones (Eaton.D.A, *et al*, 1995)

Tabla 8. Relación de Coliformes fecales y Estreptococos fecales

Estación	Relación CF/EF
E ₁	0.821036571
E ₂	0.369935111
E ₃	0.549996917
E ₄	0.771412345
E ₅	0.95537752

Los resultados de la relación Cf /Ef nos indican que en las estaciones 2, 3 y 4 predomina una contaminación de origen animal, ya que la relación Cf/EF es menor de 0.7. Mientras que en las estaciones 1 y 5 se puede observar que aunque la contaminación aumenta ligeramente, ésta se encuentra ligeramente arriba del valor de 0.7 por lo que podemos considerarla mas cercana al origen animal, aunque quizás mezclada ligeramente con contaminación de origen humano (Eaton.D.A, *et al*, 1995)..

4. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Con los resultados obtenidos se calcularon las medias por parámetro por estación y posteriormente se calcularon los índices individuales por parámetro. Finalmente se calculó el índice de calidad por cada estación de muestreo, (Tabla 9, Fig. 23) y con el ICA obtenido para cada estación se determinó el uso más adecuado de acuerdo con la tabla 4.

Tabla 9. Resultados de los índices de calidad de agua por cada estación

Estación	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
ICA (%)	87.8	84.5	96.6	82.88	78.43

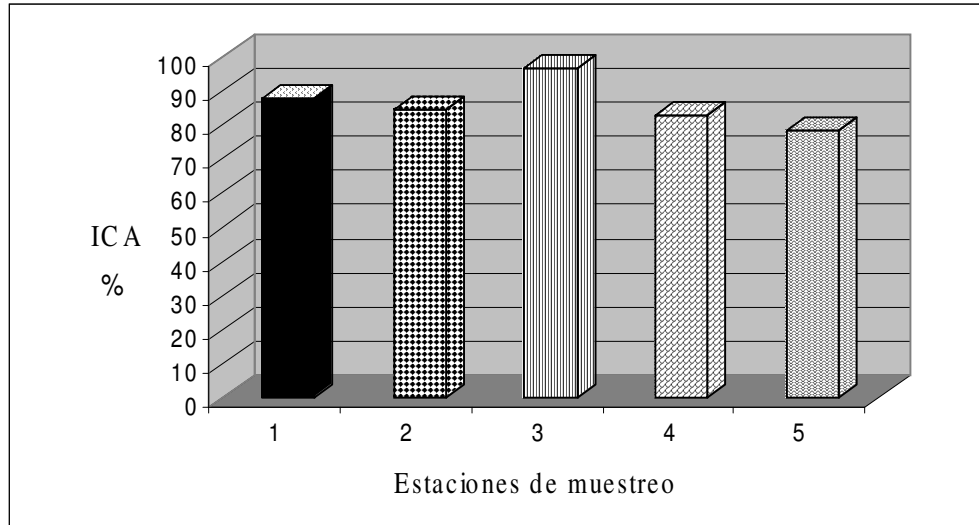


Figura 23 Índice de calidad del agua por cada estación de muestreo

La estación cinco obtuvo el menor porcentaje del ICA (78.43%), indicando con ello que el agua requiere mayor necesidad de tratamiento para el uso de abastecimiento público, pero es aceptable para el desarrollo de la vida acuática y para cualquier deporte acuático.

En las estaciones 1, 2 y 4 los valores obtenidos (87.8, 84.5 y 82.88) indican que el agua requiere de ligera purificación para ser usada como abastecimiento público mientras que es aceptable para el desarrollo de todos los organismos acuáticos.

Mientras que la estación 3 (centro de la presa) fue la de mayor porcentaje con un 96.8%, indicando con ello que esta estación presentó la mejor calidad de agua para consumo humano y por consiguiente también es buena para el desarrollo de todos los organismos acuáticos.

5 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo a la figura 24, la incidencia más alta de coliformes totales se presentó en el mes de octubre, en donde las estaciones 3, 4 y 5 presentaron valores muy altos, esto debido a la época de lluvias que introdujo la contaminación proveniente del río Amanalco, llevándola hasta la parte centro de la presa. Por otro lado la estación 1 fue la que presentó valores altos de contaminación con mas frecuencia a lo largo de los muestreos y esto se debe a las actividades constantes del Club de Yates (turismo, pesca, paseo en lanchas) notándose un incremento mayor en la época de verano y de primavera.

En cuanto a los coliformes fecales (Fig 25), la estación 3 en época de lluvias fue la mas contaminada, coincidiendo con los resultados de los coliformes totales. Le siguió en contaminación fecal la estación 1 (Club de Yates), la cual probablemente aumentó más sus actividades en esa época.

