



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERIA

**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN SANITARIO-AMBIENTAL DE LA
PRESA VALLE DE BRAVO.**

PROYECTO TERMINAL IN EXTENSO

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA: INGENIERÍA SANITARIA

PRESENTA

ING. CONCEPCIÓN RANGEL ORTEGA

TUTOR: M.I. ALBA BEATRIZ VÁZQUEZ GONZÁLEZ

México, D.F., junio de 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimiento

Agradezco a la DGAPA el financiamiento otorgado al proyecto IN107710 *“Monitoreo de la calidad del agua mediante el uso de la percepción remota”* a través del **PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (PAPIIT)**. El presente trabajo forma parte del citado proyecto.

EVALUACIÓN SANITARIO-AMBIENTAL DE LA PRESA VALLE DE BRAVO

ÍNDICE

Objetivo, justificación y resumen

Introducción.....	1
1. Evaluación sanitario-ambiental con criterio de cuenca y riesgo	2
1.1 Definiciones y objetivo	2
1.2 Caracterización regional	3
1.3 Recopilación de la información	9
1.4 Interpretación y análisis.....	24
1.5 Medidas de mitigación.....	25
2. Alteración de los factores sanitario-ambientales de la cuenca de la presa Valle de Bravo.....	27
2.1 Agua.....	27
2.2 Suelo.....	49
2.3 Aspectos sociales.....	56
2.4 Salud.....	58
2.5 Identificación de causas y efectos.....	61
2.6 Índices de riesgo.....	65
2.7 Interpretación y análisis de riesgo.....	68
3. Conclusiones y recomendaciones.....	70
Bibliografía.....	72
Anexo A Tablas de cálculo del ICA.....	74

Objetivo

Realizar la evaluación sanitario-ambiental del embalse de la presa Valle de Bravo.

Resumen

Se presenta un diagnóstico sanitario-ambiental de la presa Valle de Bravo, aplicando el método de la matriz simplificada propuesta por la Comisión Nacional del Agua; a partir de parámetros sanitario-ambientales que son calificados y a los que además se les asigna una probabilidad de ocurrencia, se calcula el producto de la calificación del parámetro y su probabilidad de ocurrencia obteniendo un índice de riesgo. Luego, a partir de éste se proponen medidas de control para el mejoramiento y conservación de la presa.

Justificación

La presa Valle de Bravo es una de las presas más importantes para el Sistema Cutzamala ya que aporta $6\text{m}^3/\text{s}$ aproximadamente, lo que equivale al el 38% del gasto del sistema. Además del abastecimiento, la presa es de gran importancia ya que por su belleza escénica se ha convertido en un centro turístico muy importante, implicando un recurso vital en la economía de los pobladores.

Sin embargo, el deterioro de la presa debido a las actividades humanas en la cuenca han tenido como consecuencia la degradación y contaminación de los recursos de agua, suelo, bosque, lo que ha disminuido tanto la cantidad como la calidad del agua.

Por ello como parte del proyecto PAPIIT IN 107710 "Monitoreo de la calidad del agua mediante percepción remota" se realizó una evaluación sanitario-ambiental de la presa para conocer en qué condiciones se encuentra actualmente, así como para proponer medias de control para el mejoramiento y conservación del agua.

Introducción

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre, de tal forma que si fuera impermeable, todas las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por un sistema de corrientes hacia una corriente principal y a un mismo punto de salida.

Cuando las corrientes contienen un gasto considerable, y las condiciones y necesidades del lugar lo permiten, se realizan obras de ingeniería de tal forma que se puedan aprovechar los recursos naturales que proporciona la región. Una de esas obras son las presas, a las cuales se les pueden dar diferentes usos, como por ejemplo: riego, control de avenidas, generación de energía eléctrica, o bien para abastecimiento de agua para consumo humano, en éste caso aplicándole las normas correspondientes para conocer el tipo de tratamiento de potabilización requerido para satisfacer la calidad potable.

El deterioro de estas obras es inevitable, debido a factores ambientales, además de las actividades humanas. Una presa esta íntimamente ligada al lugar donde se construye ya que no sólo se requiere tener en buenas condiciones sanitario-ambientales a los alrededores de la presa sino además cuidar y conservar la cuenca a la que pertenece, ya que en gran medida lo que afecte a la cuenca afectará directa o indirectamente a la presa. En una cuenca es muy importante la vegetación, ya que es el refugio de animales, además favorece la precipitación, aumenta la infiltración y evita la erosión.

La presa Valle de Bravo forma parte del sistema Cutzamala, la cual se encarga de abastecer de agua potable algunas delegaciones del Distrito Federal y a algunos municipios del Estado de México.

El presente trabajo tiene como finalidad realizar una evaluación sanitario-ambiental de la presa Valle de Bravo, y está integrado por tres capítulos. El primer capítulo presenta las características físicas y socioeconómicas de la cuenca a la que pertenece la presa, así como un cuestionario de inspección de presas para la vigilancia y evaluación de riesgos sanitario-ambientales y algunas medidas de mitigación para los problemas encontrados.

En el Capítulo 2 se evalúan algunos factores sanitario- ambientales, tales como el agua, el suelo, así como los aspectos sociales y de salud, además de incluir un análisis de riesgo a través de una metodología propuesta por la CONAGUA, para la evaluación de presas destinadas al suministro de agua potable.

Por ultimo en el capítulo 3 se señalan las conclusiones al aplicar el método mencionado anteriormente, también se incluyen algunas recomendaciones para mejorar la calidad del agua de la presa.

CAPITULO 1.- EVALUACIÓN SANITARIO-AMBIENTAL CON CRITERIO DE CUENCA Y RIESGO.

1.1 Definiciones y objetivo.

El objetivo del presente trabajo es identificar y cuantificar los riesgos desde el punto de vista sanitario-ambiental de la cuenca y del embalse de la presa Valle de Bravo

En la cuenca se involucran diversos aspectos como son los económicos (relacionados con los bienes y servicios que se producen en el área), los aspectos sociales, y los ambientales tales como los recursos de suelo, agua, vegetación, fauna, entre otras. La interacción que se produce entre estos aspectos puede producir efectos positivos o negativos según sea su manejo dentro de la cuenca. Por lo general los fenómenos naturales suelen encerrar un gran potencial de riesgo, que provoque daños tanto a las personas como a los bienes. Para identificar el grado de peligro que se puede tener en la zona es necesario realizar estudios de riesgo que nos proporcionen la información suficiente para llevar a cabo las medidas de prevención y mitigación.

A continuación se presentan algunas definiciones que servirán como base conceptual para el presente trabajo.

Riesgo: Es la posibilidad de un daño ambiental severo, esta vinculado con la vulnerabilidad del lugar o zona a estudiar.

Análisis de riesgo: Es un proceso mediante el cual se identifican las amenazas y vulnerabilidades, con el propósito de generar medidas que minimicen los efectos de los riesgos.

Peligro: Es la probabilidad de accidente, es una causa del riesgo.

Presa: Estructura que se emplaza en una corriente de agua para embalsarla y/o desviarla para su posterior aprovechamiento o para proteger una zona de sus efectos dañinos. Bajo el contexto sanitario-ambiental, el concepto de presa incluye además de la cortina y sus obras convexas, la cuenca tributaria, el embalse y la zona de aprovechamiento y/o afectación aguas abajo.

Cuenca hidrográfica: Es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o bien directamente en el mar. Los límites de la cuenca se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río denominada parteaguas. Incluye los siguientes componentes:

Componentes físicos: de tipo geológico, geomorfológico, climático, los recursos hídricos y los suelos.

Componentes biológicos: relacionados con la flora, fauna y los ecosistemas.

Componentes socioeconómicos y culturales: población, actividades educativas, salud, actividades económicas, paisaje, tradiciones culturales y su relación con los recursos, etc.

De acuerdo con el reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental, el estudio de riesgo es el *documento mediante el cual se da a conocer, a partir del análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, los riesgos que dichas obras o actividades presenten para el equilibrio ecológico o el ambiente, así como las medidas técnicas de seguridad, preventivas y correctivas, tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos al equilibrio ecológico en caso de un posible accidente, durante la ejecución y operación normal de la obra o actividad de que se trate.*

Y se define a las medidas de prevención y mitigación como el *conjunto de disposiciones y acciones anticipadas que tienen por objetivo evitar o reducir los impactos ambientales que pudieran ocurrir en cualquier etapa de desarrollo de una actividad.*

1.2 Caracterización regional.

Marco físico

La cuenca Valle de Bravo – Amanalco pertenece a la Región Hidrológica número 18 Cuenca Río Balsas, se encuentra ubicada al poniente del Estado de México y abarca una superficie de 61,548.47 hectáreas, los municipios contenidos en esta cuenca son Amanalco, Valle de Bravo, y superficies menores de los municipios de, Villa Victoria, Villa de Allende y Donato Guerra.

Las coordenadas geográficas extremas son las siguientes (incluyendo la cuenca cerrada San Simón):

Latitud	Extremo norte:	19° 23' 00" (n)
	Extremo sur	19° 05' 30" (n)
Longitud	Extremo poniente	100° 11' 40" (w)
	Extremo oriente	99° 52' 00" (w)

La Figura 1.1 muestra la ubicación de la cuenca Valle de Bravo- Amanalco.

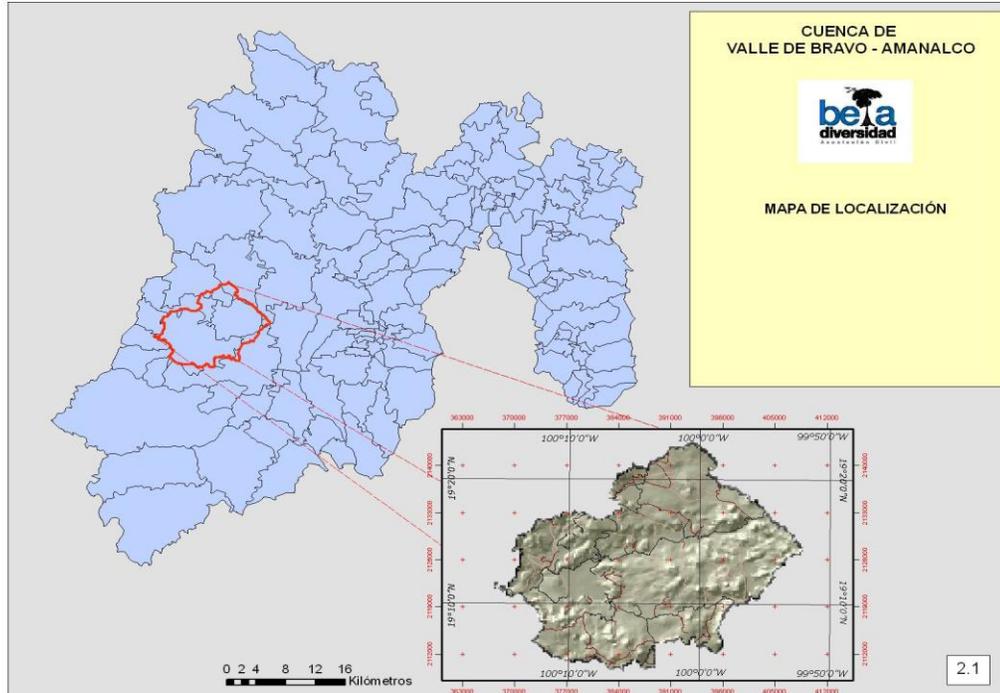


Figura 1.1.-Localización de la cuenca Valle de Bravo- Amanalco
Fuente: Atlas informático de la cuenca Valle de Bravo – Amanalco

Suelo

Existe una gran cantidad de volcanes esparcidos por toda la cuenca, debido a esto más del 90% de la cuenca es de origen volcánico, donde el 74% de la superficie esta cubierta por cenizas volcánicas (andosoles) y el resto de la superficie volcánica esta constituida por conos en diferentes niveles dedegradación, derrames de lava, basaltos y granitos. Los únicos relieves independientes de actividades volcánicas se encuentran alrededor de la presa Valle de Bravo, son los Esquistos en la orilla Norte del vaso, y el lomerío al norte de la Ciudad de Valle de Bravo

Clima

El clima es típico del altiplano mexicano: árido en invierno, húmedo y lluvioso durante el verano. Según la altura se tienen 3 grandes regiones climatológicas en la cuenca:

- Semicálida en la parte baja, debajo de la cota 2200 msnm, con un temperatura media anual menor a los 22°C.
- Templada Subhúmeda en la parte central entre los 2200 a los 3000 msnm, con una temperatura media anual entre los 12°C y los 18 °C.

- Semifría Subhúmeda en la parte más alta por arriba de los 3200 msnm.

Las lluvias se presentan de junio a septiembre y se prolongan, en ocasiones hasta octubre, los niveles de precipitación varían entre los 1310.9 mm (cortina, en el extremo poniente) hasta los 1500 mm (extremo oriente). Los meses más calurosos son: mayo, junio, julio y agosto; las heladas se inician a mediados de diciembre y se prolongan hasta febrero se presentan según la altura sobre el nivel del mar. Debajo de la cota 2000 msnm nunca hay heladas, entre 2000 a 2500 msnm las heladas ocurren en forma esporádica, mientras que arriba de los 2500 msnm las heladas son frecuentes y normales durante los meses de noviembre a febrero. La dirección de los vientos en general, es de poniente a oriente.

Flora y fauna

El 53% de la Cuenca está ocupada con bosques tales como:

- a) Bosque de oyamel y pino – oyamel: los cuales se encuentran en la cota superior a los 2800 msnm.
- b) Bosque de pino y pino-encino: El pino domina entre la cota de 2400 a 2800 msnm., el encino debajo de la cota 2800msnm. y entre la cota de 2000 a 2400 msnm. Los bosques de pino –encino.
- c) Bosque mesófilo de montaña: la presencia de este tipo de bosque se encuentra en áreas más húmedas por ejemplo al sur de Avándaro.
- d) Zona de transición bosque de encino-selva baja caducifolia: Debajo de la cota de 2000 msnm existen bosques de encino y ya inicia la transición hacia la selva baja caducifolia, en especial en las laderas hacia el sur.

Debido a que ciertos bosques han sido perturbados por diferentes factores tales como la tala, incendios, etc., y no se tienen posibles árboles madures proveedores de semillas que puedan producir una autogeneración se ha tenido que recurrir a la reforestación introduciendo nuevas especies de árboles que no son nativos del lugar, como por ejemplo: *Pinus radiata*, *Cupressus lindley*(cedro), y varias especies de *Eucalyptus*sp. entre otros.

El 33% de la cuenca está ocupada por la agricultura que es llevada acabo en las pendientes más bajas; en las llanuras, hasta en pendientes de 50%, en este último caso produciendo enormes cantidades de azolves.

Los pastizales ocupan el 7% de la superficie, se encuentran en la parte oriental de la cuenca a alturas inferiores a los 3000 msnm. y superiores a los 2400 msnm. Los pastizales son resultado de la perturbación del hombre en áreas donde antes se encontraba bosque de pino-encino, y que se sustituyeron por estos pastizales para alimentar borregos en un régimen de ganadería extensiva.

El 0.5% de la cuenca esta ocupada por árboles frutales nativos del lugar tales como:

- a) Tejocote: se encuentra entre las cotas 2000 a los 3000 msnm. es originario de los bosques de pino-encino, crecen en lugares más húmedos por lo general es cerca de los cauces de los ríos.
- b) Capulín: Se encuentra entre las cotas 2000 a 300 msnm. Es también originaria de la zona del bosque pino – encino en áreas más húmedas a lo largo de los cauces. Ahora abunda en los huertos familiares.

También existen árboles frutales inducidos tal es el caso de la ciruela, el aguacate, la pera, la manzana y el durazno.

Debajo de la cota de 2000 msnm.se pueden encontrar huertos cítricos con árboles de naranja, toronja, limón o mandarina.

Las zonas frutícolas por lo general se encuentran en los alrededores o dentro de las zonas urbanas, en los huertos que rodean las casas.

Las plantas que se pueden encontrar son las palmas o zoyates, platanillos, moco de guajolote, manchón de palmita, ciento en rama, capitaneje, achiotl, entre otras. Entre las flores de ornato tenemos: gladiola, rosas, flor de paraíso, violetas, azucena, bugambilia, tulipán, jacalote entre otras.

En lo que respecta a la fauna del lugar se encuentran mamíferos de talla pequeña como: conejo castellano y de monte, ardillas gris y roja, ardillón, topos, comadreja, zorrillos, zorra gris, liebre, hurón, murciélago y tejones. Entre los mamíferos de talla grande esta el venado, lince, puma, coyote y jabalí

Entre los anfibios y reptiles se mencionan salamandra o ajolote, lagartija, culebra víboras de cascabel y la rana leopardo.

De grupo de las aves tenemos: los carpinteros, coquita, gavián pechirrufo, güilotas, paloma llorona, trepadores, colibrí, azulejo, tordo, búho, codorniz, gallina de monte, patos, así como algunas depredadoras como la gallina de cola roja, ceceto, gavián, zopilote y cuervo.

Existe una colonia de mariposas monarca en el Cerro de Piedra Herrada, registrada desde 1977, que fue considerada como el sitio delta.

Hidrografía

Los cuerpos de agua ocupan el 3% de la superficie, en la cuenca existen manantiales, corrientes permanentes, corrientes intermitentes, sumideros o grietas, donde el agua desaparece, y manantiales donde vuelve aparecer.Un estudio reciente a cargo de la *Secretaría del Medio Ambiente del Estado de*

México, ha detectado la existencia de 541 manantiales, algunos de los ríos mas importantes son: El Salto, Barranca Honda, Tiloxtoc como principal aportador del Río Balsas; Los Hoyos, Agua Grande, La Asunción, El Molino, El Crustel, Los Gavilanes, Capilla Vieja, Amanalco de Becerra, Las Flores, Río Chiquito, Los Saucos, Piñas Altas, González, San Juan y Santa María Pipioltepec. El cuerpo de agua principal es la presa Valle de Bravo, la cual es utilizada para aportar agua potable a la Ciudad de México a través del sistema Cutzamala. Otros cuerpos de agua son la Laguna de San Simón, ya azolvada, y la Laguna Capilla Vieja, también azolvada y seca durante la temporada de estiaje, además algunas represas menores, como son la de El Fresno y las represas del Sr. Kuri en la cuenca media del arroyo Yerbabuena.

Marco socioeconómico

La cuenca Valle de Bravo tiene una población de 90,445 habitantes, el Cuadro. 1.1 muestra la distribución de la población por municipios pertenecientes a la cuenca:

Cuadro 1.1.- Distribución de la población de la cuenca

Municipio	# Localidades	Habitantes
Valle de Bravo	51	52,902
Amanalco	28	20,343
Villa de Allende	11	5,090
Donato Guerra	7	10,844
Villa Victoria	2	1,266
Total	99	90,445

Fuente: modificado de XII Censo General de población y Vivienda, INEGI y Censo de población 2005, INEGI

La energía eléctrica es el servicio con mayor cobertura siendo esta del 90.22% en toda la cuenca. Los servicios de salud se encuentran en todos los poblados aunque su cobertura e infraestructura son muy deficientes, ya que en toda la cuenca se cuenta con un hospital general, 3 unidades móviles y las restantes son 18 unidades médicas de primer nivel de carácter rural, las cuales pertenecen a instituciones tales como ISEM, ISSSTE, ISSEMYM, Cruz Roja e IMSS. También la cobertura de la educación es deficiente ya que el promedio de años de escolaridad en la población de la Cuenca es de 4.2 años, lo que indica que no terminan la instrucción primaria y el 17.9% de la población carece de cualquier tipo de instrucción escolar.

En cuanto a la vivienda se estima que hay aproximadamente 14,959, en el Cuadro 1.2 se muestra la posesión de bienes en las viviendas, en el Cuadro 1.3 se presentan los servicios con los que cuentan las viviendas y el Cuadro 1.4 presenta la población económicamente activa en la cuenca Valle de Bravo.

Cuadro 1.2.- Posesión de bienes en las viviendas

Municipio	Con todos los bienes		Sin bienes		Viviendas con 1 cuarto		Con automóvil	
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Valle de Bravo	257	3.28	495	6.32	964	12.31	1,856	23.71
Amanalco	5	0.12	776	19.23	378	9.36	291	7.18
Villa de Allende	0	0	231	23.66	87	8.91	83	8.50
Donato Guerra	6	0.31	566	30.07	262	13.92	124	6.58
Villa Victoria	0	0	34	14.10	5	2.07	25	10.37
Total	268	1.79	2,102	14.05	1,696	11.33	2,378	15.89

Fuente: modificado de XII Censo General de Población y Vivienda. Estado de México, INEGI

Nota: Los bienes contemplados en la encuesta son: calentador de agua, computadora, lavadora, licuadora, radio o grabadora, refrigerador, teléfono, televisor y videocasetera.

Cuadro 1. 3.- Servicios en las viviendas

Municipio	Con sanitario exclusivo		Viviendas con agua entubada		Viviendas con drenaje		Viviendas con energía eléctrica	
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Valle de Bravo	6,149	78.58	6,645	84.92	6,281	80.26	7,319	93.53
Amanalco	1,696	42.03	3,014	74.69	939	23.27	3,660	90.70
Villa de Allende	262	26.84	497	50.92	101	10.34	774	79.30
Donato Guerra	696	36.98	844	44.84	300	15.94	1,537	81.66
Villa Victoria	63	26.14	5	2.07	11	4.56	207	85.89
Total	8,866	59.26	11,005	73.56	7,632	51.01	13,497	90.22

Fuente: modificado XII Censo General de población y Vivienda, INEGI

Cuadro1. 4.- Ingresos de la población ocupada s.m. (salario mínimo)

Municipio	Sin ingreso		De 1 a 2 s. m.		De 2 a 5 s. m.		De 6 a 10 s. m.		Más de 10 s. m.	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Valle de Bravo	730	6.05	4,588	38.05	3,903	32.37	606	5.02	287	2.38
Amanalco	1,428	33.01	1,160	26.82	698	16.13	64	1.47	12	0.27
Villa de Allende	211	24.88	251	29.59	190	22.40	7	0.82	4	0.47
Donato Guerra	493	23.2	772	36.32	374	17.6	20	0.94	7	0.32
Villa Victoria	206	66.23	41	13.18	27	8.68	0	0	0	0
Total	3,068	15.60	6,812	34.63	5,192	26.40	697	3.54	310	1.57

Fuente: modificado de XII Censo General de población y Vivienda, INEGI

Las principales actividades económicas son la producción agrícola siendo el principal cultivo el maíz, también se cultiva frijol, papa, haba, chícharo jitomate, chile manzano, hortalizas, avena, trigo, girasol, así como algunos frutales. La producción forestal en las que se encuentran pinos, encinos, y algunas especies como el álamo y el fresno. La producción ganadera en los que se encuentra el ganado bovino, porcino, ovino y caprino. La piscicultura en los que se encuentran especies de peces como la carpa, tilapia, trucha, lobina y la mojarra. También se encuentra presente la industria eléctrica y de la construcción, predominan empresas en el área de la cerámica y fabricación de muebles de madera, así como centros agroindustriales y el subsector hotelero y restaurantero.

1.3 Recopilación de la información

Descripción de la presa

La presa Valle de Bravo se encuentra ubicada sobre el río del mismo nombre a una altitud de 1,830m, tiene una capacidad de almacenamiento de 457 millones de metros cúbicos y abarca una superficie de 2,900 ha. Cortina de 48m de altura, de enrocamiento con corazón impermeable, longitud en la corona de 148 m. La obra de toma fue diseñada para una capacidad de 30m³/s; consta de una torre de concreto de 45m de altura y compuertas de acero deslizantes. El vertedor de demasías es una estructura tipo canal, lateral revestido de concreto reforzado, con una longitud de corona de 94.4m y capacidad para un gasto de 1200m³/s. De la cortina de la presa, se derivan 2 canales que conectan a la presa Valle de Bravo con las presas Tilostoc y EL Durazno. Este sistema de intercomunicación al igual que el canal que conecta a la presa Villa Victoria con la presa Valle de Bravo pertenecen al sistema hidroeléctrico Miguel Alemán.

La profundidad promedio del lago es de 21 metros. La zona más profunda del lago se encuentra cerca de la cortina de la presa, con una profundidad de 39 metros cuando el lago está en su máximo nivel.

Características sanitario- ambientales

Hidrología

La Cuenca Valle de Bravo-Amanalco tiene una precipitación anual de 973,966,610 m³. De esta cantidad el 48% se pierde por *evapotranspiración* (pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación), 35% se incorpora a la recarga de los mantos acuíferos subterráneos y el 17% escurre superficialmente.

Los principales ríos que confluyen en la presa son:

Río Amanalco: Se origina de los escurrimientos que descienden del cerro de san Antonio desde una elevación de 3500 m. s. n. m. a 23 Km al oeste de Toluca y a 27.5Km al noreste de Valle de Bravo, en su curso alto se le conoce como río Alto, la corriente fluye en dirección oeste, pasa por el poblado de San Bartolo y Santa María Pipioltepec hasta llegar a la presa Valle de Bravo.

La estación hidrométrica el Salto se encuentra ubicada a 25 km aguas abajo de sus orígenes y es la que registra el caudal del río Amanalco que es el que aporta la mayor cantidad de agua al embalse y en el periodo de 2004-2005 registró un gasto medio de 3.299 m³/s. Este río es el más contaminado debido a que es en esta área donde se presenta la mayor actividad agrícola, así como una actividad forestal intensa, y recolectar las aguas residuales domésticas de las poblaciones antes mencionadas.

Río Valle de Bravo: Se origina con los escurrimientos que descienden del cerro de Agua desde una elevación de 2700 m. s. n. m. a 10.5 km al noreste de Valle de Bravo y a 40.5 Km al sureste de Toluca, dichos escurrimientos son conducidos directamente al vaso de la presa Valle de Bravo. El río tiene una longitud de 15 Km.

Río el Molino o los hoyos: Se origina con los escurrimientos que descienden del cerro de San Antonio desde una elevación de 3300 m. s. n. m. a 25.5 Km al oeste-sureste de Toluca, la corriente tiene una dirección suroeste, cruza el poblado llamado El Naranja, más adelante confluye con el río El Temporal que nace en el cerro El Coporito. Más adelante se une con el río Alameda que desciende del cerro Piedra herrada y a lo largo de su trayectoria se unen a él, las aguas del río Ojo de agua que se origina en el cerro Trompillos. El río Chiquito se une más adelante para llegar a la presa Valle de Bravo. La estación El Molino se ubica a 30 Km aguas abajo de sus orígenes, registra el caudal de este río y en el período 2004-2005 se obtuvo un gasto medio de 2.86 m³/s.

Río Santa Mónica o la Yerbabuena : se origina a una elevación de 2600 m. s. n. m. a 50 Km al sureste de Toluca y a 10 Km al sureste de Valle de Bravo, nace en las faldas de los cerros San Agustín y Sacametate, inicialmente su dirección es hacia el este, posteriormente hacia el noroeste hasta llegar a la presa. A 10 Km aguas abajo de sus orígenes se localiza la estación hidrométrica Santa Mónica a 700 m aguas arriba de su desembocadura al vaso de la presa Valle de Bravo, El caudal registrado para el periodo 2004-2005 se tiene un gasto medio de 0.204m³/s.

Río La Cascada: se ubica en la parte sur de la cabecera municipal de Valle de Bravo, está constituido por escurrimientos pequeños que inician en las cimas de Monte Alto, desemboca directamente en el vaso.

Río Carrizal: Se origina a una elevación de 2300 m. s. n. m. a 57 Km al sureste de Toluca y a 8.5 Km al sureste de Valle de Bravo, Los escurrimientos transitan por la ladera norte del cerro de los colorines, la corriente con rumbo norte es pequeña y vierte sus aguas a la presa. A 300 m aguas arriba de su desembocadura se ubica

la estación El Carrizal que registra los escurrimientos de este río obteniendo para el período 2004-2005 un gasto medio de $0.362 \text{ m}^3/\text{s}$.

Río González: Se origina a una elevación de 2600 m. s. n. m. a 49 Km al sureste de Toluca y a 9.5 Km al sur- sureste del Valle de Bravo, 13 Km aguas debajo de sus orígenes se localiza el sitio en el cual opera la estación hidrométrica Vertedor González, 400 m aguas arriba de su desembocadura al vaso de la presa Valle de Bravo. Que en el periodo 2004-2005 registró un gasto medio de $0.889 \text{ m}^3/\text{s}$.

Río Tizates o Arroyo Las Flores. La subcuenca de este río, al noroeste de la presa Valle de Bravo, tiene 21.62 km^2 . Inicia en la ladera suroeste del cerro Los reyes (2900 msnm). Cruza el poblado de Rincón de Estrada y El temporal. La subcuenca presenta varios escurrimientos directos a la presa, y debido a los desechos urbanos, genera mayor contaminación. La Figura 1.2 muestra la ubicación de algunos ríos que confluyen a la presa Valle de Bravo, así como sus respectivas estaciones hidrométricas.

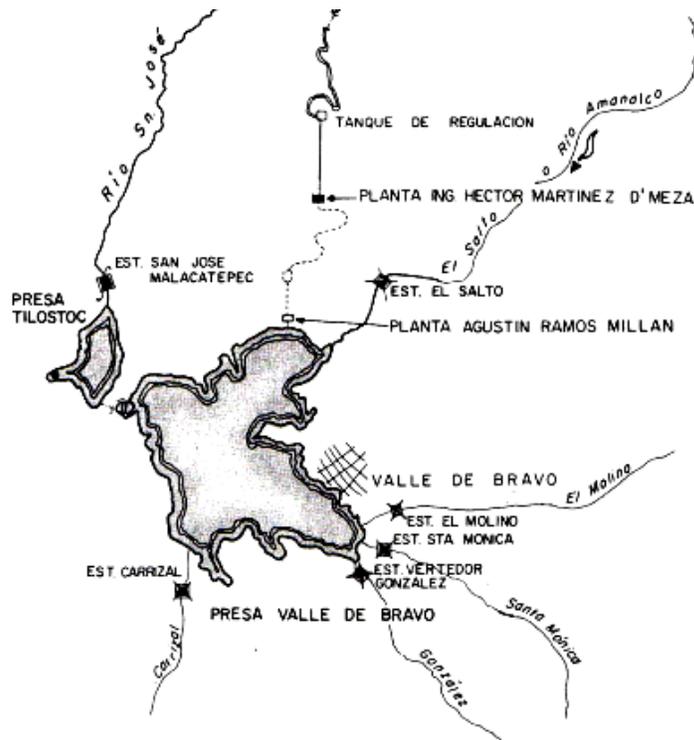


Figura 1.2.- Ubicación de los ríos y estaciones hidrométricas en la presa.

Fuente: Boletín hidrológico # 49, cuenca del medio y bajo balsas.

Residuos sólidos

En lo que respecta a los residuos sólidos las localidades que generan más basura son Valle de Bravo, Amanalco y Avándaro.

Amanalco cuenta con 4 camiones recolectores que depositan los desechos en un tiradero a cielo abierto de 0.5 ha, pero estas unidades no cubren todas las comunidades del municipio provocando que la basura sea depositada en las barrancas.

Valle de Bravo cuenta con 13 camiones recolectores de 6m³ que depositan los residuos en un tiradero municipal de un área aproximada de 7 hectáreas, donde también se depositan los residuos provenientes de Avándaro y otras localidades.

No obstante se encuentran algunos lugares en la cuenca de la presa donde no se recolecta la basura y las personas la tiran directamente en las cañadas o barrancas.

Suelo y Recursos Forestales

La pérdida de suelo debido a la erosión se tiene estimada que es de 3.7 millones de m³ de sedimentos por año que llegan al presa reduciendo su capacidad considerablemente. Esto es debido a diferentes actividades tales como la tala de árboles ya que el aprovechamiento de la madera en esta cuenca es de gran importancia ya que se consume en la industria de aserrío y en la elaboración de muebles y artesanías.

El municipio de Valle de Bravo cuenta con 119 permisos de aprovechamiento forestal y Amanalco cuenta con 45 predios con el mismo permiso. En Valle de Bravo se encuentran 12 aserraderos todos con carácter particular, además cuenta con 3 viveros forestales, y el municipio de Amanalco cuenta con 4 aserraderos: 2 de propiedad ejidal, uno instalado en la Unión de Ejidos Emiliano Zapata que la componen 5 ejidos, el segundo pertenece a la Unión de Ejidos de Producción Comercialización Agropecuaria y Forestal que agrupa a 6 ejidos. Los otros 2 aserraderos de Amanalco son de propiedad privada.

En la Unión de Ejidos Emiliano Zapata se encuentra la localidad El Potrero el cual cuenta con un vivero que produce anualmente 700 000 plantas diversas especies tales como pino, oyamel y cedro.

Sin embargo, la deforestación también es producida por los pobladores en general, ya que usan la madera como combustible en sus hogares. Se tiene estimado que cada familia consume 4 árboles por año en promedio, sin que se registre algún reporte de renovación de la vegetación

Aplicación del cuestionario:

CUESTIONARIO DE INSPECCIÓN DE PRESAS PARA LA VIGILANCIA Y EVALUACIÓN DE RIESGOS SANITARIO-AMBIENTALES.

DATOS DE LA PRESA

NOMBRE: Valle de Bravo ESTADO: México MUNICIPIO: Valle de Bravo
 CAPACIDAD: 457 millones de m³ TIPO DE CORTINA: Enrocamiento
 REGIÓN HIDROLÓGICA #: 18

1.- CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

Relieve _____ Tipo de suelo andosoles

Erosión: Alta _____ Media x _____ Baja _____

2.- FACTORES CLIMÁTICOS

Temperatura (°C): Máxima 32 Media 17.5 Mínima 1.3

Precipitación: Media anual (mm) 1024 Media mensual (mm): _____ Máxima mensual (mm): _____

3.-VEGETACIÓN

Si no se dispone de los porcentajes de área que ocupan, ordenar con un número (del 1 al 3) de acuerdo a su prevalencia.

Cuenca tributaria:

Bosque 1 (% del área tributaria) Pastizal 2 (%) Tierra cultivable 3 (%)

El cuadro 1.5 muestra la superficie ocupada por los diferentes usos que se le da al suelo.

Cuadro 1.5.- Usos del suelo en la cuenca

Uso de suelo	Superficie (ha)
Agricultura	20,676.27
Agua	1,779.45
Bosque	33,631.92
Pastizal	4,395.93
Zona Urbana	1,064.90
Total	61,548.47

Fuente: Atlas informático de la cuenca Valle de Bravo – Amanalco

4.- FAUNA (terrestre y acuática)

a) Aguas arriba: (mencione las 3 especies principales)

Mamíferos: ardilla gris venado conejo

Aves (nativas y migratorias): gallina de monte búho gavilán pechirrufo

Peces (se producen en las granjas): carpas trucha arcoíris mojarra

b) Embalse: (mencione las 3 especies principales)

Aves (nativas y migratorias): patos zopilote coquita

Peces: carpa charal tilapia

Crustáceos: _____

c) Aguas abajo: (mencione las 3 especies principales)

Mamíferos: jabalí coyote liebre

Aves (nativas y migratorias): paloma llorona carpinteros colibri

Peces: mojarras charal trucha

d) Antecedentes de epizootias ocurridas en la presa y su entorno: no existe registro

e) Especies en peligro de extinción y su principal causa:

De las especies que habitan la cuenca ninguna esta en peligro de extinción, sin embargo el cuadro 1.6 muestra algunas especies que se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Cuadro 1.6.- Especies Incluidas en la norma.