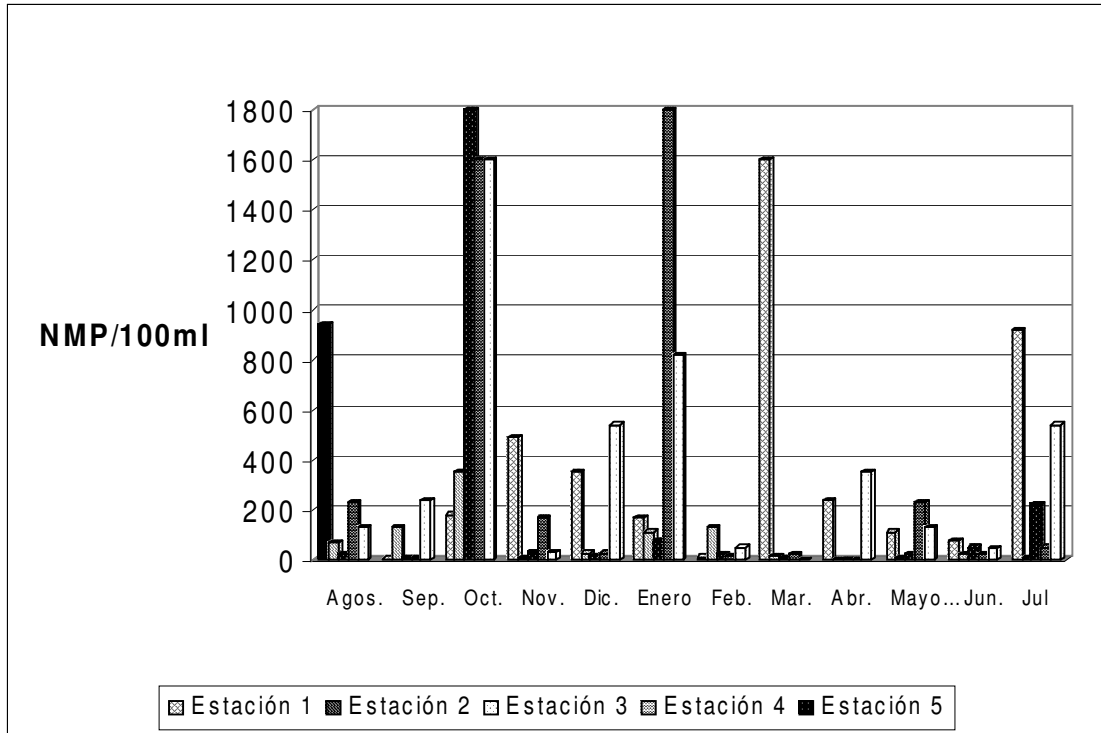


Figura 24. Incidencia de Coliformes Totales

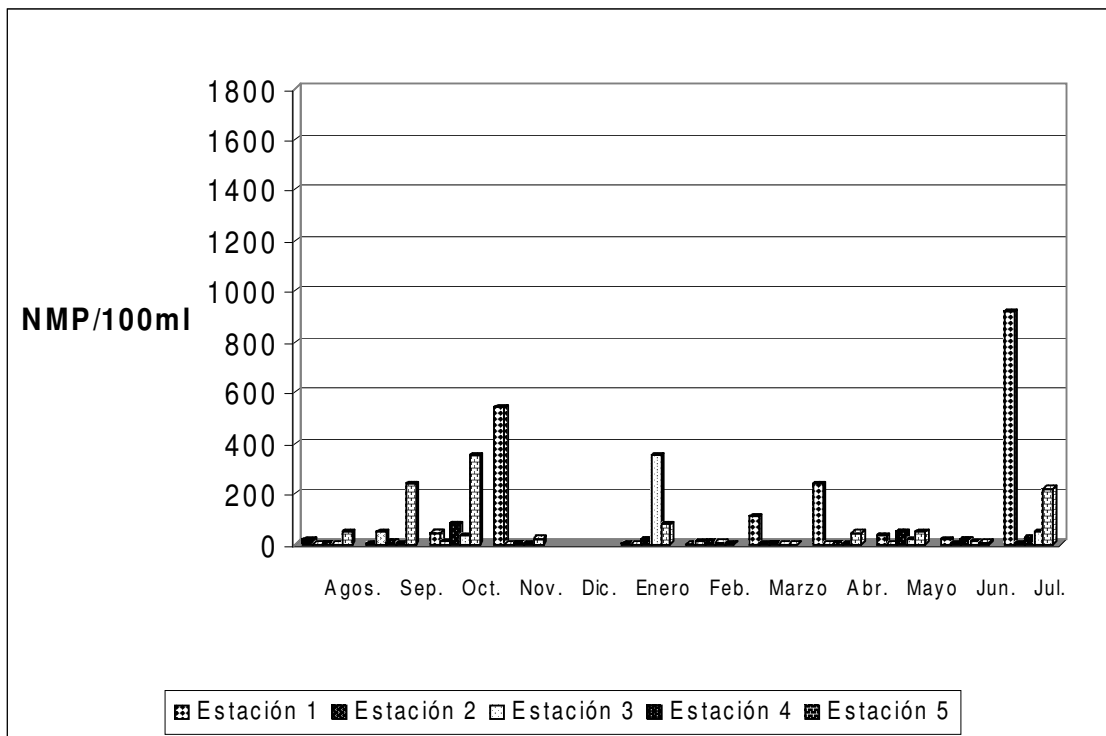


Figura 25. Incidencia de Coliformes fecales

En cuanto a los *Estreptococos fecales* (Fig. 26), la época en que la mayoría de las estaciones presentó los valores más altos fue en agosto, (lluvias), época que como se dijo anteriormente es notorio que afectó la calidad de la presa al introducir contaminantes provenientes del Río Amanalco.