Especie	Categoría
Salamandra o ajolote	Sujeta a protección especial
Pato mexicano	Amenazada
Gavilán pechirrufo	Sujeta a protección especial
Ardilla gris	Amenazada
Trucha arcoíris	Sujeta a protección especial
Mariposa monarca	Sujeta a protección especial

La NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, define a las especies amenazadas y sujetas a protección especial como:

Amenazadas: aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitad o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujetas a protección especial: aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

5.- FLORA

a) Aguas arriba: (mencione las 3 especies principales)

Terrestre: orquídeas bromelias musgos

Acuática: fitoplancton ----- -----

b) Embalse: (mencione las 3 especies principales)

Terrestre: zoyates orquídea flor del paraíso

Acuática: lirio algas -----

c) Aguas abajo: (mencione las 3 especies principales)

Terrestre: escobilla manchón de palmita orquídea

Acuática: fitoplancton ----- -----

6.- POBLACIÓN: (urbana y rural)

La cuenca esta constituida por 99 localidades de las cuales 1 es urbana y las 98 restantes son rurales, debido a esto solo se mencionaran las localidades más habitadas por cada municipio:

Urbana:

Municipio:	Localidad	Habitantes:
Valle de Bravo	Valle de bravo	22166

Rural:

Municipio:	Localidad:	Habitantes:
Amanalco	Amanalco de Becerra	1044
Donato Guerra	San Simón de la Laguna	4329
Villa de Allende	San Felipe Santiago	3015
Villa Victoria	Propiedad Laguna Seca	936

CROQUIS DE LA PRESA Y SU ÁREA DE INFLUENCIA:

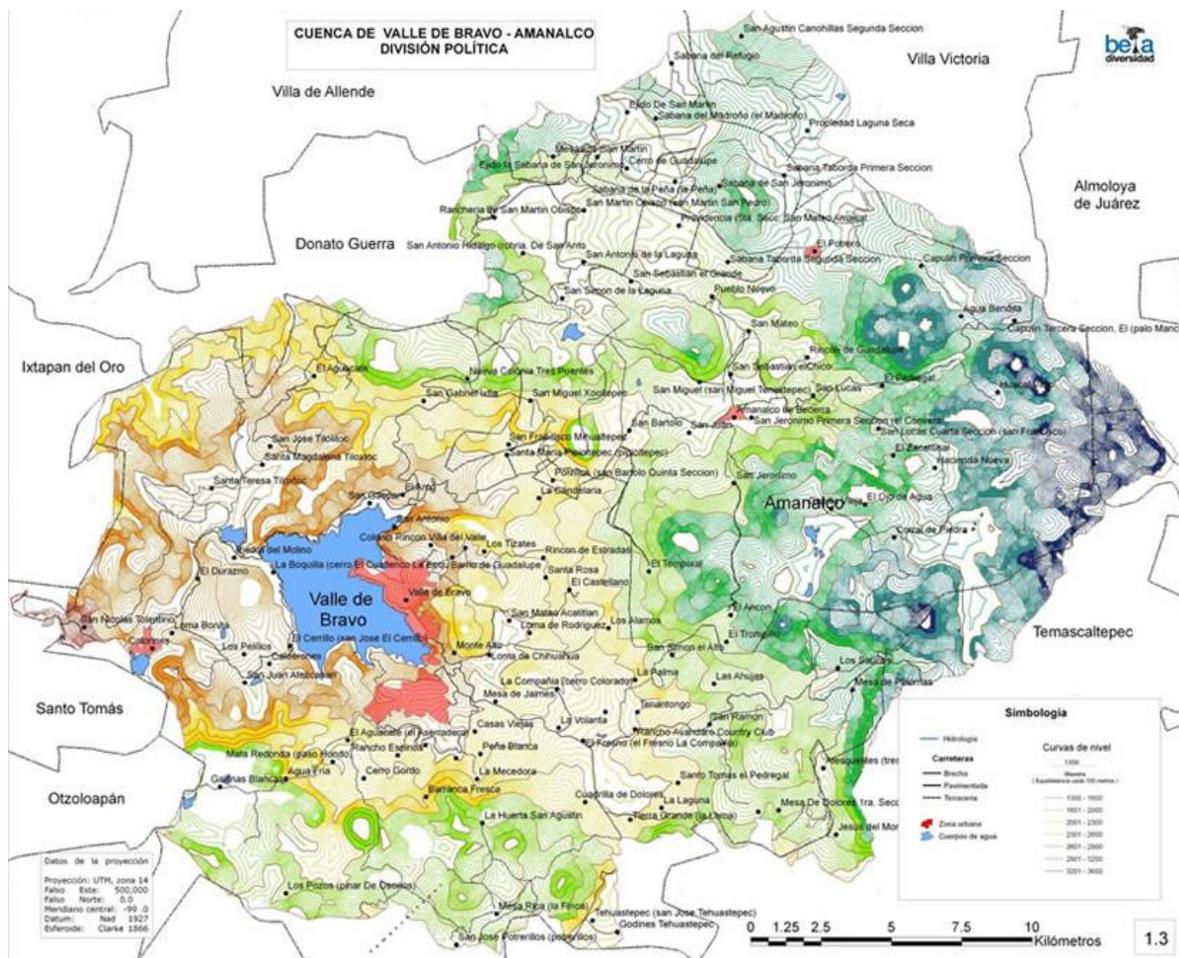


Figura 1.3 .- Localidades pertenecientes a la cuenca Valle de Bravo- Amanalco
Fuente: Atlas informático de la cuenca Valle de Bravo – Amanalco

7.- USOS DEL AGUA:

El cuadro 1.7 muestra los usos que se le dan al agua en la cuenca.

Cuadro 1.7.- Usos del agua.

Uso	Volumen anual en m ³	Gasto en Ips
Acuícola	57'032,941	9,226.0
Agrícola	33'247,081	1,808.5
Público urbano	8'465,874	1,054.25
Múltiples	1'472,715	46.69

Fuente: modificado de Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México

a) Aguas arriba (aprovechamiento de los afluentes de la presa)

Si no se dispone de las cantidades, ordenar con un numero (del 1 al 3) de acuerdo a su prevalencia.

Público Urbana 2 m³/s Industrial 3 m³/s Riego 1 m³/s

Otros usos: piscícola , ganadero.

b) Aguas abajo

Público Urbana 2 m³/s Industrial 3 m³/s Riego 1 m³/s

Otros usos: ganadero.

La figura 1.4 presenta uno de los principales usos que se dan en el embalse.



Figura 1.4.- Uso recreativo

c) Plantas potabilizadoras (descripción y operación, etc.)

no se cuenta con plantas potabilizadoras en la cuenca.

8.-DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES:

Los cuadros 1.8, 1.9, y 1.10 presentan las plantas de tratamiento que se encuentran instaladas en la cuenca, de acuerdo al municipio.

Cuadro 1.8.- Plantas de tratamiento en Valle de Bravo

Localidad	Sistema	Capinst. (lps)	Q. op. (lps)	Situación actual
Velo de Novia, Avándaro. Para 1050 hab y dotación de 165 lt/hab/d	Reactor anaerobio integrado -R (BRAIN), con a) pretratamiento por rejillas; desarenador y separador de grasas; b) sedimentador primario con digestión; c) RAFA optimizado; d) cámara de digestión y sedimentador de alta tasa; e) filtro anaerobio y g) cámara de contacto	1.5	S.D.	Obra ejecutada por la CAEM y entregada al Organismo Operador y consiste en: una planta 9.10x4.70x7.3 m. En la parte inferior se tienen dos tolvas en donde varía el ancho de 4.10 a 0.8 m y 2.60 m de altura. Actualmente no funciona debido a la falta de mantenimiento. DBO5: 207; SST: 120; pH: 7.77; grasa y aceites: 27.7; Ntotal: 17; Fósforo total: 5.2; Sólidos sedimentables: 2.83; Coliformes totales: n.d. Actualmente no opera por falta de mantenimiento, se requiere de una inversión aproximada para su rehabilitación del orden de \$ 500,000.00
Rastro municipal de V Bravo	Agua del rastro. 1. Medidor parshal: decantación de sólidos con rejillas de desbaste y suministro de químico (biorex) para digerir sólidos. 2. Tanque de aireación de 50 m3: aireación mediante compresor; 3. Reactor biológico: Digestión de bacterias; 4. Tanque de aireación: regreso al tanque de aireación; 5. Cárcamo de sedimentación, filtración y cloración; 6. tanque de carbón activado; 7. Incorporación al cauce (río Amanalco).	3.0	1.9	La planta lleva operando 15 años y opera de manera eficiente.
Cab. Mpal. (El Arco)	Lodos activados, aireación extendida y desinfección. Pretratamiento a base de rejillas y desarenador; biológico con dos módulos de 50 lps c/u (c. módulo tiene un tanque de aireación y un sedimentador secundario); desinfección con cloro; descarga abajo de la presa Tilostoc.	100.0	83.0	Los módulos de aireación no están funcionando como aireación extendida; los lodos activados no se sedimentan por completo, sale el agua turbia; el agua no es clorada; deficiente espesamiento de lodos. Se descargan 150 lps y sólo se tratan 83. Se deben compostear los lodos. Lanzar el agua residual al humedal de la presa Tilostoc. Se propone lanzar el agua residual tratada de la planta al humedal de la presa Tilostoc.
		104.5	84.9	

Cuadro 1.9.- Plantas de tratamiento en Villa Victoria

Localidad	Sistema	Capinst. (lps)	Q. op. (lps)	Situación actual
El Espinal	Reactor anaerobio de flujo ascendente y un filtro rápido.	22.5	S.D.	Esta obra fue ejecutada por la CONAGUA en el año 2000; sin embargo, no opera debido a la falta de construcción de colectores. La CAEM actualmente está construyendo parte de estos colectores, presentando un avance físico del 70% y el resto de los colectores los tiene considerados dentro de sus obras y acciones del Gobierno del Estado, una vez concluido al 100%, todas las redes de atarjeas y colectores de la Cabecera Municipal y colonias aledañas a la Presa de Villa Victoria, dicha planta será puesta en operación, siempre y cuando no haya desperfecto, ya que no ha operado desde su construcción en el año 2000. Se recomienda la asignación de recursos del orden de \$200,000.00 para sus pruebas de operación.
Las Peñas	Lodos activados de flujo ascendente (pretratamiento a base de tamizado y desarenador, tanque de aireación con dos aireadores tipo cañón y un clarificador secundario; no cuenta con estructura de tratamiento de lodos y desinfección).	2.5	S.D.	Obra construida por la Administración Municipal, donde actualmente dicha infraestructura no está conectada a uno de sus colectores, además sólo trabaja un solo motor; por otra parte, no cuenta con ningún mantenimiento para poner en operación al 100% esta planta de tratamiento, se requiere del orden de los \$ 250,000.00 para su correcto funcionamiento.
Gustavo Baz	Lodos activados de flujo ascendente (pretratamiento a base de tamizado y desarenador, tanque de aireación con dos aireadores tipo cañón y un clarificador secundario; no cuenta con estructura de tratamiento de lodos y desinfección).	3.0	S.D.	Esta infraestructura fue construida por administraciones municipales anteriores, donde recientemente la actual administración le invirtió 400 mil pesos; sin embargo, no opera de manera normal eficiente en su salida de aguas ya tratadas, por lo que se requiere para su correcta operación del orden de los \$ 100,000.00
Venta de Ocotillo, Cerrillo, San Fpe. de la Rosa, La Campanilla, Los Cedros y Casas Coloradas	Sin tratamiento. Todo parece indicar que funcionarán como tanque séptico colmatado. Cinco obras individuales con capacidad de 1 lps, para sumar 5 lps en total.	5.0	S.D.	La CAEM actualmente está construyendo las redes de atarjeas y colectores a estas 5 localidades con un avance físico del 80% y éstos estarán concluidos en el presente año. Por otra parte, para su tratamiento final que consiste en 2 plantas de bombeo y 3 fosas sépticas, donde es necesario que el H. Ayuntamiento y la CAEM liberen los predios para que posteriormente la CAEM programe su ejecución de dichas obras y éstas aguas negras sean integradas a la planta de tratamiento del Espinal.
Cabecera municipal	Rastro municipal. Reactor anaerobio	1.5	1.0	Esta obra fue construida por la CAEM y entregada al H. Ayuntamiento para su operación y mantenimiento con una inversión aproximada de 2.6 M.D.P. Actualmente opera de manera irregular por fallas en sus equipos de bombeo, donde se requiere una inversión para su mantenimiento y sustitución de los equipos del orden de los \$ 120,000.00
		34.5	3.5	

Cuadro 1.10.- Plantas de tratamiento en Amanalco

Localidad	Sistema	Capinst. (lps)	Q. op. (lps)	Situación actual
Potrero Primera Sección (Parte)	Fosa de oxidación. 25 casas conectadas, 85 no están conectadas al drenaje actual	S.D.	S.D.	El drenaje está conectado a una excavación, sin mayor tratamiento, que se desborda y contamina el río Amanalco. Sólo están conectadas 25 viviendas, faltan 85, para un total de 110 casas actuales, sin expectativa de conexión. Se recomienda un proyecto ejecutivo del orden de los \$ 150,000.00
PTAR Amanalco	Lodos activados	18.0	8.5	Obra ejecutada y operada por la CAEM del año 2005 con una inversión de \$ 5.8 M.D.P. Actualmente trata entre 8 y 9 l.p.s. y está diseñada para 18 l.p.s. Se recomienda que el H. Ayuntamiento reciba la infraestructura para su operación.
Rastro municipal	Anaerobio- desinfección	aerobio- 2.0	1.5	Obra ejecutada por la CAEM y entregada al H. Ayuntamiento con una inversión de 2.5 M.D.P. Actualmente no opera por falta de mantenimiento y los equipos en mal estado. Se requiere de una inversión aproximada para ponerla en operación del orden de los \$ 150,000.00
		20.0	10.0	

Fuente: Comisión de cuenca de Valle de Bravo- Amanalco.

a) Anexar croquis donde se indiquen las descargas.

La Figura 1.5 muestra las descargas que se realizan al embalse tomando en cuenta que los ríos señalados reciben descargas de aguas residuales de diversas localidades.

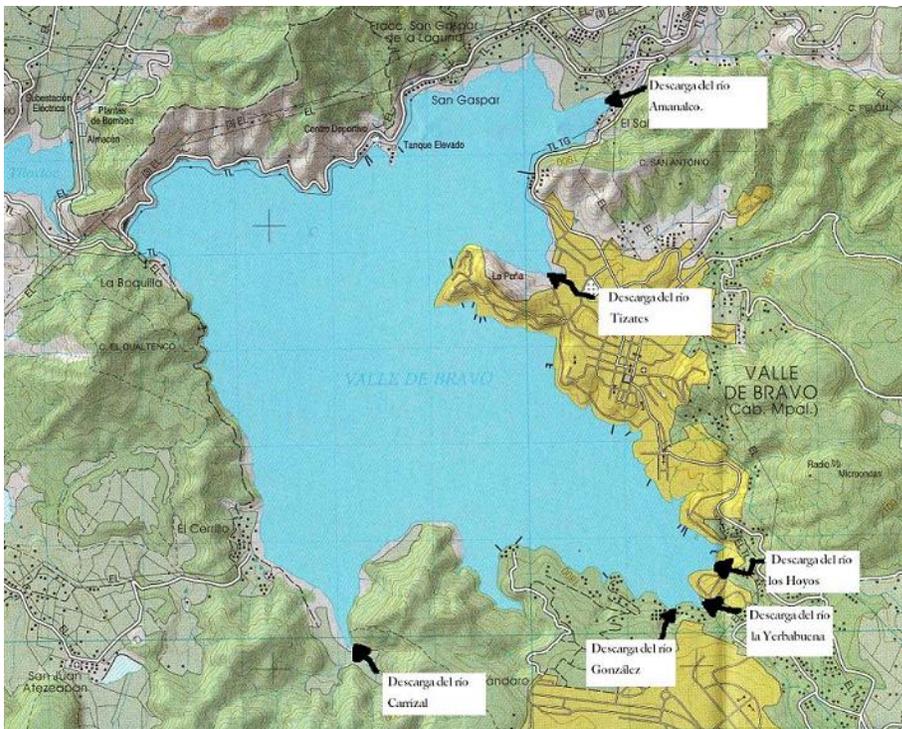


Figura 1.5.- Descargas de ríos sobre el embalse.

Las figuras 1.6 y 1.7 muestran la ubicación de algunas descargas al vaso identificadas en la visita realizada.



Figura 1.6.- Descarga de la cascada velo de novia

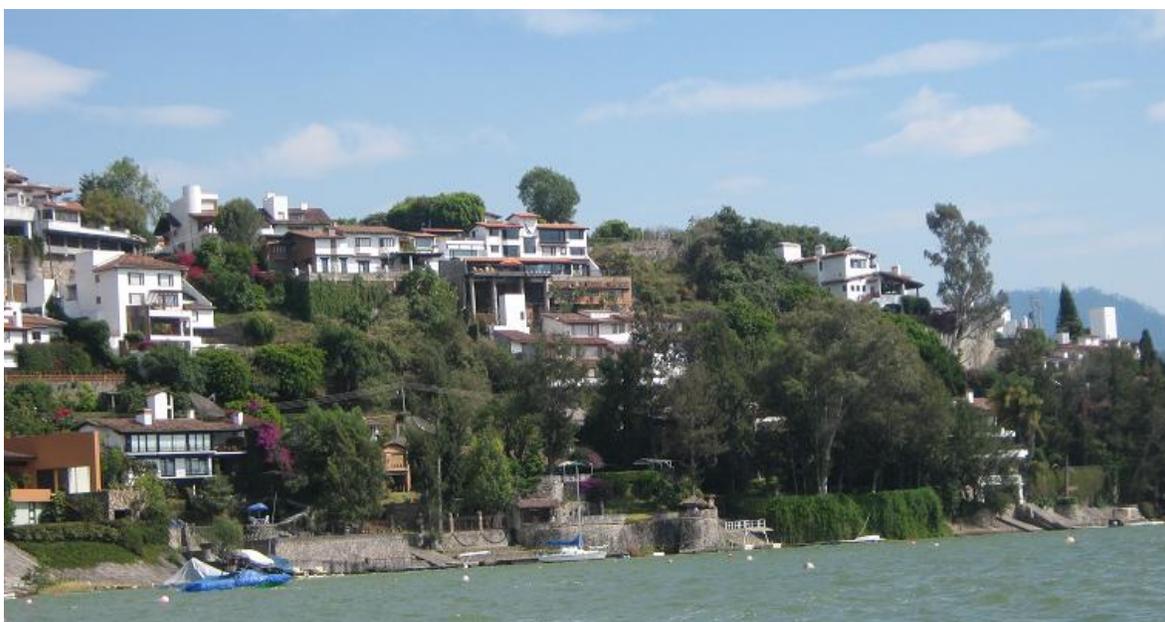


Figura 1.7.- Casas que descargan directamente aguas negras al embalse.

b) Fecalismo sobre el suelo:

Con base a la cobertura de I servicio de alcantarillado del los municipios se tiene que la cobertura en toda la cuenca es del 51.01 % por lo que se tiene frecuentemente fecalismo sobre el suelo.

c) Antecedentes de contaminantes químicos tóxicos:

El exceso de nutrientes favorecen el desarrollo de las cianofitas, con la posible presencia de especies toxigénicas. Se reportó el florecimiento de este grupo, con *Anabaenaspiroides* como especie dominante, cubriendo del 60 al 70% de la superficie del embalse (Martinez, 1998). Las concentraciones de *Anabaenaspiroides* se encontraron en un rango de 0.0004 a 0.013 ug/l de anatoxina –a, indicando la

presencia de cepas toxigénicas del género *Anabaena*, sin presentar un riesgo de toxicidad aguda (Plan rector Cuenca Valle de Bravo).

9.- ENFERMEDADES DE ORIGEN HIDRICO MÁS FRECUENTES:

a) Enfermedades de origen hídrico presentadas en la región en estudio.

De acuerdo con la información obtenida por la jurisdicción Sanitaria de Valle de Bravo, el Cuadro 1.11 muestra las enfermedades que se reportaron en esa región, del 1 de enero hasta el 7 de agosto de 2010.

Cuadro 1.11.- Enfermedades presentadas en Valle de Bravo.

Enfermedad	Casos reportados
Ascariasis	58
Disentería amebiana o amibiasis intestinal	519
Enterobiasis u oxiuriasis	13
Paratifoidea y salmonelosis	134
Otras Helmintiasis	207

Fuente: Instituto de Salud del Estado de México (ISEM), Boletín Epidemiológico.

b) Antecedentes de brotes epidémicos vinculados con el agua de la presa: sin registro

10.- QUEJAS POR CONTAMINACIÓN (molestias sanitarias: piquetes de insectos, olores desagradables, invasión de lirio, color y turbiedad, azolve excesivo)

Se presenta en algunas partes del embalse espuma y un olor desagradable donde se realiza la descarga del río Tizates ya que es prácticamente un dren de aguas negras, también se han presentado quejas por la invasión del lirio y por la basura que se tira en algunas partes del embalse por lo general en las barrancas, generando fauna nociva. La figura 1.8 y 1.9 presentan las diversas formas de contaminación en el embalse.



Figura 1.8.- Contaminación presente en el embalse.



Figura 1.9.- Presencia de espuma en el vaso

11.- REDUCCIÓN CRÍTICA DE GASTOS (afectación a la biodiversidad)

En 2005 la CONAGUA disminuyó el volumen de agua que se extrae de la presa debido a que en los años de 2003,2004 y 2005 las temporadas de lluvia fueron de precipitación muy escasa, e incluso en el 2006 se dejó de extraer el líquido y se tuvo que transvasar agua de la presa de Colorines, debido a esto y a las lluvias que se presentaron a finales del año 2006 la presa logró recuperar su nivel ordinario, sin embargo el agua que se transvasó fue la razón principal de la proliferación del lirio.

Aunque cabe mencionar que la reforestación y el cuidado de los árboles ya existentes es un asunto primordial que compete a todos los pobladores de la región si se quiere cuidar el agua y los niveles de la presa, ya que la lluvia está relacionada con los ciclos naturales y con la densidad arbórea de la región. A mayor vegetación mayor presencia de lluvia.

12.- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PRESA (descripción)

A la presa se le han realizado trabajos considerados de mantenimiento ordinario entre el 2005 y 2006, debido a que en esos años se presentaba un nivel bajo en la presa, se realizaron trabajos de mantenimiento en la cortina, que presenta sistemáticamente fugas no significativas como parte de su operación normal, también se rellenaron algunas grietas en el vaso de la presa por las cuales se infiltraba el agua sin que provocara una pérdida significativa del líquido.

12.- COMENTARIOS.

Al realizar el recorrido por el embalse no se observó la presencia de maleza acuática, pero sí la presencia de fitoplancton (figura 1.10), así como se logró identificar algunas descargas que se realizan al vaso, también se observó que en una barranca había un tiradero de basura y que en algunas partes del vaso se encontraba espuma (figura 1.11), no obstante se observó que algunos pobladores o visitantes estaban pescando, lo que indica que la calidad del agua de la presa no está severamente contaminada como para que no pueda sobrevivir fauna acuática, también cerca del embarcadero se observaron patos.

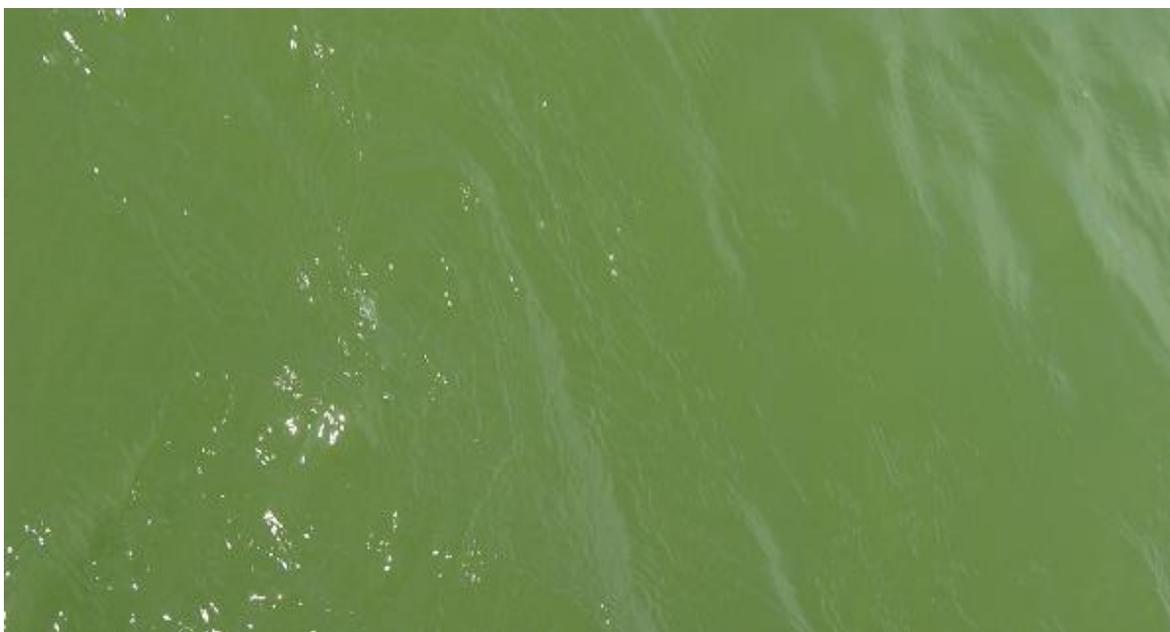


Figura 1.10.- Presencia de fitoplancton en el embalse.



Figura 1.11.- Presencia de espuma en el vaso de la presa

1.4 Interpretación y análisis

Con la información recolectada en el punto anterior las principales fuentes de contaminación hacia la presa son la erosión que se traduce en azolves que van a dar al vaso de la presa reduciendo su capacidad de almacenamiento, la contaminación del agua debido a las descargas de aguas residuales sin tratar y a la generación de residuos sólidos.

De acuerdo al tipo de suelo que conforma la mayor parte de la cuenca que es de andosoles (cenizas volcánicas) este tipo de suelo suele ser muy fértil para las actividades agrícolas pero es muy vulnerable a la erosión y degradación física. En la cuenca la erosión es considerada como media debido a que el suelo se encuentra sin una cubierta vegetal debido a:

- a) Deforestación debida a la tala clandestina realizada por los pobladores
- b) Actividades agrícolas sin la precauciones necesarias para evitar su erosión
- c) Incendios forestales causados principalmente por labores agrícolas.
- d) Cambio de uso de suelo principalmente de uso forestal en agrícola en áreas donde el suelo no tiene vocación para dicha actividades ya que sus pendientes suelen ser altas (50%) y de uso forestal a urbano.

Aunque la erosión es un proceso natural, una cubierta vegetal suficiente ayuda a mantener el suelo en el sitio reduciendo el impacto de la lluvia que ocasiona el arrastre de partículas hacia los arroyos o ríos, y el impacto generado por el viento que pule, talla y arrastra las partículas de suelo y de roca.

Otro motivo muy importante por lo que se debe tener una reforestación es que a mayor área boscosa, mayor filtración del agua al subsuelo, esto implicaría que mientras más árboles haya, una mayor cantidad de agua de lluvia llegará al manto acuífero, a los manantiales y un mayor escurrimiento al vaso de la presa. De acuerdo a datos de la SEMARNAT, los suelos forestales absorben 18 veces más agua que el suelo descubierto.

Sin embargo ya se están tomando las medidas necesarias para reducir el área de suelo sin cubierta vegetal.

En lo que respecta a la contaminación del agua esta se produce debido a que solo el 51.01% de los habitantes de la cuenca cuentan con servicio de drenaje, provocando que se realicen descargas de diferentes tipos como por ejemplo:

- 1) Descargas directas al embalse provenientes de las viviendas que se encuentran alrededor del lago y que no cuentan con fosas sépticas,
- 2) Descargas producidas por los colectores de drenaje que no son incorporados a la planta de tratamiento,
- 3) Descargas de ríos contaminados, debido a:
 - 3.1 Descargas de aguas residuales domesticas de las localidades cercanas,
 - 3.2 Desechos que generan las granjas piscícolas,

3.3 Actividades relacionadas con la agricultura ya que la aplicación excesiva de fertilizantes químicos en las áreas de cultivo es arrastrado pendiente abajo contaminando ríos.

Otro factor de contaminación son los residuos sólidos que se generan en la cuenca ya que su cobertura de recolección es muy escasa cubriendo pocas localidades como la de Valle de Bravo, Avándaro, Amanalco, Las Mesas entre otras y quedando sin servicios las demás sitios que resuelven su problema depositando la basura en las barrancas que posteriormente con las lluvias son arrastradas hacia los ríos y arroyos que desembocan en el embalse.

La contaminación de los ríos y arroyos trae como consecuencia enfermedades de origen hídrico, sobre todo por que ciertas poblaciones ocupan agua de manantiales que han sido contaminadas por el ganado, basura, o fauna silvestre, así como también hay poblaciones que usan el agua destinada al riego para consumo como agua potable, esto debido a que la cobertura de agua potable es escasa en ciertas localidades.

Estos tipos de contaminación aportan al embalse nutrientes en exceso que provocan la proliferación de maleza acuática (algas, lirios, etc.), generando la eutroficación del lago o en el peor de los casos contaminantes tóxicos que provoquen la muerte de la fauna que prevalece en el lugar, o bien afecte a la salud de las personas que realizan actividades recreativas en el vaso de la presa.

El principal aportador de contaminantes en esta presa es el río Tizates o arroyo Las Flores ya que por sus características fisicoquímicas y biológicas, se concluye que es prácticamente un dren de aguas negras, seguido de los ríos Los González y Amanalco.

1.5 Medidas de Mitigación.

Una forma de evitar la erosión es la reforestación y la conservación de las áreas que no han sido afectadas. Algunas recomendaciones para las áreas que no han sido afectadas son:

- a) Aumentar la vigilancia por parte de las autoridades para combatir la tala clandestina.
- b) Orientar a los campesinos de las diferentes formas de hacer fértil sus terrenos, para evitar que quemen sus residuos provocando incendios forestales.
- c) Evitar utilizar zonas con pendientes altas para la agricultura.
- d) Evitar el cambio de uso de suelo.

Las recomendaciones para la reforestación son las siguientes:

- a) Todos los aserraderos que se encuentran en la cuenca deben contar con su propio vivero para reforestar las áreas que afectan.

- b) Cultivar especies arbustivas frutícolas que tengan un excelente potencial para estabilizar laderas tal es el caso de la zarzamora o la grosella. o bien la frambuesa, el pasto limón o el nopal que servirían como línea vegetativa a curva de nivel en campos de cultivos.

Algunas medidas para mitigar la contaminación del agua son:

- a) Ampliar la cobertura del alcantarillado,
- b) Construir mas plantas de tratamiento de aguas residuales, o bien ampliar la capacidad de tratamiento de las ya existentes,
- c) Construir rellenos sanitarios o tiraderos controlados,
- d) Controlar el uso de fertilizantes en la agricultura.

CAPÍTULO 2.- ALTERACIÓN DE LOS FACTORES SANTARIO-AMBIENTALES DE LA CUENCA DE LA PRESA VALLE DE BRAVO.

Algunos de los factores a considerar en este apartado serán los físico-químicos tales como el agua y el suelo, los socioeconómicos y los de salud. Para tener una cuantificación rápida del grado de alteración en los factores ambientales, se calcularán los siguientes índices: índice de la calidad del agua, índice de erosión, índice de productividad del suelo e índice de morbilidad.

2.1 Agua

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos. Los usos son variados e incluyen los siguientes: doméstico, industrial, agrícola, ganadero, recreativo y en la acuicultura. Sin embargo, un factor muy importante a considerar para poder utilizarla es su calidad, ya que dependiendo de ésta, sabremos si es apta para el uso que se le quiere dar.

Para evaluar la calidad del agua existen métodos que permiten integrar los parámetros analizados en un solo valor, al cual se le denomina índice de calidad del agua y este proporciona información sobre el uso que puede dársele al agua.

Para la determinación del índice de calidad del agua intervienen 18 parámetros, el índice varía de 0 a 100, donde 0 indica un agua de pésima calidad y 100 un agua de excelente calidad.

La ecuación para calcular el ICA es la siguiente:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots (Ec. 1)$$

Donde:

ICA= índice de calidad del agua en general

I_i= índice de calidad del parámetro considerado

W_i= importancia relativa del parámetro considerado

Los 18 parámetros se muestran en el cuadro 2.1., así como las fórmulas que se utilizan para calcular el índice de cada uno de ellos.

Cuadro 2.1.- Índice de calidad para cada parámetro.

Parámetro	Ecuación	Unidades
Alcalinidad	$I_A = 105 \times A^{-0.186}$	[mg/l]
Cloruros	$I_{Cl} = 121 \times Cl^{-0.223}$	[mg/l]
Coliformes fecales	$I_{CF} = 97.5 \times (5 \times CF)^{-0.27}$	NMP/ml
Coliformes totales	$I_{CT} = 97.5 \times CT^{-0.27}$	NMP/ml
Color	$I_C = 123 \times C^{-0.295}$	Unidades de color escala Platino - Cobalto
Conductividad eléctrica	$I_{CE} = 540 \times CE^{-0.379}$	[μS/cm]
DBO	$I_{DBO} = 120 \times DBO^{-0.0673}$	[mg/l]
Detergentes	$I_{SAAM} = 100 - 16.678 \times SAAM + (0.1587 \times SAAM^2)$	[mg/l]
Dureza total	$I_D = 10^{1.974 - (0.00174 \times D)}$	[mg/l] como CaCO ₃
Fosfatos totales	$I_{PO_4} = 34.215 \times PO_4^{-0.46}$	[mg/l]
Grasas y aceites	$I_{GyA} = 87.25 \times (GyA)^{-0.298}$	[mg/l]
N amoniacal	$I_{NH_3} = 45.8 \times NH_3^{-0.343}$	[mg/l]
N de nitratos	$I_{NO_3} = 162.2 \times NO_3^{-0.343}$	[mg/l]
Oxígeno disuelto	$I_{OD} = 100 \times \frac{OD}{OD_{sat}}$	[mg/l]
pH	$si\ pH < 6.7 \rightarrow I_{pH} = 10^{0.2335pH+0.440}$ $si\ pH > 7.3 \rightarrow I_{pH} = 10^{4.22-0.293pH}$ $si\ 6.7 < pH < 7.3 \rightarrow I_{pH} = 10^{0.2335pH+0.440}$	
Sólidos disueltos	$I_{SD} = 109.1 - (0.0175 \times SD)$	[mg/l]
Sólidos suspendidos	$I_{SS} = 266.5 \times SS^{-0.37}$	[mg/l]
Turbiedad	$I_T = 108 \times T^{-0.178}$	UTJ

En el cuadro 2.2 se muestra la importancia relativa que tiene cada uno de los 18 parámetros mencionados en la tabla anterior.