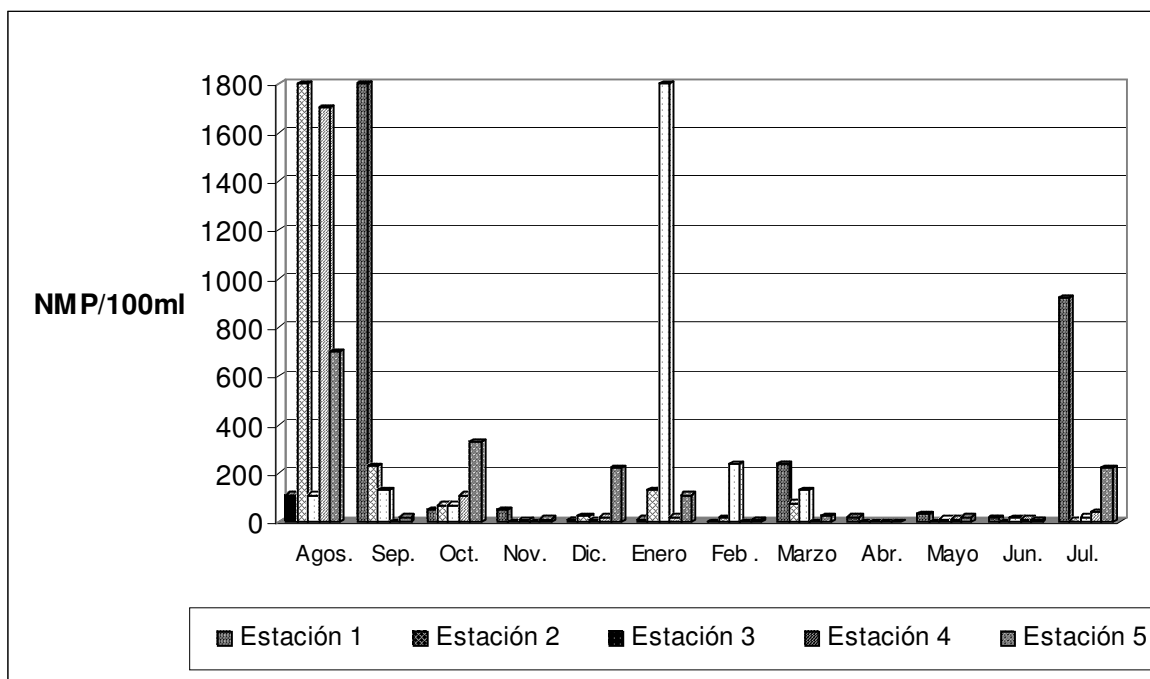


Figura 26. Incidencia de *Estreptococos fecales*

6. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON EL REGLAMENTO

La tabla 10 nos muestra una comparación entre los resultados obtenidos y los límites que marca el reglamento para el abastecimiento de agua para uso y consumo humano. Es importante que los valores obtenidos cumplan con estos límites máximos permisibles de contaminantes para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras enfermedades.

Así tenemos, que el pH se sale del límite permisible que establece la norma mexicana (NOM-127-SSA1-1994), la cual nos indica que el rango debe de ir de 6.5-8.5, y en varios casos se obtuvieron resultados mayores a 8.5, este parámetro es importante ya que está relacionado con todos los procesos químicos físicos y biológicos que se llevan a cabo dentro del cuerpo de agua.

Por otra parte tenemos que en cuanto a *Coliformes fecales* la norma nos indica que no debe haber presencia de éstas en el agua potable. Obteniendo resultados que salen de lo que marca la ley, ya que encontramos una concentración de 50 NMP/100 ml como promedio de todas las estaciones y periodos de muestreo, esta contaminación por bacterias es muy

importante ya que nos indica que esta habiendo una contaminación fecal en el cuerpo de agua y por lo tanto puede traer como consecuencias, enfermedades gastrointestinales entre la población. En lo que refiere a los demás parámetros, éstos se mantienen por debajo de lo que marca la norma.

Tabla 10 Comparación de la norma oficial mexicana con los resultados obtenidos de Valle de Bravo

PARAMETROS	MEDIA	NOM
Nitritos (como N)	0.008 mg/l	1.0 mg/l
Nitratos (como N)	0.425 mg/l	10.00 mg/l
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.186 mg/l	0.50 mg/l
Sustancias Activas al Azul de Metileno	< 0.01 mg/l	0.50 mg/l
Dureza total	64.344 mg/l	500.00 mg/l
pH	8.712	6.5-8.5
Cloruros	3.000 mg/l	250.00 mg/l
Sólidos disueltos totales	102.052 mg/l	1000.00 mg/l
Organismos coliformes totales	1.859 NMP coli/ml	Ausencia o no detectables
<u>E. coli</u> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	1.069 <i>Escherichia coli</i> /m	Ausencia o no detectables

7. COMPARACION DEL ESTUDIO CON RESPECTO A LOS TRABAJOS REALIZADOS ANTERIORMENTE EN LA PRESA VALLE DE BRAVO.

En la tabla 11, se puede observar una comparación de los diferentes estudios que se han hecho en la Presa Valle de Bravo, los cuales en la mayoría de estos concluyen que en la Presa Valle de Bravo, ha habido desde 1992 al año 2000, una contaminación química y biológica del agua, las cuales pueden deberse a las descargas de los ríos Amanalco y en el Carrizal. Olvera (1993) y Ramirez *et al* (1998), han encontrado contaminación de *Vibrio cholerae* no 01, que aunque no representa una especie toxigénica, si puede ocasionar algunos malestares gastrointestinales entre la población que consume esta agua.

En el presente estudio se observo un incremento en la contaminación del agua, debido quizás a las descargas del río Amanalco y el Carrizal y que esta contaminación se incrementa en la temporada de lluvias. Sin embargo cuando hablamos de contaminación, los valores obtenidos son bajos a excepción los nutrientes, por lo que el ICA calculado nos indicó en general una calidad de agua aceptable para consumo humano, con una ligera purificación. Aunque hay que tomar en cuenta que, en los estudios anteriores no se calculo el ICA, y lo que reportaron indica que la contaminación baja que presenta la presa debe ser tomada en cuenta ya que de no hacerlo en un futuro no lejano, la contaminación podría alcanzar niveles que no permitieran su uso para abastecimiento de agua.

Tabla 11. Comparación de los resultados de los diversos estudios que se han realizado en la Presa valle de Bravo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	CONCLUSIONES
Ramirez G. P., S.S.S. Sarma, Robles.V. E., Cuesta. I., Hurtado M. D.	2000	Realizaron un estudio en el embalse Valle de Bravo. El trabajo provee información cualitativa de las variaciones estacionales de zooplancton y las variaciones físico-químicas del embalse Valle de Bravo.	Los valores van de acuerdo a las características limnológicas de los cuerpos de agua en México. Los cuales indican que son sistemas típicos tropicales.
Castillo C. B., Flores O. P., Aguirre S. A., Domínguez M. E., Martínez J. J. M., Olvera V. V., Sotelo V. M., Gonzalez J. P., Zavala A.V., Villegas J. F. C.	1999	Llevaron a cabo un estudio limnológico en la Presa Valle de Bravo con el objetivo de revisar la calidad del agua, ya que esta es una de las mas importantes fuentes de abastecimiento de agua potable en la Ciudad de México.	La contaminación por nutrientes en la cuenca del embalse Valle de Bravo proviene tanto de fuentes puntuales, como descargas de aguas residuales (57%) y de fuentes difusas como aguas de retorno agrícola (43%) .
Olvera V. V., Bravo I. L., Sánchez C. J.	1998	Llevaron a cabo un estudio en Valle de Bravo en el periodo de 1992 –1993, teniendo como principal objetivo definir los principales características limnológicas del embalse Valle de Bravo.	El agua en el embalse es considerada buena para consumo humano. Excepto por fósforo total, DQO y NO ₃ que llegan a exceder en una estación.
Ramirez. G.P, Olvera.V.V, Pulido.V.M, Duran.D.A.	1998	Realizaron un estudio en la Presa Valle de bravo con el objetivo de realizar una evaluación de la presencia de <i>Vibrio cholerae</i> .	El embalse se encuentra en un estado de eutrofización debido a la acumulación de materia organica en el sedimento. De igual forma encontraron a <i>Vibrio cholerae</i> non- 01 en todas las muestras obtenidas en las diferentes estaciones que se monitorearon.
Olvera. V. V., Bravo I. V., Sanchez C. J.	1993	Realizaron un estudio limnológico en la Presa Valle de Bravo que tuvo como objetivo principal el monitoreo de <i>Vibrio cholerae</i> y evaluar la calidad del agua.	El embalse no cumple con los limites establecidos para fuentes de abastecimientos de agua potable
Olvera. V. V	1992	Realizó un estudio con el objetivo de instrumentar medidas de conservación, manejo y en su caso, de restauración de la presa Valle de Bravo.	Concluyendo que hay en la Presa una mala calidad de agua , debido a las descargas de los ríos Amanalco y Carrizal, los cuales aportan a la Presa una gran cantidad de nutrientes, materia organica y sales minerales.

VIII CONCLUSIONES

- Los ríos Amanalco y el Carrizal representan una fuente importante de contaminación para la Presa de Valle de Bravo, principalmente en la época de lluvias.
- Con el resultado que se obtuvo de la comparación entre los límites máximos permisibles que marca la Norma Oficial Mexicana NOM -127-SSA-1994, el agua de la Presa no cumple con los límites establecidos para su consumo humano en tres parámetros: pH, Coliformes totales y Coliformes fecales.
- La contaminación por bacterias fecales en su mayoría son de origen animal, con excepción de la estación número 5 la cual presenta una mezcla de humano con animal. Para tal efecto se puede decir además que esta contaminación proviene de diferentes fuentes como son la actividad turística, club de yates y las descargas de los ríos principalmente en la temporada de lluvias.
- Las estaciones o puntos de muestreo en donde hubo una mayor contaminación por nutrientes y bacterias fecales fueron la estación 1 (club de yates) y la estación número 5 (Amanalco), lo cual indica la necesidad de poner más atención en estos puntos que son los que reciben la mayor carga de contaminantes dadas sus actividades domésticas, ganaderas ó agrícolas.
- En relación a los nutrientes (P y N), aunque en los últimos muestreos no se detectaron los ortofosfatos, en los primeros meses del estudio si estuvieron presentes en concentraciones mayores de 0.025 mg/l (límite máximo permisible de acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989). Por lo que es necesario seguir monitoreándolos así como implementar medidas para evitar problemas de eutroficación.
- Las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron muy por arriba del ámbito crítico para la sobrevivencia de los peces, (3 a 4 mg / l) (Ramírez *et al.*, 1995).
- De acuerdo al ICA, el agua de la presa Valle de Bravo, que suministra de agua a la Ciudad de México, solo requiere de una ligera purificación para considerarse de buena calidad para el consumo humano y por consiguiente adecuada para cualquier otra actividad humana. Sin embargo, debido a la existencia de fuentes externas de contaminación que están afectando su calidad como es el caso de la estación 5 que fue la que presentó la calidad más baja, es importante seguir evaluando la calidad en la Presa dada la importancia que tiene como una de las principales fuentes abastecedoras de agua potable para la Ciudad de México.

IX BIBLIOGRAFÍA

- Alonso E., Prada O., Muniategui S., Andrade J. M., Gonzalez E., De la Fuente y Quijano M. A., 1992. Estudio fisico-químico y multivariante de aguas de manantiales de la provincia de Malaga España. *Tecnología del Agua*. (91): 24-29.
- APHA AWWA y WPCF, 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. España. Ediciones Díaz Santos. Pp 2-38-9-127.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1976. Manual de aguas. 3ª edición Edit. Limusa. México.
- Bales R. y Conklin, M., 1997, "Investigación de hidrología: una investigación de aprendizaje de GLOBE", s.l., s.n., 60 pp.
- Crabill C., Donald R., Snelling J., Foust R., Southam G. 1999. The impact sediment fecal coliform reservoirs on seasonal water quality in Oak Creek, Arizona. *Water Research* 33 (9): 2163-2171.
- Castillo C. B., Flores O. P., Aguirre S. A., Domínguez M. E., Martínez J. J. M., Olvera V. V., Sotelo V. M., Gonzalez J. P., Zavala A.V., Villegas J. F. C. 1999. Comisión Nacional del Agua. Estudio Limnológico de la Presa Valle de Bravo. México D. F.
- Castro M. F. B y Gaytán M. L. K. 1992. Medidas de calidad del agua potable en la ciudad de México en un periodo de 9 meses. Tesis de Licenciatura en Biología. ENEP. Iztacala. UNAM. México. 72 pp.
- Carsson P. y Caron D. A. 2002.. Seasonal variation of phosphorus limitation of bacterial growth in a small lake. *Limnology and oceanography* 47:108-119 pp.
- CNA-FESI 2000. Identificación, distribución y conteo de especies del plancton en el embalse de la presa Valle de Bravo. Informe final. Convenio de colaboración numero p2000-SGT-GSCA-002. CNA-FESI.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. Estudio de calidad del agua del embalse de la Presa el Cuchillo Solidaridad. 1-6 pp.
- Contreras E.F.1994. Manual de Técnicas Hidrobiológicas. México D,F. 83 pp.
- Contreras E.F., 1993, Ecosistemas costeros mexicanos, México, UAM Iztapalapa, 415pp.
- DOF 1994 Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. Norma publicada en el Diario oficial de la federación el 22 de noviembre del 2000.
- Criterios Ecológicos de Calidad de Agua publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13