Cuadro 2.2.- Valor de la importancia relativa para cada parámetro

Parámetro	Importancia relativa (Peso W_i)	Parámetro	Importancia relativa (Peso W_i)
pH	1.0	N de nitratos	2.0
Color	1.0	N amoniacal	2.0
Turbiedad	0.5	Fosfatos totales	2.0
Grasas y aceites	2.0	Cloruros	0.5
Sólidos suspendidos	1.0	Oxígeno disuelto	5.0
Sólidos disueltos	0.5	DBO	5.0
Conductividad eléctrica	2.0	Coliformes totales	3.0
Alcalinidad	1.0	Coliformes fecales	4.0
Dureza total	1.0	Detergentes (SAAM)	3.0

Fuente: SARH (1979). SEMARNAT – CNA, 1999.

Una vez que se aplica la ecuación 1 y se tiene el índice de calidad del agua, se procede a compararla con el cuadro 2.3, el cual presenta los usos que se le pueden dar al agua, así como el rango de calificación de 0 a 100, que indicará si es apta para el uso destinado o si requiere de algún tratamiento previo, o una recomendación para su uso.

Es importante mencionar que aunque el índice de calidad del agua es una herramienta muy útil en la evaluación de la calidad, ya que simplifica la interpretación de los resultados, debe tenerse un cuidado especial al utilizarlo, pues podrían cometerse errores al considerar únicamente el valor de este índice para evaluar la calidad de un agua, sin analizar cada parámetro individualmente, para corroborar que se cumple con lo establecido en la normatividad para considerar que un agua tiene la calidad requerida para un uso determinado.

Cuadro 2.3.- Usos del agua según el índice de calidad del agua

ICA		USOS DEL AGUA					
Valor	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación General	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola	Navegación	Transporte Desechos Tratados
100	No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación	Aceptable	Aceptable
90		Ligera purificación			Ligera purificación		
80	Aceptable	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para la industria	Aceptable	Aceptable
70	Poco contaminado			Dudoso para el contacto directo			
60		Contaminado	Dudoso	Sin contacto con el agua	Solo Organismos muy resistentes	Con tratamiento en la mayor parte de la industria	Restringido
50	Uso muy restringido			Inaceptable	Inaceptable	Uso muy restringido	
40	Altamente Contaminado	Inaceptable	Inaceptable			Inaceptable	Inaceptable
30				Inaceptable	Inaceptable		
20	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable			Inaceptable	Inaceptable
10				Inaceptable	Inaceptable		
0	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable			Inaceptable	Inaceptable

Nota: Los intervalos de las categorías del ICA son: 0-29, Altamente contaminado, 30-49, Contaminado; 50-69, poco contaminado; 70-84, Aceptable; 85-100, No contaminada. La escala actual incluye diferencias tanto en algunos intervalos como en las denominaciones de algunas categorías respecto de las que se publicaron en la edición anterior de esta obra, lo cual obedece a que se busca tanto describir técnicamente de mejor manera lo que en la naturaleza ocurre, como lograr una mejor interpretación de la calidad del agua en el ámbito nacional.

Fuente: Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

Este método se ocupará para la evaluación de la calidad del agua del embalse de la presa Valle de Bravo.

Estudio de la calidad del agua de la presa Valle de Bravo

La visita a la presa Valle de Bravo se llevó a cabo el día 24 de abril de 2010, los sitios de muestreo fueron definidos a través del análisis digital de una imagen satelital, que consistió en la agrupación de grupos de pixeles con comportamiento espectral similar (clases espectrales). Con base en el análisis espectral en toda el área del embalse, se definió la ubicación de 50 sitios de muestreo. La figura 2.1 muestra la ubicación de los sitios de muestreo del embalse de la presa Valle de Bravo.

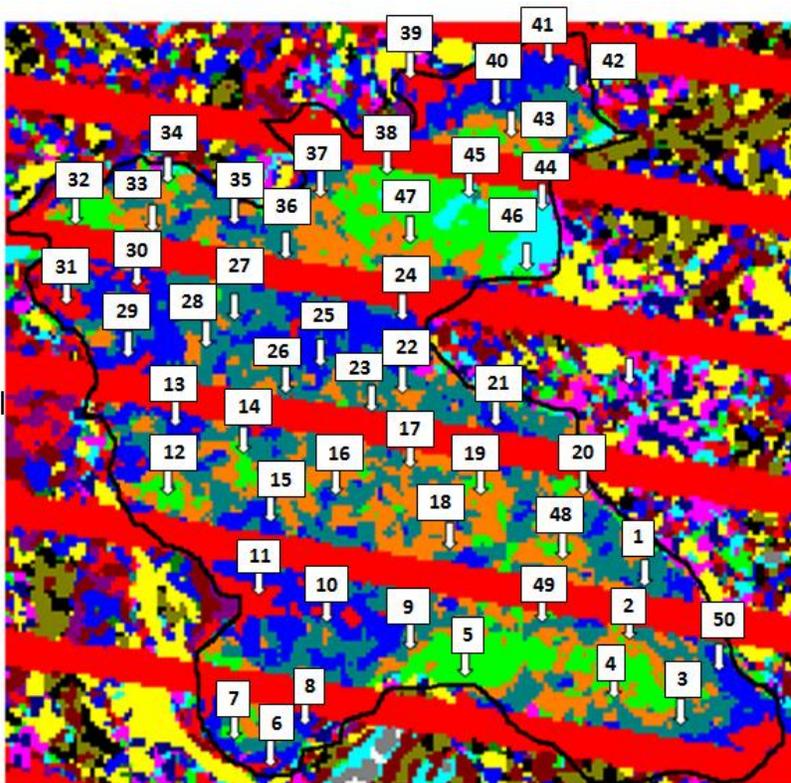


Figura 2.1.- Ubicación de los sitios de muestreo

El Cuadro 2.4 presenta las coordenadas geográficas de los sitios de muestreo. Los renglones sombreados son aquellos que tienden a ser descartados debido a un bandeado que se presenta en la imagen satelital por una falla en los sensores, dado que este trabajo forma parte del proyecto *Monitoreo de la calidad del agua mediante percepción remota*, en el que será necesario correlacionar datos de campo y de la imagen. Los renglones marcados en amarillo son estaciones donde se determinaron parámetros complementarios (coliformes totales y fecales, DBO₅, nitratos, fosfatos y nitrógeno amoniacal).

Cuadro 2.4.- Coordenadas de los sitios de muestreo

Estación de muestreo	Coordenadas
1	19° 11 '13 "N - 100° 08 '07 " W
2	19° 11 '01 "N - 100° 08 '11 " W
3	19° 10 '41 "N - 100° 07 '58 " W
4	19° 10 '45 "N - 100° 08 '13 " W
5	19° 10 '51 "N - 100° 08 '49 " W
6	19° 10 '30 "N - 100° 09 '37 " W
7	19° 10 '35 "N - 100° 09 '45 " W
8	19° 10 '47 "N - 100° 09 '29 " W
9	19° 10 '58 "N - 100° 09 '02 " W
10	19° 11 '03 "N - 100° 09 '23 " W
11	19° 11 '11 "N - 100° 09 '41 " W
12	19° 11 '33 "N - 100° 10 '03 " W
13	19° 11 '50 "N - 100° 10 '01 " W
14	19° 11 '42 "N - 100° 09 '44 " W
15	19° 11 '27 "N - 100° 09 '37 " W
16	19° 11 '35 "N - 100° 09 '23 " W
17	19° 11 '40 "N - 100° 09 '04 " W
18	19° 11 '22 "N - 100° 08 '56 " W
19	19° 11 '33 "N - 100° 08 '47 " W
20	19° 11 '34 "N - 100° 08 '23 " W
21	19° 11 '49 "N - 100° 08 '43 " W
22	19° 11 '53 "N - 100° 09 '07 " W
23	19° 11 '53 "N - 100° 09 '11 " W
24	19° 12 '13 "N - 100° 09 '05 " W
25	19° 12 '03 "N - 100° 09 '27 " W
26	19° 11 '57 "N - 100° 09 '35 " W
27	19° 12 '14 "N - 100° 09 '45 " W
28	19° 12 '08 "N - 100° 09 '53 " W
29	19° 12 '06 "N - 100° 10 '13 " W
30	19° 12 '20 "N - 100° 00 '08 " W
31	19° 12 '18 "N - 100° 10 '27 " W
32	19° 12 '36 "N - 100° 10 '27 " W
33	19° 12 '35 "N - 100° 10 '07 " W
34	19° 12 '44 "N - 100° 10 '02 " W
35	19° 12 '35 "N - 100° 09 '46 " W
36	19° 12 '29 "N - 100° 09 '34 " W
37	19° 12 '43 "N - 100° 09 '26 " W
38	19° 12 '45 "N - 100° 09 '08 " W
39	19° 13 '11 "N - 100° 09 '04 " W
40	19° 13 '02 "N - 100° 08 '45 " W
41	19° 13 '13 "N - 100° 08 '31 " W
42	19° 13 '06 "N - 100° 08 '26 " W
43	19° 12 '55 "N - 100° 08 '39 " W
44	19° 12 '39 "N - 100° 08 '32 " W
45	19° 12 '42 "N - 100° 08 '50 " W
46	19° 12 '25 "N - 100° 08 '33 " W
47	19° 12 '30 "N - 100° 09 '04 " W
48	19° 11 '19 "N - 100° 08 '28 " W
49	19° 11 '04 "N - 100° 08 '37 " W
50	19° 10 '53 "N - 100° 07 '43 " W

Para la obtención de los parámetros se realizaron pruebas de laboratorio, y se utilizaron los siguientes aparatos: el medidor multiparamétrico HANNA HI 9828, el espectrofotómetro HACH DR 2800, el nefelómetro Hach 2100 A, y el disco Secchi.

El medidor multiparamétrico portátil con receptor GPS de HANNA HI 9828 proporciona hasta 13 parámetros de la calidad del agua (6 medidos y 7 calculados). En las 41 estaciones se utilizó este aparato con el que se obtuvieron los siguientes parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno, porcentaje de oxígeno disuelto de saturación, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, así como las coordenadas geográficas.

El nefelómetro Hach 2100 A y el disco Secchi, se utilizaron para obtener la turbiedad tanto en laboratorio como en campo respectivamente. Se emplearon para las 41 estaciones.

Con el espectrofotómetro HACH DR 2800, se obtuvieron los parámetros de: nitrógeno amoniacal, nitratos y fosfatos totales. Este aparato solo se empleó en 6 estaciones.

En laboratorio se llevaron a cabo diversas pruebas para obtener los parámetros de coliformes totales, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Estas pruebas solo se realizaron en 6 estaciones.

Los Cuadros 2.5 y 2.6 presentan los resultados de calidad del agua obtenidos en los 41 sitios de muestreo.

Cuadro 2.5.- Resultados del estudio realizado en el embalse de la presa de Valle de Bravo 2010

ID punto	Temperatura [°C]	pH	Oxígeno Disuelto [mg/l]	Conductividad [µmhos/cm]	Sólidos Disueltos [mg/l]	Sólidos Suspendidos [mg/l]	Turbiedad [UTN]
1	21.92	9.44	7.37	138	69	14.9	8
2	22.27	9.45	7.30	138	69	9.2	11
3	23.79	9.40	7.05	144	72	1.5	7.1
4	23.02	9.48	7.12	143	72	6.3	8.2
5	21.69	9.49	7.36	145	73	36.5	11
6	22.42	9.36	6.55	151	76	1008.7	11
7	21.99	9.46	7.33	141	71	410.2	11
8	22.58	9.51	7.72	139	69	0.9	11
9	22.59	9.41	7.61	144	72	6.4	11
10	22.55	9.57	7.69	146	73	8.9	11
12	22.13	9.48	7.67	121	61	5.5	11
13	22.28	9.49	7.69	134	67	8.9	11
14	21.91	9.53	7.88	142	71	6.7	11
15	21.92	9.53	7.70	144	72	4.4	11
16	21.88	9.52	7.67	145	72	1.5	11
18	22.37	9.51	7.73	148	74	4.6	11
19	22.27	9.54	7.75	150	75	5.6	12
21	22.68	9.53	7.82	150	75	10.5	12
22	22.35	9.49	7.58	152	76	9.2	12
23	22.47	9.52	7.76	155	78	791.3	12
24	22.53	9.52	7.73	152	76	3.8	12
25	22.53	9.54	7.96	155	77	12.5	11
26	22.44	9.56	7.84	156	78	11.4	11
27	22.18	9.56	7.78	150	75	45.6	11
28	21.93	9.56	7.85	151	75	6.2	11

Continuación del cuadro 2.5

ID punto	Temperatura [°C]	pH	Oxígeno Disuelto [mg/l]	Conductividad [µmhos/cm]	Sólidos Disueltos [mg/l]	Sólidos Suspendidos [mg/l]	Turbiedad [UTN]
29	21.49	9.56	7.61	150	75	1.9	11
31	21.53	9.55	7.58	154	77	6	11
32	21.78	9.53	7.66	156	78	9.3	12
33	21.82	9.58	8.10	157	79	9.3	12
34	21.68	9.57	8.03	157	79	7.9	11
35	22.37	9.52	7.50	156	78	8.4	10
36	22.79	9.51	7.70	155	77	5.4	10
37	22.55	9.48	7.70	161	81	16.5	11
39	22.18	9.50	7.88	157	79	9.9	12
40	22.54	9.45	7.43	158	79	9.1	12
42	22.93	9.49	7.87	161	80	27.8	13
43	23.31	9.51	8.07	161	80	109.6	12
46	23.24	9.49	7.96	159	80	7.9	11
47	22.56	9.54	7.99	157	78	8.3	11
48	22.35	9.52	7.84	159	79	7.3	11
50	22.62	9.55	7.97	158	79	16.3	10

Cuadro 2.6.- Parámetros complementarios del estudio realizado en el embalse de la presa de Valle de Bravo 2010

ID punto	Coliformes Fecales [No. de colonias/100 ml]	Coliformes Totales [No. de colonias/100 ml]	Nitrógeno Amoniacal [mg/l]	Nitratos [mg/l]	Fosfatos [mg/l]	DBO ₅ [mg/l]
3	24	150	0.06	0.4	0.18	32
6	252	828	0.01	0.7	0.11	50
25	538	1212	0.01	0.4	0.09	30
31	170	278	0.06	0.5	0.1	28
42	886	1564	0	0.6	0.09	34
46	1566	Incontables	0.01	0.6	0.11	36

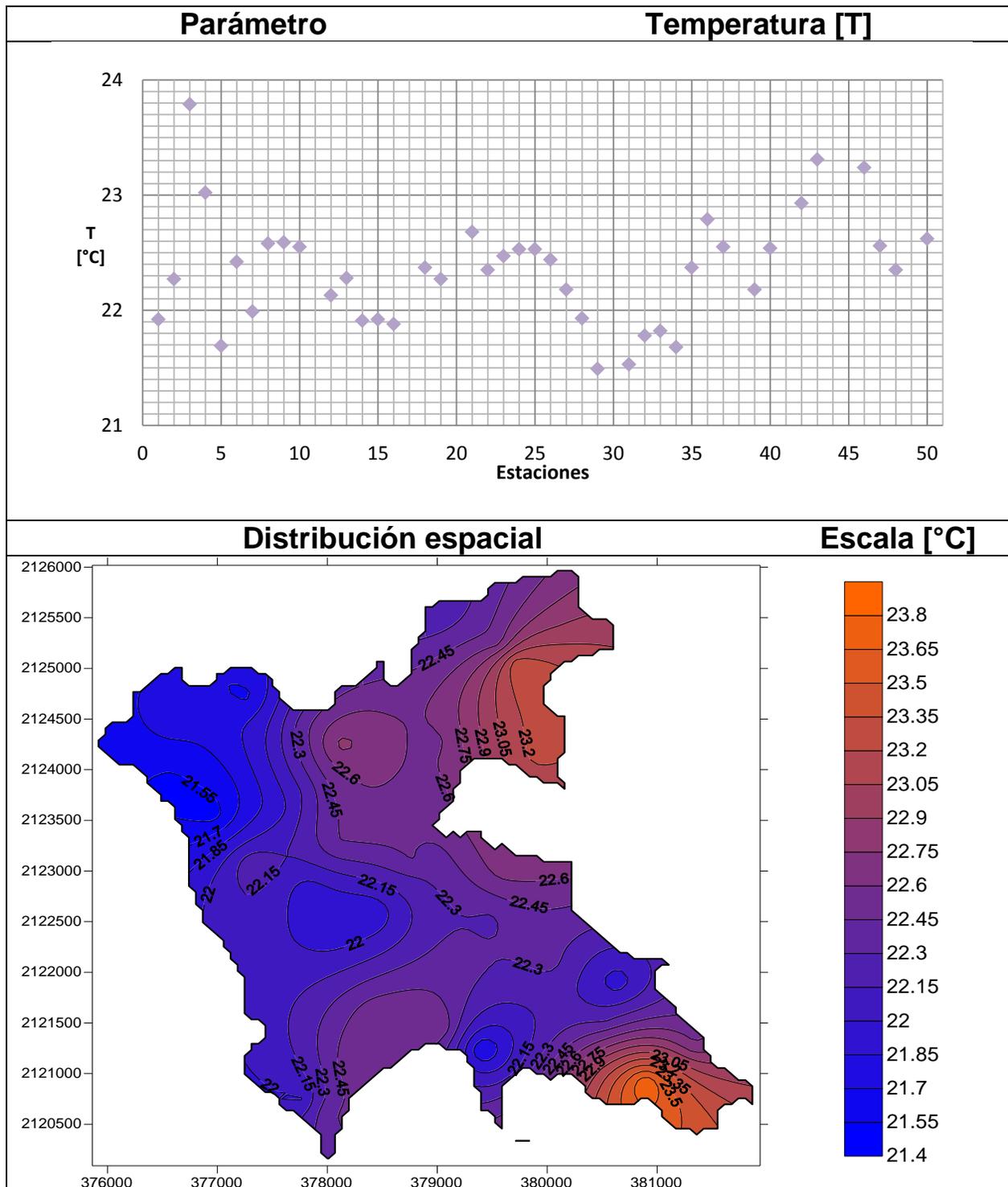
De la información recolectada tanto en campo como en laboratorio, se procedió a su análisis a través del programa SURFER 8, el cual es un sistema que está orientado a la representación topográfica de variables localizadas espacialmente, así como también a la generación de modelos tridimensionales como curvas de nivel.