de diciembre de 1989

- Dakos V, Chatfield. IP, Artemiadou.V, Lazaridou-Dimitriadou. M . 2000. 7thInternational Conference on Environmental Science and Technology. Evaluation of the ecological water quality in streams of the lake N. Plastira region (C.Greece). 20000. (3):54-61 pp.
- Eaton D.A, Clesceri.S.L, Greenberg.E.A.1995. Standard Methods. For the Examination of water and wastewater. Edi. 19th. 9-74,9-75 pp.
- Garcia M. M., Orases V. M., Tenorio S. M. D., Garcia P y Montes B. C. 2001. Calidad fisico-química de las aguas de abastecimiento de la zona Noreste de Madrid. Tecnología del agua. (211): 42-48.
- Geraldes AM. 1999.Lakes and Reservoirs. Limnological comparison of a new reservoir with one almost 40 years old which had been totally emptied and refilled. Vol.4. no 1-2. pp.15-22.
- Internet no.1: <http://rbt.ots.ac.cr/revistas/48-1/ecoposad.htm>
- Ioriya.T, Inoue.S, Haga. M, Yogo, N.1997. Water Science and Technology. Change of chemical and biological water environment at a newly constructed reservoir.37(2)187-194 pp.
- Kenneth S. D. y Luna B. L. 1983. El agua. Ed. Editores culturales internacionales. S.A. de C.V. México D. F. 199 pp.
- Kotut K., Njuguna. SG, Muthuri. FM, Kriennitz. L. 1999. Linmologica. The Physico-chemical conditions of Turwel Gorge Reservoir, a New Man Mada Lake in Northern Kenya.4 :377-392 pp.
- La Lanza.E.G. 1986. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Linnologia. Calidad ambiental de la Laguna de Mezcaltilán, Nayarit, México, durante el estiaje. Universidad Nacional Autonoma de México. 13(2): 315-228 pp.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1989, Diario Oficial de la Federación. Tomo CDXXXV, num. 9, pp 7-23. 13 de diciembre de 1989.
- Lugo A. V. y Rodríguez S. R. 1998. Los protozoos como indicadores de la calidad del agua . Hacia una renovación ambiental en México. Memorias. México. 86-90 pp.
- Margalef R.1983. Limnologia. Edi. Omega,S.A. Barcelona. 824-836 pp.
- Maier S, Zintz.K, Boehmer. J, Sterk.P, Rahumann.H. 2001.Limnologica. Impact of the release of reservoirs on their Limnochemistry and Phytoplankton Biocoenosis. 31(3):239-247 pp.

- Muños. I, Prat. N. 1992. Cambios en la Calidad del Agua de los rios Llobregat y Cardener en los últimos 10 años. Tecnología del agua. No.91. pp.17-23.
- Olvera.V.V. 1992. Ingeniería Hidráulica en México. Estudio de eutroficación de la Presa Valle de Bravo, México. pp148-161.
- Olvera V. V., Bravo I. V., Sánchez C. J. 1993. Limnología. Monitoreo de *Vibrio cholerae* y manejo de la cuenca de la Presa Valle de Bravo, México. Subcoordinación de calidad del agua. Coordinación de Tecnología Hidráulica Urbano Industrial. IMTA. SAR. Informe técnico. México, D.F. 57 p.
- Olvera V. V., Bravo I. L., Sánchez C. J. 1998. Aquatic ecology and management assessment in Valle de Bravo reservoir and its Watershed. Aquatic Ecosystem Health and Management Society. (1): 277- 290.
- OMS. 1972. Normas internacionales para el agua potable OMS. Ginebra. 7pp.
- Ramírez, G. P., Cortes Muñoz, J. E., Sánchez, Ch. J. J. y Carlos, H. G., 1995, Nicho ecológico de *Vibrio cholerae* en el ambiente acuático vs. un estudio experimental, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 117pp.
- Ramirez. G.P, Olvera.V.V, Pulido.V.M, Duran.D.A (1998). Presence of *Vibrio cholerae* in a Fresh Water Reservoir of Valle de Bravo (México State, México).Rev. Hydrobiol. 647-650 pp.
- Ramírez G. P., S.S.S. Sarma, Robles.V. E., Cuesta. I., Hurtado M. D. 2000. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (México). Rev. Hydrobiol. 222-243 pp.
- Robles V. E., Morales S. Ma. G. y Agüero R. F. 1991. Técnicas de análisis Físico- químicos y bacteriológicos del agua potable y aguas de desechos. ENEP. Iztacala. UNAM. México. 72 p.
- Robles, V. E., González, A. M. E. y Castro, P., 2003. Los contaminantes químicos y sus efectos. FESI. México (en prensa)
- Rodríguez B. M. R, Vidal V. L., Marquez D., Quiroga A. J. M. (2001). Embalses de la cuenca del río Guadalete (Zahara-El Gastor, Bornos y Arcos) de la provincia de Cadiz: Calidad de las aguas y su influencia con la sequía. Tecnología del Agua. (212):41-55.
- Sánchez M. D., Puebla P. y Lanaja J. 1994. Estudio de Calidad de las Aguas del Rio Turia en el entorno de Teruel. Interpretación de los parámetros y clasificación por la normatividad de la Unión Europea del agua según sus usos. Tecnología del Agua. (131): 48-52.
- S.A.R.H 1979. Caracterización de la calidad del agua de la Presa Lázaro Cárdenas el Palmito. Tomo 1.

S.A.R.H 1979. Índice de calidad del agua. Dirección General de Protección y Ordenamiento Ecológico. México.D.F. 40 pp.

S.A.R.H (1981). Manual del curso de Microbiología del agua. Dirección General de Protección y Ordenamiento Ecológico. México.D.F. pp.

Seoanez.C.M, Guitiérrez.O.A.(1999). Aguas Residuales-Tratamiento por humedales Artificiales. Fundamentos científicos tecnológicos. Edi. Mundi-prensa. 62-72 pp.

Turk.A, Wittes.T.J.(1973). Ecología y contaminación del medio ambiente. Ed. Nueva editorial interamericana. México D.F, 115-139 pp.

Volk A. W.1992. Microbiología básica. Ed. Cophyright por Harper Collins Publishers Inc. México D.F. 713-727 pp

Wetzel R., 1981. Limnología. Ed. Omega. Barcelona. 679 pp.