Para los parámetros de temperatura, pH, turbiedad, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y conductividad se obtuvieron las curvas de igual concentración; así como, la gráficas que muestran el valor de la concentración en cada estación, dicha información se presenta en las Fichas de resultado por parámetro. Las Fichas 2.1 a 2.7 presentan la concentración puntual y espacial de parámetros.

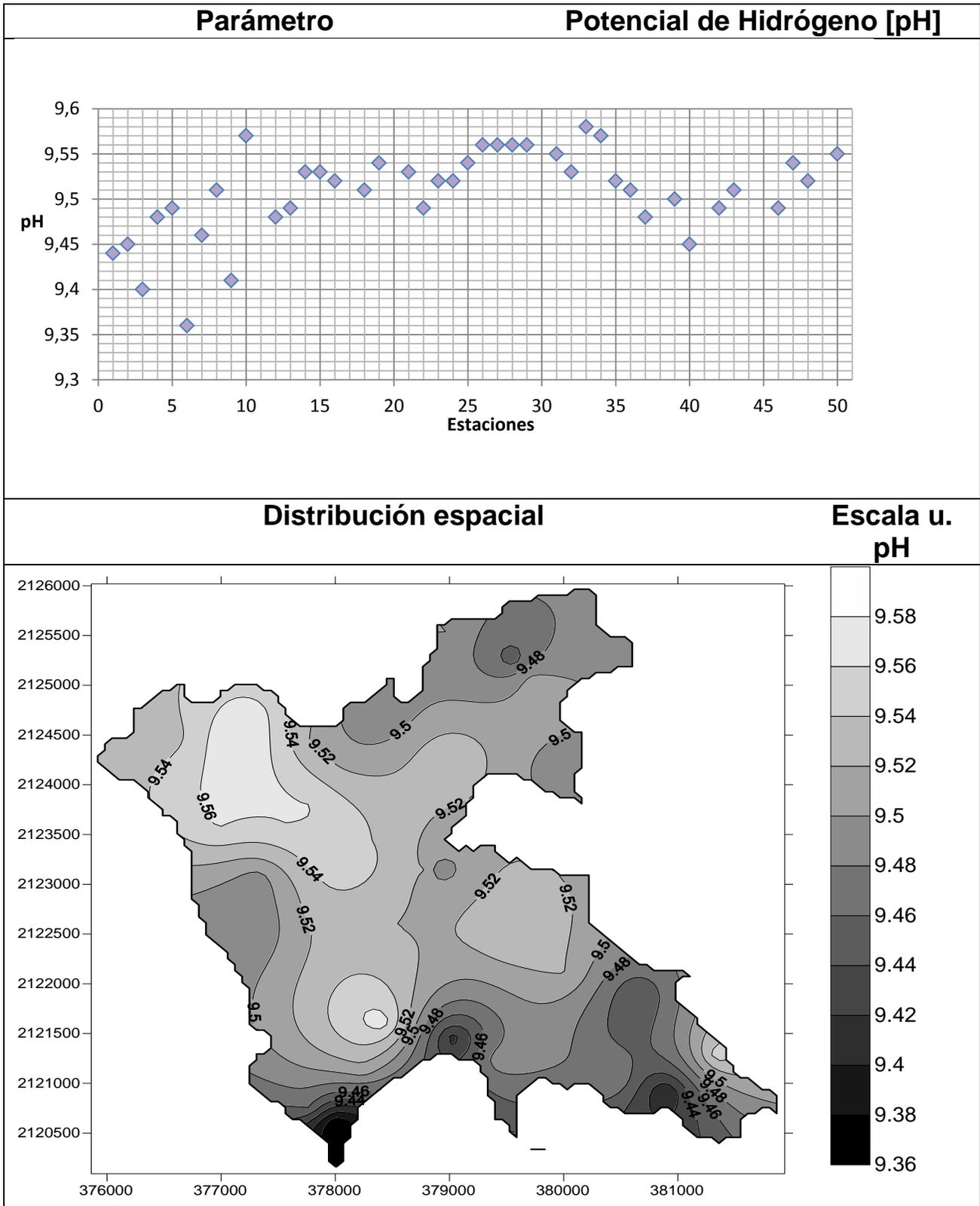
Los coliformes fecales y totales, nitrógeno amoniacal, nitratos, fosfatos, DBO₅, se obtuvieron en 6 estaciones seleccionadas por estar cerca de las descargas y una

estación se ubicó en el centro del embalse. Las gráficas 2.1 a 2.6 muestran la concentración de los parámetros medidos en las seis estaciones.

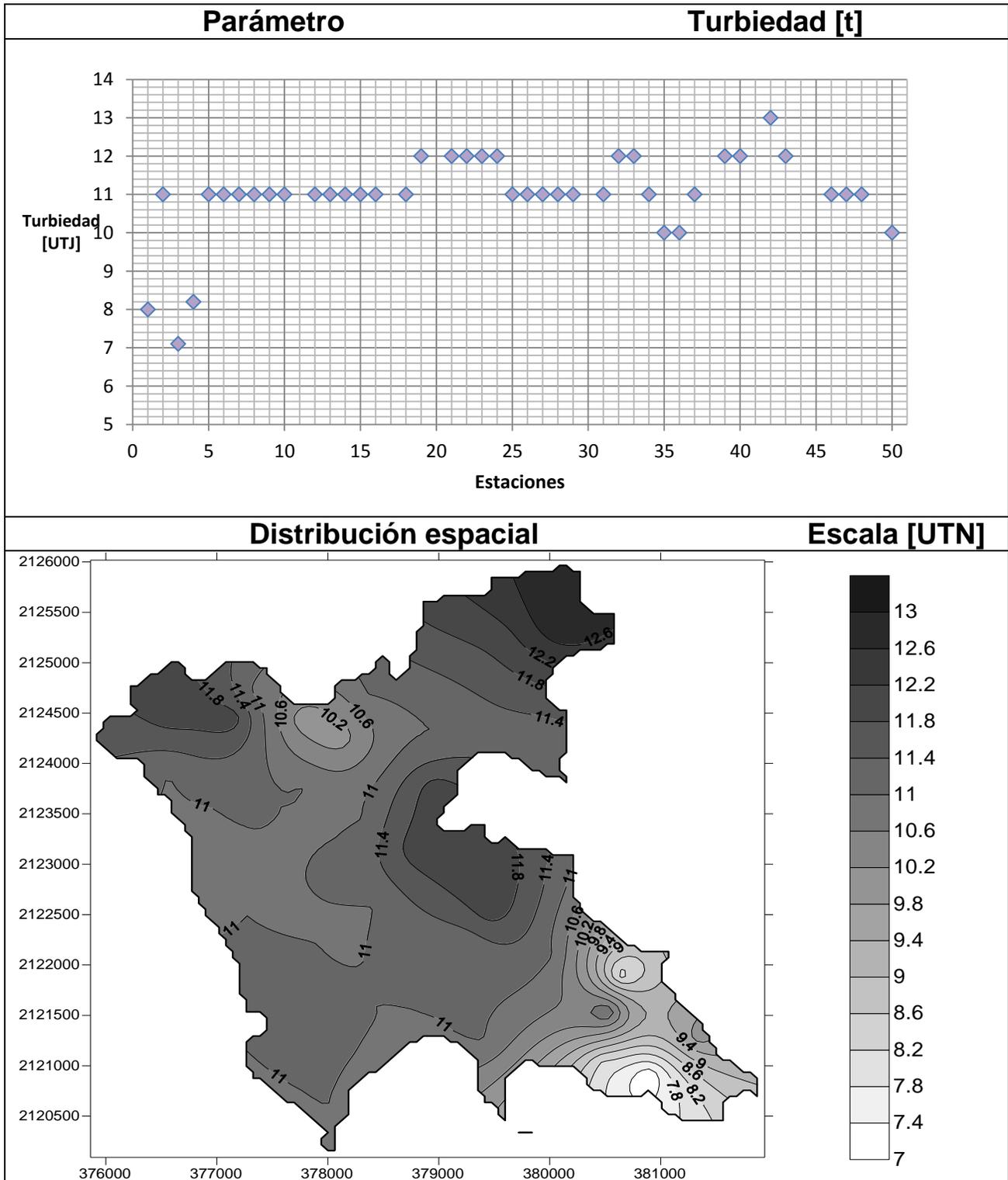
Ficha 2. 1.- Representación puntual y espacial de la temperatura del agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010



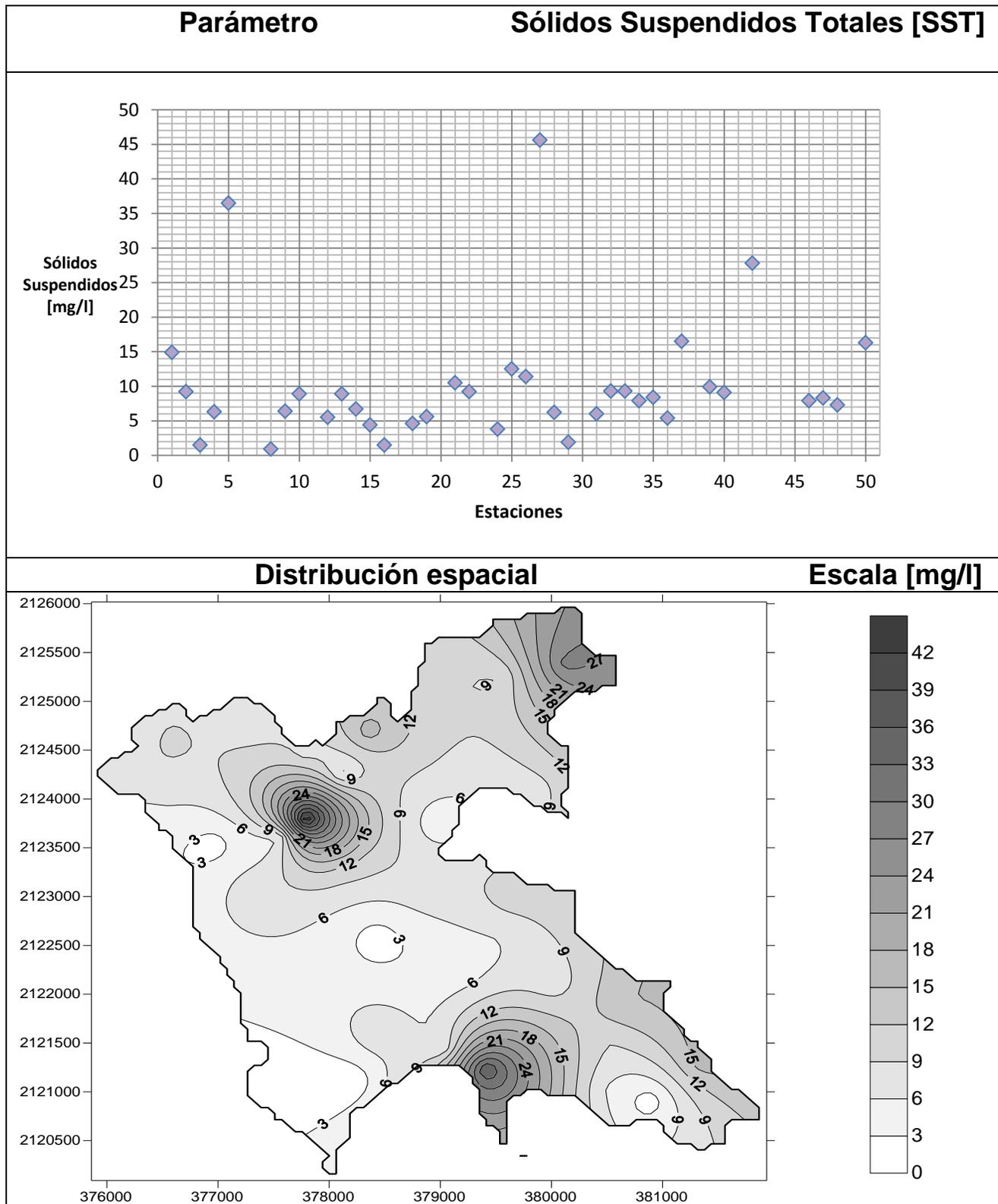
Ficha 2. 2.- Representación puntual y espacial de pH en el agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010



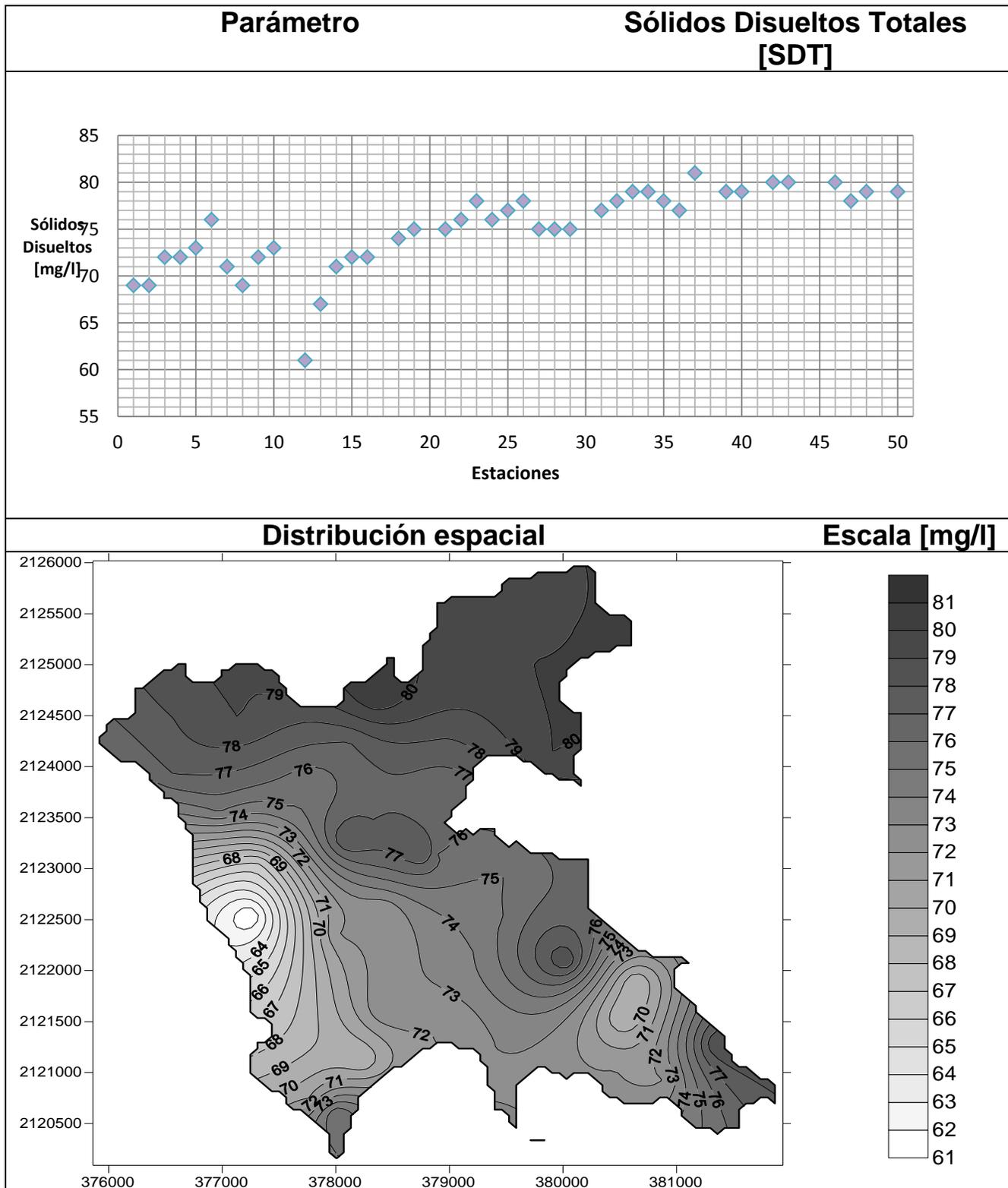
Ficha 2.3.- Representación puntual y espacial de la turbiedad del agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010