NEXO I
RESULTADOS DE VALLE DE BRAVO
AGOSTO 2001

PARÁMETRO	1 Club de Yates	2 el carrizal	3 centro	4 obra de toma (cortina)	5 Amanalco
DQO en mg/l	60.4	15.4	21.2	20.8	24.4
DBO ₅ en mg/l	4.03	2.32	3.93	3.52	3.83
O ₂ en mg/l	8.6	7.0	7.5	7.5	7.67
N-NO ₂ en mg/l	0.0084	0.0079	0.0073	0.0079	0.0082
N-NO ₃ en mg/l	0.22	0.20	0.19	0.19	0.14
N-NH ₃ en mg/l	0.617	0.156	0.755	0.663	0.709
P- PO ₄ en mg/l	0.097	0.092	0.099	0.100	0.106
P total en mg/l	0.316	0.249	0.267	0.278	0.309
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	75.5	71.1	66.6	75.5	75.5
Dureza de calcio en mg/l	28.8	35.5	39.9	42.2	33.3
Dureza de magnesio en mg/l	46.7	35.6	26.7	33.3	42.2
Sulfatos en mg/l	54.5	55.8	54.5	54.5	76.4
pH	9.43	9.27	9.35	9.30	9.34
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	61.2	64.6	64.6	69.7	64.6
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	10.2
Cloruros en mg/l	3.94	3.41	3.41	3.15	3.15
Temperatura en °C	25	24	24	24	24
Sólidos totales mg/l	115.9	102.1	109.5	110.3	96.42
Sólidos susp. mg/l	19	6	10	10	11
Sólidos dis. mg/l	96.9	96.05	99.45	100.3	85.42
Conductividad micromhos/cm	114	113	117	118	100.5
Profundidad Secchii/m	0.34	1.08	0.76	0.74	0.57
Coliformes tot NMP/100ml	940	70	20	230	130
Coliformes fec NMP/100ml	20	0	0	0	50
Estreptococos fec. NMP/100ml	110	2200	110	1700	700

SEPTIEMBRE 2001

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	27.33	14.016	84.79	13.31	10.16
DBO ₅ en mg/l	5.75	2.4	4.03	1.63	2.49
O ₂ en mg/l	7.0	7.38	6.04	6.42	7.57
N-NO ₂ en mg/l	0.0046	0.0046	0.0049	0.0046	0.0036
N-NO ₃ en mg/l	0.42	0.36	0.38	0.35	0.39
N-NH ₃ en mg/l	0.05	< 0.05	0.08	< 0.05	< 0.05
P- PO ₄ en mg/l	0.11	0.09	0.11	0.09	0.09
P total en mg/l	0.295	0.204	0.443	0.204	0.182
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	57.1	57.1	57.1	57.1	57.1
Dureza de calcio en mg/l	26.6	14.0	24.7	24.7	19
Dureza de magnesio en mg/l	30.5	43.1	32.4	32.4	38.1
Sulfatos en mg/l	152	92	101	87	99
pH	9.21	9.19	9.14	9.1	9.03
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	57.6	63.9	61.2	62.1	59.4
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	3.6	4.5	2.7	5.4	3.6
Cloruros en mg/l	6.57	2.1	2.1	4.04	2.1
Temperatura en °C	24	23	22	23	23
Sólidos totales en mg/l	101.4	83.65	114.2	82.65	91.5
Sólidos susp. en mg/l	24	8	36	7	6.5
Sólidos dis. en mg/l	77.35	75.65	78.2	75.65	85
Profundidad	1.1	1.3	1.2	1.5	1.32
Conductividad en micromhos/cm	91	89	92	89	100
Coliformes tot NMP/100ml	4	130	8	8	240
Coliformes fec NMP/100ml	2	49	8	2	240
Estreptococos fec. NMP/100ml	2400	230	130	0	20

OCTUBRE 2001

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	8.97	10.6	8.16	8.16	7.75
DBO ₅ en mg/l	2.17	1.97	1.48	1.38	1.18
O ₂ en mg/l	6.2	5.41	3.74	3.74	2.06
N-NO ₂ en mg/l	0.014	0.011	0.011	0.008	0.008
N-NO ₃ en mg/l	0.23	0.22	0.14	0.15	0.17
N-NH ₃ en mg/l	0.179	0.09	0.626	0.569	0.752
P- PO ₄ en mg/l	0.095	0.095	0.093	0.094	0.101
P total en mg/l	0.24	0.23	0.24	0.24	0.41
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	66	61.6	66	63.8	66
Dureza de calcio en mg/l	30.8	37.4	28.6	37.4	26.4
Dureza de magnesio en mg/l	35.2	24.2	37.4	26.4	39.6
Sulfatos en mg/l	116	99	87	87	84
pH	8.38	8.5	7.79	7.6	7.3
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	64.8	61.2	61.2	63	64.8
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cloruros en mg/l	2.89	2.36	2.36	2.36	2.36
Temperatura en °C	22	21	21	21	20.5
Sólidos totales en mg/l	99.1	92.8	93.7	93.4	95.8
Sólidos susp. en mg/l	9	6	6	5	3
Sólidos dis. en mg/l	90.1	86.87	87.7	88.4	92.82
Profundidad	1.45	1.15	1.55	2.5	2.3
Conductividad en micromhos/cm	106	102	103	104	109
Coliformes tot NMP/100ml	180	350	5400	1600	1600
Coliformes fec NMP/100ml	46	11	80	33	350
Estreptococos fec. NMP/100ml	50	70	70	110	330

NOVIEMBRE 2001

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	9.1	10.4	9.1	9.9	9.1
DBO ₅ en mg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
O ₂ en mg/l	5.43	3.26	4.84	4.84	5.23
N-NO ₂ en mg/l	0.015	0.0138	0.0130	0.014	0.013
N-NO ₃ en mg/l	0.08	0.05	0.11	0.15	0.08
N-NH ₃ en mg/l	0.385	0.603	0.626	0.672	0.58
P- PO ₄ en mg/l	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P total en mg/l	0.25	0.25	0.23	0.21	0.23
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	66.3	72.7	79.1	59.9	68.4
Dureza de calcio en mg/l	38.5	25.6	34.2	34.2	32.1
Dureza de magnesio en mg/l	25	47	45	26	36
Sulfatos en mg/l	22.9	19.3	12	16.9	15.6
pH	7.85	8.02	7.79	7.79	7.67
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	84	86	84	86	86
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cloruros en mg/l	3.87	5.33	4.36	3.39	2.90
Temperatura en °C	21	20	20	20	21
Sólidos totales en mg/l	98.65	96.71	93.01	92.25	96.14
Sólidos susp en mg/l	6	5	3	3	4
Sólidos dis. en mg/l	92.68	91.71	90.01	89.25	92.14
Profundidad	2.1	2	2.6	2.1	2.5
Conductividad en micromhos/cm	109	107.9	105.9	105	108.4
Coliformes tot NMP/100ml	490	5	33	170	33
Coliformes fec NMP/100ml	540	0	5	5	22
Estreptococos fec. NMP/100ml	50	0	8	2	13

DICIEMBRE 2001

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	6.16	6.94	9.25	6.94	9.25
DBO ₅ en mg/l	1.37	1.37	1.47	1.17	1.66
O ₂ en mg/l	4.59	5.28	5.18	5.38	5.38
N-NO ₂ en mg/l	0.034	0.047	0.031	0.039	0.038
N-NO ₃ en mg/l	1.44	1.32	1.53	1.26	< 0.001
N-NH ₃ en mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.087	< 0.05
P- PO ₄ en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P total en mg/l	0.299	0.306	0.285	0.285	0.299
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	60.2	60.2	60.2	53.7	62.3
Dureza de calcio en mg/l	32.2	27.9	32.2	30.1	32.2
Dureza de magnesio en mg/l	28.0	32.3	28.0	23.6	32.1
Sulfatos en mg/l	33.9	33.9	36.3	36.3	38.7
pH	7.21	7.42	7.34	7.28	7.57
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	80	92	84	78	78
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cloruros en mg/l	2.42	2.90	2.42	2.42	1.93
Temperatura en °C	19	19	17	18	19
Sólidos totales en mg/l	90.5	88.38	90.07	91.11	94.15
Sólidos susp. en mg/l	1	1	1.5	0.5	1.5
Sólidos dis. en mg/l	89.5	87.38	88.57	90.61	92.65
Profundidad	5.3	3	3.4	3.5	2.5
Conductividad en micromhos/cm	105.3	102.8	104.2	106.6	109
Coliformes tot NMP/100ml	350	27	17	27	540
Coliformes fec NMP/100ml					
Estreptococos fec. NMP/100ml	7	27	11	20	220

ENERO 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	5.71	8.16	8.97	9.38	8.16
DBO ₅ en mg/l	2.02	1.92	1.52	2.23	1.42
O ₂ en mg/l	7.89	7.59	7.49	8.09	6.27
N-NO ₂ en mg/l	0.0036	0.0033	0.0044	0.006	0.0046
N-NO ₃ en mg/l	0.80	1.06	0.99	0.82	0.63
N-NH ₃ en mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
P- PO ₄ en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P total en mg/l	0.256	0.260	0.292	0.172	0.186
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	62.3	60.2	64.5	58.0	66.6
Dureza de calcio en mg/l	32.2	32.2	32.2	34.4	34.4
Dureza de magnesio en mg/l	30.1	28.0	32.3	23.6	32.2
Sulfatos en mg/l	30.2	27.8	27.8	27.8	30.2
pH	8.24	8.27	8.46	8.59	8.26
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	84	88	88	82	86
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cloruros en mg/l	1.93	1.45	1.93	1.45	1.93
Temperatura en °C	20	19	19	20	19
Sólidos totales en mg/l	105.8	103.6	100.3	104.1	107
Sólidos susp. en mg/l	2	2.5	2	1.5	2.5
Sólidos dis. en mg/l	103.78	101.06	98.34	102.59	104.46
Profundidad	4	2.8	2	3	2
Conductividad en micromhos/cm	122.1	118.9	115.7	120.7	122.9
Coliformes tot NMP/100ml	170	110	79	2400	820
Coliformes fec NMP/100ml	5	0	17	350	79
Estreptococos fec. NMP/100ml	14	130	3500	22	110

FEBRERO 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	1.2	3.6	1.2	1.2	2.08
DBO ₅ en mg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
O ₂ en mg/l	5.56	3.34	4.96	4.96	5.36
N-NO ₂ en mg/l	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015
N-NO ₃ en mg/l	1.05	0.31	0.87	0.86	0.47
N-NH ₃ en mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
P- PO ₄ en mg/l	0.02	0.016	0.017	0.017	0.018
P total en mg/l	0.043	0.034	0.040	0.034	0.049
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	49.4	55.9	58	68.8	64.5
Dureza de calcio en mg/l	32.2	30.1	25.8	30.1	27.9
Dureza de magnesio en mg/l	17.2	25.8	32.2	38.7	36.6
Sulfatos en mg/l	36.3	37.7	34.9	36.3	37.7
pH	8.35	8.26	8.54	8.74	8.53
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	98	90	90	90	84
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cloruros en mg/l	2.9	2.42	2.42	2.9	2.4
Temperatura en °C	19	17.5	19	18.5	19
Sólidos totales en mg/l	119.5	117.1	117.1	118	122.7
Sólidos susp. en mg/l	3	1.5	1.5	1.5	2
Sólidos dis. en mg/l	116.45	115.6	115.6	116.45	120.7
Profundidad	3.3	3.2	3.15	2.75	3.35
Conductividad en micromhos/cm	137	136	136	137	142
Coliformes tot NMP/100ml	11	130	22	14	49
Coliformes fec NMP/100ml	0	9	7	7	4
Estreptococos fec. NMP/100ml	0	17	240	2	11

MARZO 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	5.54	5.17	2.95	7.39	5.54
DBO ₅ en mg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
O ₂ en mg/l	15	15	10	14	14
N-NO ₂ en mg/l	0.008	0.005	0.003	0.006	0.009
N-NO ₃ en mg/l	0.52	0.41	0.10	0.29	0.19
N-NH ₃ en mg/l	0.121	0.11	0.27	0.22	0.43
P- PO ₄ en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P total en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	64.5	68.8	68.8	70.9	73.1
pH	8.29	8.56	9.75	9.16	9.42
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	74	76	72	70	72
Alcalinidad a la fenolftaleína en mg/l como CaCO ₃	10	12	8	8	6
Cloruros en mg/l	7.2	6.3	4.8	5.3	4.8
Temperatura en °C	22.5	22	22.5	21	23
Sólidos totales en mg/l	120	200	100	110	105
Sólidos susp. en mg/l	5.5	5.5	5.5	6	4.25
Sólidos dis. en mg/l	114.5	194.5	94.5	104	100.75
Profundidad	1.85	1.62	2	1.55	1.70
Conductividad en micromhos/cm	122	264	106	106	108
Coliformes tot NMP/100ml	1600	17	5	23	0
Coliformes fec NMP/100ml	110	2	2	0	0
Estreptococos fec. NMP/100ml	240	79	130	0	23