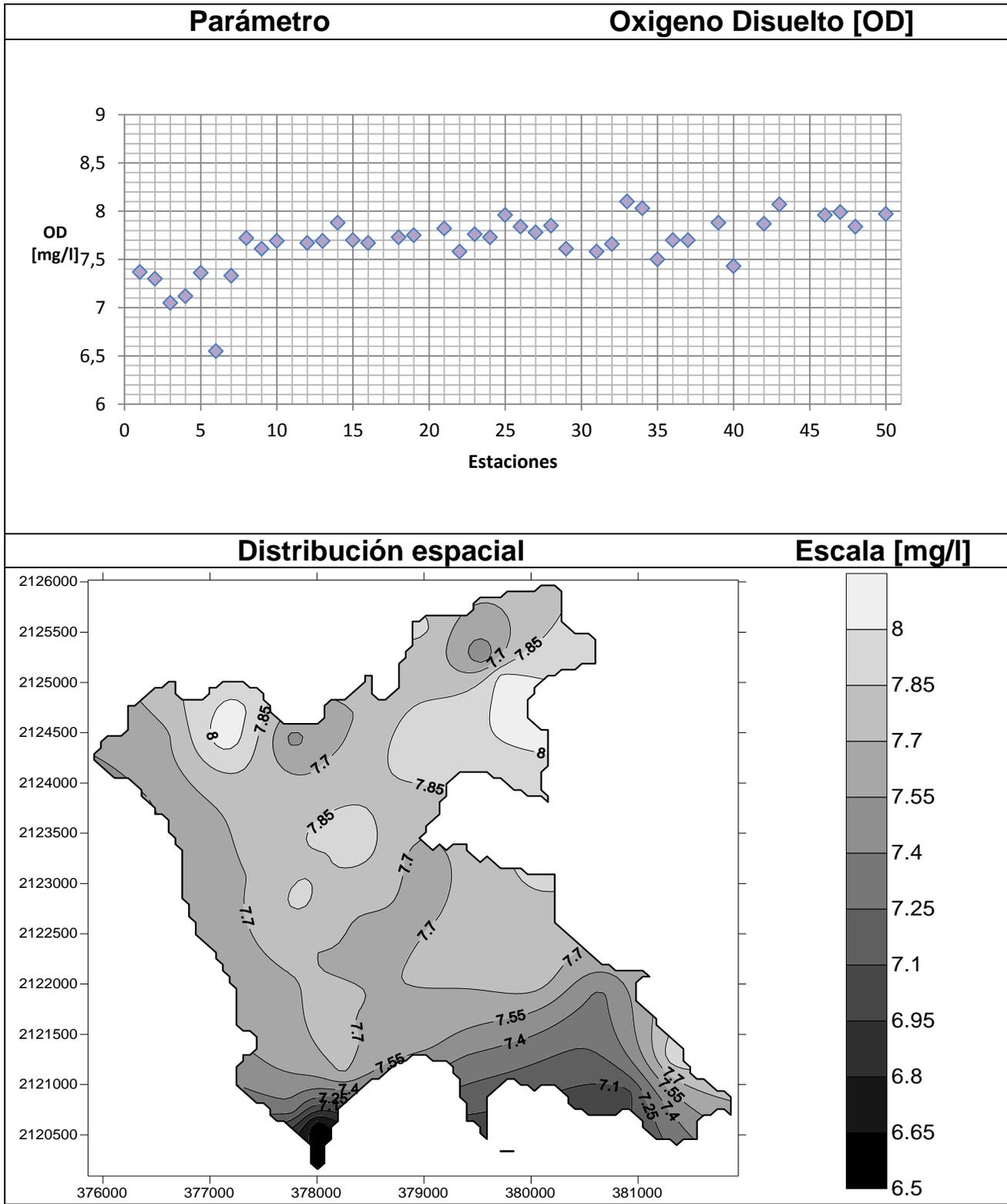
Ficha 2.4.- Representación puntual y espacial de los sólidos suspendidos totales en el agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010



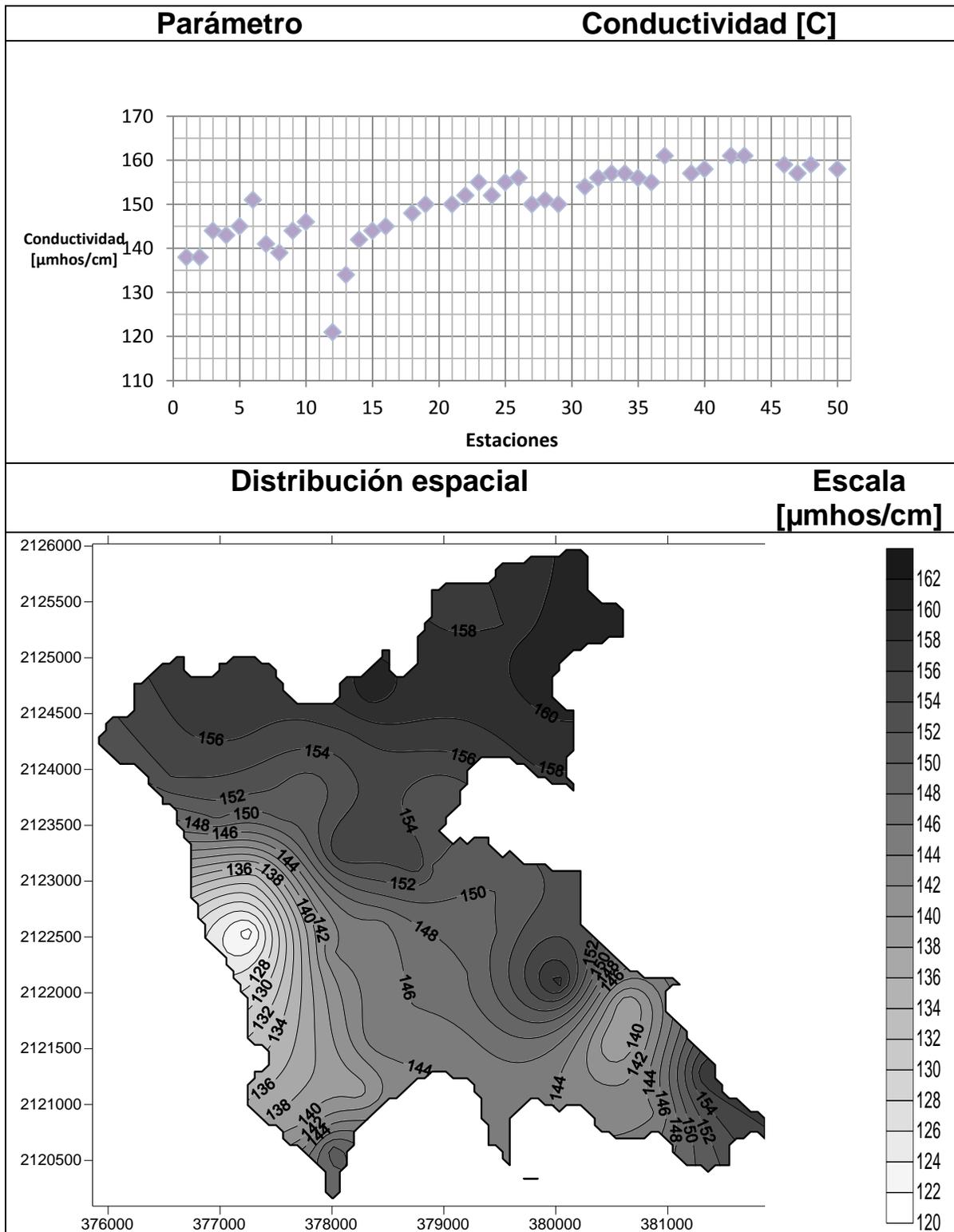
Ficha 2.5.- Representación puntual y espacial de sólidos disueltos totales en el agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010

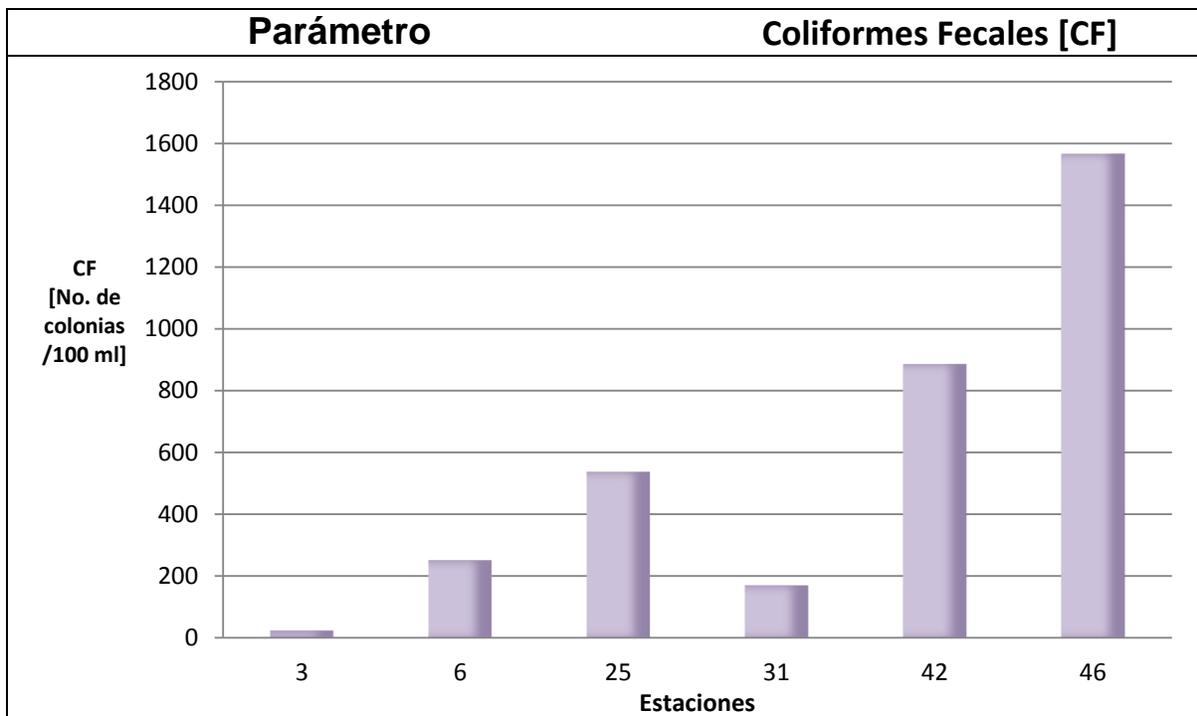


Ficha 2.6.- Representación puntual y espacial del oxígeno disuelto en el agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010

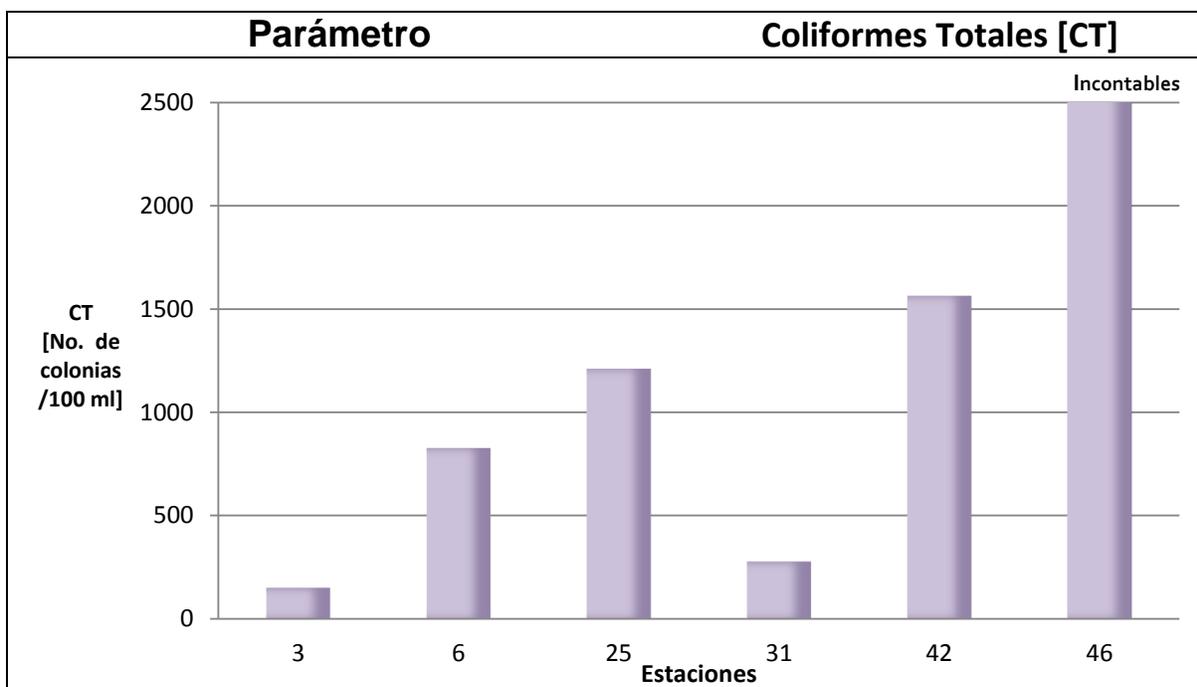


Ficha 2.7.- Representación puntual y espacial de la conductividad del agua, en el embalse de la presa Valle de Bravo 2010

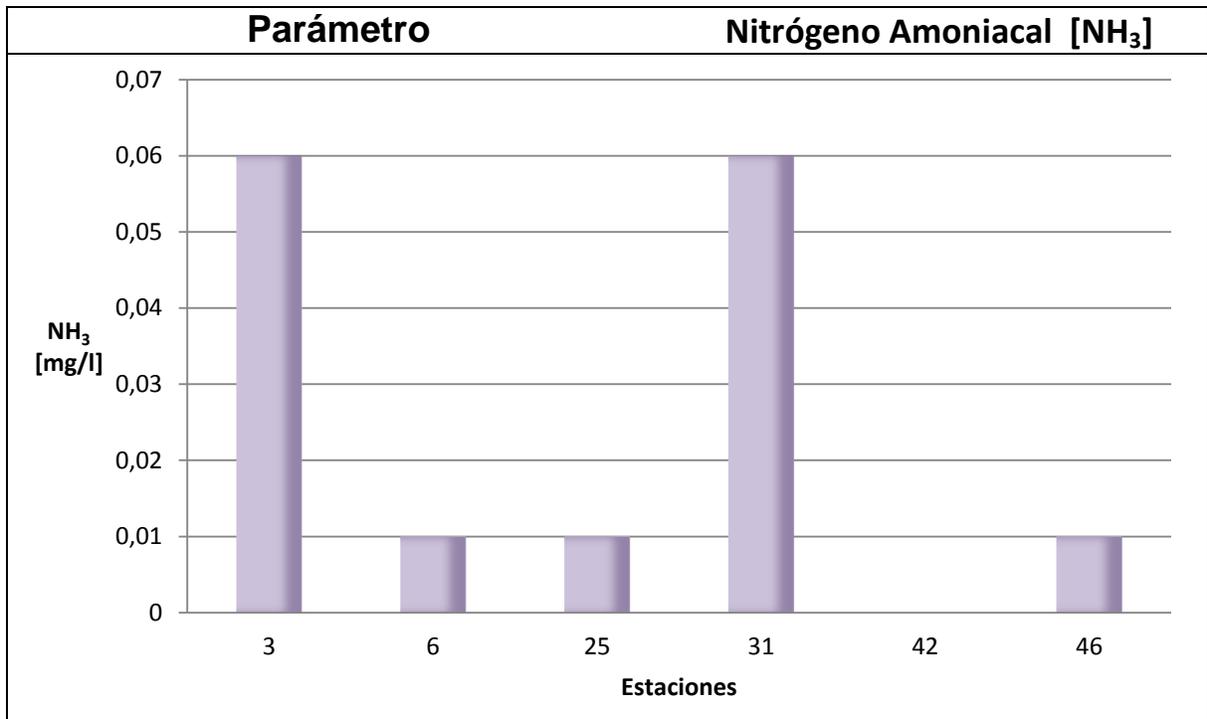




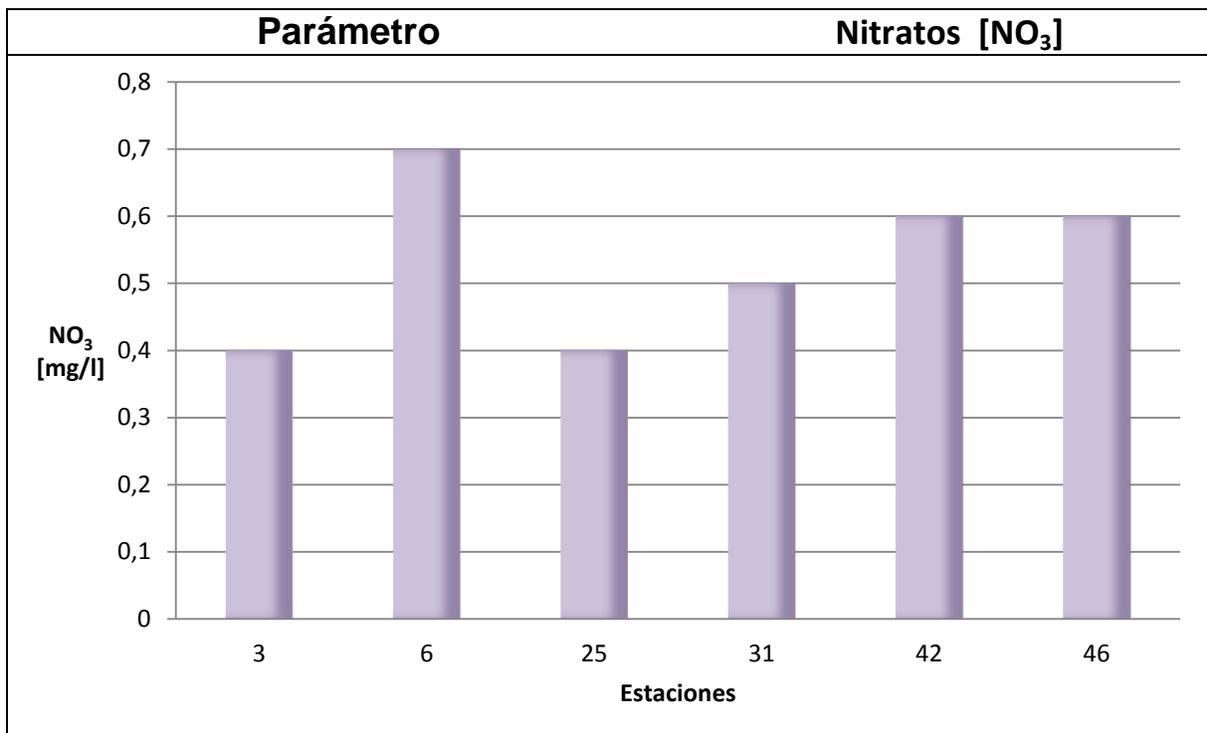
Gráfica 2.1.- Resultados de coliformes fecales en las estaciones del embalse en la presa Valle de Bravo 2010