ABRIL 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	16.5	14.4	18	15.9	13.2
DBO ₅ en mg/l	2.37	2.57	2.86	1.09	1.78
O ₂ en mg/l	8	8.4	8.4	8.4	7.8
N-NO ₂ en mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
N-NO ₃ en mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
N-NH ₃ en mg/l	0.167	0.19	0.15	0.21	0.38
P- PO ₄ en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P total en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
pH	9.53	9.7	9.64	9.7	9.6
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	79.1	68.9	79.1	97.3	77.1
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	6.08	8.11	4.05	6.08	4.05
Cloruros en mg/l	2.52	2.52	3.02	4.03	3.02
Temperatura en °C	24	23	22	22	24
Sólidos totales en mg/l	120	120	130	140	120
Sólidos susp. en mg/l	8	4	2.8	4.4	3.4
Sólidos dis. en mg/l	112	116	127.2	135.6	116.6
Profundidad	1.6	1.55	1.76	1.7	1.52
Conductividad en micromhos/cm	153	121	121	121	123
Coliformes tot NMP/100ml	240	0	0	2	350
Coliformes fec NMP/100ml	240	0	0	2	46
Estreptococos fec. NMP/100ml	20	0	0	0	2

MAYO 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	12.9	21	21	17.7	33.9
DBO ₅ en mg/l	1.39	1.38	1.48	1.18	1.68
O ₂ en mg/l	8	7.6	8.2	7.2	7.2
N-NO ₂ en mg/l	0.0017	0.0014	0.002	0.0017	0.0028
N-NO ₃ en mg/l	0.17	0.21	0.13	0.21	0.11
N-NH ₃ en mg/l	0.087	0.075	< 0.05	< 0.05	0.110
P- PO ₄ en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P total en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	68	67	64	70	76
Dureza de calcio en mg/l	30	26	24	24	34
Dureza de magnesio en mg/l	38	41	40	46	42
pH	9.38	9.41	8.97	9.41	9.45
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	64.9	62.8	64.9	60.8	64.9
Alcalinidad a la fenolftaleina en mg/l como CaCO ₃	14.2	8.11	12.17	12.17	11.15
Cloruros en mg/l	3.028	1.51	1.51	2.01	1.51
Temperatura en °C	23	24	25	23	23.5
Sólidos totales en mg/l	105	137	105.5	106.5	110.2
Sólidos susp. en mg/l	5	3	4.5	3.5	5
Sólidos dis. en mg/l	105	137	105.5	106.5	110.2
Profundidad	1.4	1.45	1.4	1.25	1.05
Conductividad en micromhos/cm	163	162	160	164	161
Coliformes tot NMP/100ml	110	8	23	230	130
Coliformes fec NMP/100ml	33	0	49	17	49
Estreptococos fec. NMP/100ml	33	0	13	13	22

JUNIO 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	14.54	19.39	16.16	19.39	21.81
DBO ₅ en mg/l	3.11	2.91	2.13	< 1	6.02
O ₂ en mg/l	7.2	6.6	6.6	7.4	7.4
N-NO ₂ en mg/l	0.001	< 0.001	< 0.001	0.0015	0.0012
N-NO ₃ en mg/l	0.36	0.31	0.15	0.50	0.40
N-NH ₃ en mg/l	0.11	0.19	0.087	0.041	0.27
P- PO ₄ en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P total en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	57	67	62	60	62
pH	8.9	8.9	9	8.9	9
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	81.1	81.1	81.1	81.1	77.09
Alcalinidad a la fenolftaleína en mg/l como CaCO ₃	6.08	6.08	4.05	6.08	8.11
Cloruros en mg/l	3.28	3.02	2.27	2.27	2.27
Temperatura en °C	25	24	25	24	25
Sólidos totales en mg/l	110	120	100	110	120
Sólidos susp. en mg/l	6.5	3.5	3.5	3	4
Sólidos dis. en mg/l	103.5	116.5	96.5	107	115
Profundidad	1.2	1	1.4	0.9	1
Conductividad en micromhos/cm	154	159	156	158	160
Coliformes tot NMP/100ml	79	23	49	22	46
Coliformes fec NMP/100ml	17	2	17	13	8
Estreptococos fec. NMP/100ml	230	1600	5400	22	7

JULIO 2002

PARÁMETRO	1	2	3	4	5
DQO en mg/l	9.28	7.42	7.42	9.28	13.73
DBO ₅ en mg/l	2.37	2.28	1.9	2.09	4.18
O ₂ en mg/l	4.4	4.6	4.2	4.2	4.8
N-NO ₂ en mg/l	0.004	0.004	0.003	0.007	0.003
N-NO ₃ en mg/l	0.39	0.14	0.13	0.36	0.29
N-NH ₃ en mg/l	0	0	0	0	0
P- PO ₄ en mg/l	0	0	0	0	0
P total en mg/l	0	0	0	0	0
SAAM en mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dureza total en mg/l	66	64	64	64	64
pH	9.18	8.18	9.06	8.15	8.18
Alcalinidad total en mg/l como CaCO ₃	66.9	73	68.9	73	48.7
Alcalinidad a la fenolftaleína en mg/l como CaCO ₃	8.11	8.11	8.11	6.08	0
Cloruros en mg/l	2.99	2.99	2.99	3.49	2.99
Temperatura en °C	22	24	23	24	24
Sólidos totales en mg/l	90	100	100	110	120
Sólidos susp. en mg/l	5	3	2	4	9.2
Sólidos dis. en mg/l	85	97	98	106	110.7
Profundidad	1.25	1.1	1.65	1.25	1.6
Conductividad en micromhos/cm	161	157	155	156	156
Coliformes tot NMP/100ml	920	6	220	49	540
Coliformes fec NMP/100ml	920	6	22	49	220
Estreptococos fec. NMP/100ml	70	13	4	49	23