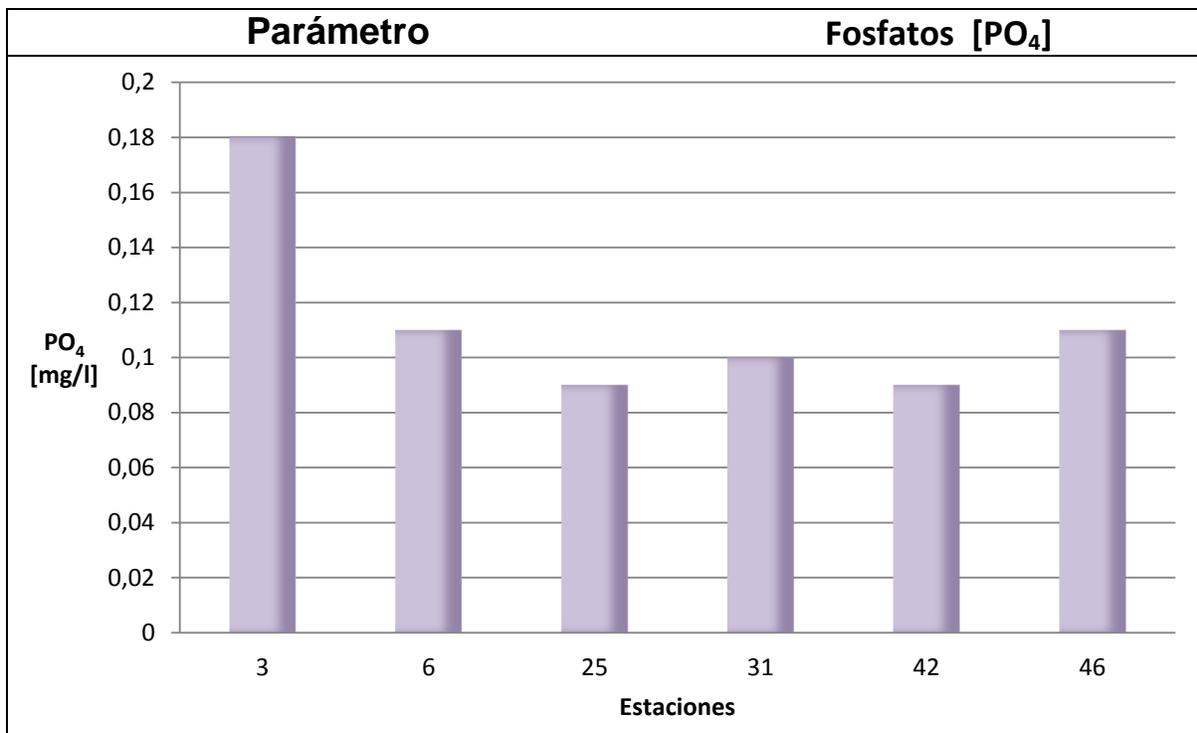
Gráfica 2.2.- Resultados de coliformes totales en las estaciones del embalse en la presa Valle de Bravo 2010



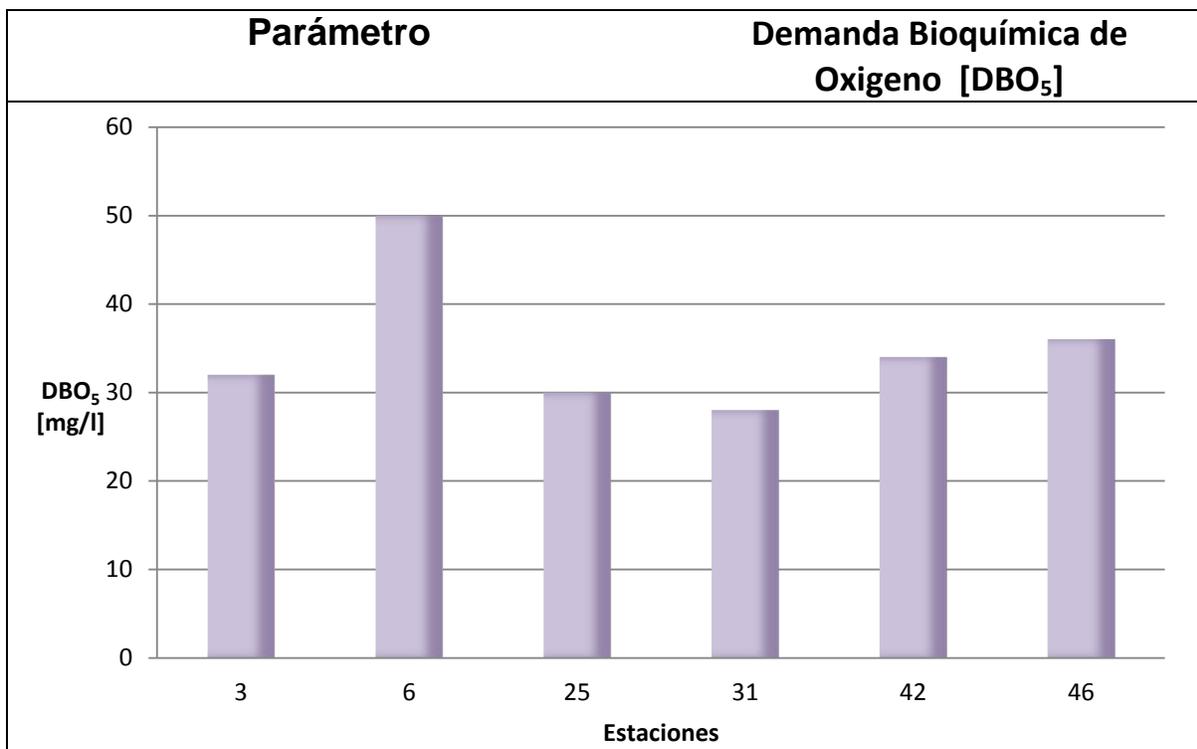
Gráfica 2.3.- Resultados de nitrógeno amoniacal en las estaciones del embalse de la presa de Valle de Bravo 2010



Gráfica 2.4.- Resultados de nitratos en las estaciones del embalse de la presa de Valle de Bravo 2010



Gráfica 2.5.- Resultados de fosfatos en las estaciones del embalse de la presa de Valle de Bravo 2010



Gráfica 2.6.- Resultados de demanda bioquímica de oxígeno en las estaciones del embalse de la presa de Valle de Bravo 2010

Cálculo del Índice de Calidad del Agua

Con el método mencionado al inicio del capítulo y con los resultados obtenidos en campo y laboratorio se calculó el Índice de Calidad del Agua para los 41 sitios de muestreo seleccionados. El cálculo detallado del ICA se presenta en el Anexo A de este trabajo, y se describen a continuación los criterios de cálculo para el mencionado índice. El cuadro 2.7 muestra la calificación obtenida para cada sitio de muestreo.

Criterios de cálculo para el Índice de Calidad del Agua (ICA)

La aplicación de las ecuaciones para el cálculo del ICA por parámetro a los datos de calidad del agua puede generar valores del ICA mayores a 100 o negativos, por lo que es necesario tomar en cuenta ciertos criterios de cálculo en la metodología, basados en el comportamiento matemático de las ecuaciones. El cálculo del ICA se realizó con los parámetros disponibles para las estaciones de muestreo

1. Potencial de hidrógeno. Para valores de pH menores a 6.7 se aplica la ecuación $I_{pH} = 10^{0.2335 \text{ pH} + 0.44}$; en el caso de que el pH sea mayor o igual a 6.7 y menor que 7.58 se aplica la ecuación $I_{pH} = 100$. Cuando el pH sea mayor o igual a 7.58 se usa la ecuación $I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293 \text{ pH}}$.
2. Color. Los datos de las concentraciones de color que se utilizan en el cálculo son de color verdadero. Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asigna el valor de ICA igual a 100.
3. Turbiedad. Para concentraciones menores a 1.54 UTJ se asigna un valor de ICA de 100.
4. Grasas y aceites. Cuando se tienen datos menores de 0.633 mg/l, se debe asignar un valor de ICA de 100.
5. Sólidos suspendidos. Para concentraciones menores de 14.144 mg/l se asigna un valor de ICA de 100.
6. Sólidos disueltos. Para concentraciones menores a 520 mg/l se asigna un valor de ICA de 100, y para concentraciones mayores a 6234 mg/l se debe asignar un valor de cero.
7. Conductividad eléctrica. Cuando se tienen concentraciones menores a 85.60 $\mu\text{mhos/cm}$, se debe asignar un ICA de 100.
8. Alcalinidad. Para concentraciones menores de 1.3 se asigna un ICA de 100.
9. Dureza total. Para concentraciones mayores a 2500 mg/l se asignará un ICA de cero.
10. Nitrógeno de nitratos. Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores a 4.097 mg/l.

11. Nitrógeno amoniacal. Para concentraciones menores de 0.11 mg/l se asigna un ICA de 100.
12. Fosfatos totales. Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/l.
13. Cloruros. Para concentraciones menores a 2.351 se asignará un ICA de 100.
14. Oxígeno disuelto. El oxígeno se disuelve en el agua por el contacto del aire con la superficie del agua, hasta alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada. A la temperatura de 0°C el punto de saturación del oxígeno disuelto es de 14.6 ppm. Esta concentración disminuye al aumentar la temperatura del agua, de manera que a 15°C la concentración de saturación del oxígeno disuelto es de 10 ppm. Es por este motivo que, cuando no se cuente con el dato de la temperatura ambiente, no se podrá realizar el cálculo del oxígeno disuelto y se considerará inexistente. Para calcular la concentración de OD en equilibrio con aire saturado en agua, se usará la ecuación :

$$\ln(OD) = -139.34411 + \left(1.575701 \frac{10^5}{T}\right) - \left(6.642308 \frac{10^7}{T^2}\right) + \left(1.2438 \frac{10^{10}}{T^3}\right) - \left(8.621949 \frac{10^{11}}{T^4}\right)$$

donde la temperatura T esta en grados Kelvin ($T = 273.15 + T_{\text{ambiente}}$)

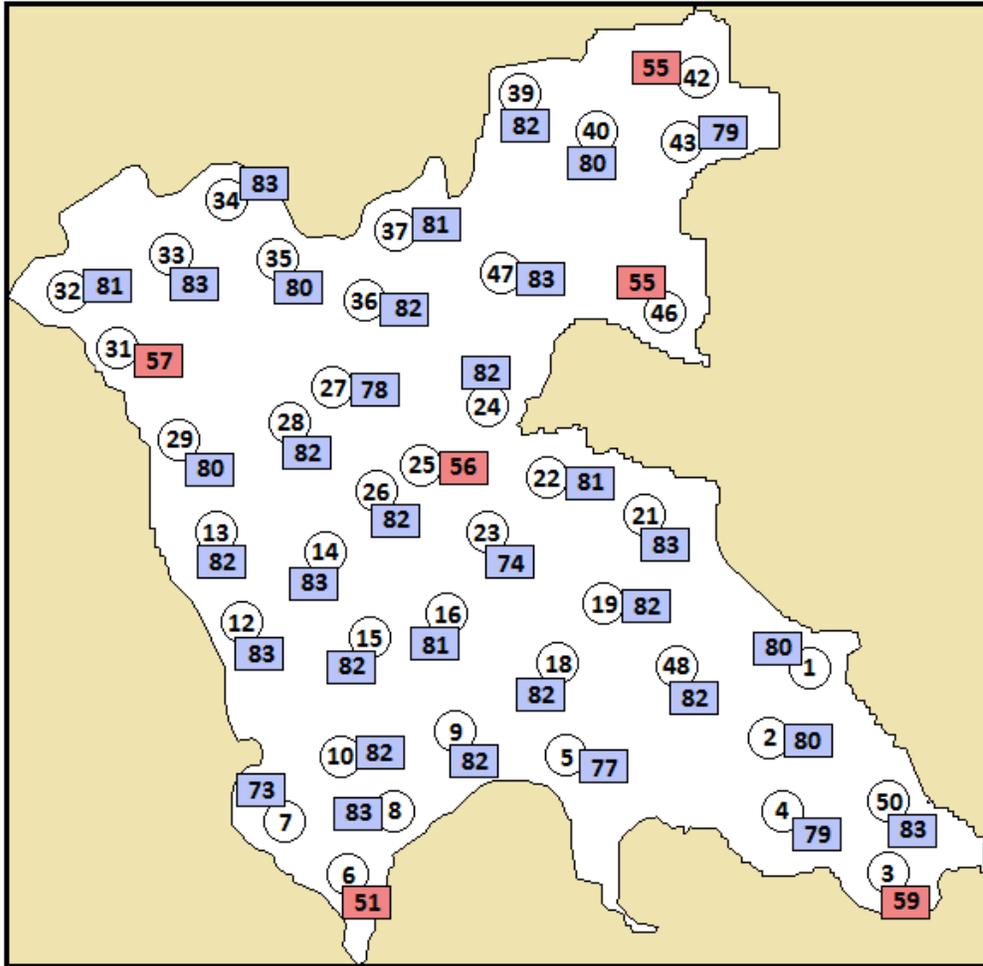
Posteriormente con la ecuación $I_{OD} = \frac{OD}{OD_{Sat}} \times 100$ se calcula el índice del OD.

15. Demanda bioquímica de oxígeno. Se asigna un ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/l.
16. Coliformes totales. Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100.
17. Coliformes fecales. Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100.
18. SAAM. Se asigna un valor de ICA de cero cuando se tengan concentraciones mayores de 6.384 mg/l.

Cuadro 2.7.- Calificación de ICA de la presa de Valle de Bravo 2010

Sitio de muestreo	ICA	Calificación general.
1	80	Acceptable
2	80	Acceptable
3	59	Poco contaminado
4	79	Acceptable
5	77	Acceptable
6	51	Poco contaminado
7	73	Acceptable
8	83	Acceptable
9	82	Acceptable
10	82	Acceptable
12	83	Acceptable
13	82	Acceptable
14	83	Acceptable
15	82	Acceptable
16	81	Acceptable
18	82	Acceptable
19	82	Acceptable
21	83	Acceptable
22	81	Acceptable
23	74	Acceptable
24	82	Acceptable
25	56	Poco contaminado
26	82	Acceptable
27	78	Poco contaminado
28	82	Acceptable
29	80	Acceptable
31	57	Poco contaminado
32	81	Acceptable
33	83	Acceptable
34	83	Acceptable
35	80	Acceptable
36	82	Acceptable
37	81	Acceptable
39	82	Acceptable
40	80	Acceptable
42	55	Poco contaminado
43	79	Acceptable
46	55	Poco contaminado
47	83	Acceptable
48	82	Acceptable
50	83	Acceptable

En la figura 2.2 se presenta la ubicación de los sitios de muestreo y su ICA.



Simbología

- Nº de Estación ○
- Calificación ICA □

Figura 2.2.- Ubicación y calificación del ICA en las zonas de muestreo del embalse de la presa Valle de Bravo 2010

Tomando en cuenta el valor del ICA, en términos generales, el agua de la presa tiene una calidad aceptable; sin embargo, al comparar los valores de algunos parámetros con lo establecido en la normatividad mexicana, se puede apreciar lo siguiente:

El agua de la presa Valle de Bravo, no puede usarse como agua para consumo humano, sin previo tratamiento, debido a que en ella se encontró la presencia de coliformes totales y fecales y la NOM – 127 – SSA1 – 1994 establece que estos deben estar ausentes o no ser detectables; el pH tiene valores entre 9.36 y 9.58,

valores que también están fuera del intervalo establecido en la mencionada norma (6.5 - 8.5 u pH). En las estaciones 3, 6, 25, 31, 42 y 46 se encontraron concentraciones de nitrógeno amoniacal y nitratos, pero estas concentraciones no rebasan el límite establecido por la norma, pero indican que el agua ha sido contaminada con aguas residuales domésticas; debido a lo antes mencionado, deberían tomarse medidas para restringir las actividades que impliquen contacto directo con el agua.

Tomando como referencia lo establecido en la NOM – 001- SEMARNAT -1996 para embalses artificiales de uso público urbano, se supera el límite máximo permisible de coliformes fecales; y la concentración de sólidos suspendidos rebasa el límite establecido en la estación 6 (descarga del río Carrizal).

2.2 Suelo

El suelo es un recurso natural sumamente importante ya que este permite formaciones vegetales, que en abundancia sirve para suavizar el clima y favorecer la existencia de corrientes de agua, si tiene buena calidad es apto para la agricultura de la cual el hombre no solo obtiene la mayor parte de los alimentos, sino también fibras, maderas y otras materias primas.

Sin embargo, el suelo es susceptible a deteriorarse si no se mantiene una cubierta vegetal, o se le aplica una gran cantidad de fertilizantes (sin saber que nutrientes requiere para obtener una mejor producción), o por el uso inadecuado de plaguicidas.

Algunos efectos adversos del suelo son la erosión y la baja productividad en la agricultura. Estos factores se pueden evaluar a través de los llamados índices de erosión y productividad que a continuación se calcularán para conocer las condiciones en las que se encuentra el suelo de la cuenca de Valle de Bravo – Amanalco.

Índice de erosión.

El Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos desarrolló un modelo que permite estimar la pérdida de suelo, denominada Ecuación Universal de la Pérdida de Suelos (USLE, por sus siglas en inglés):

A=RKLSCP

Donde:

A.- es la pérdida de suelo en ton/ha/año

R.- es el factor que representa a la variable lluvia. Representa el Índice de erosividad o la capacidad erosiva de la lluvia, y es el producto de la energía cinética y su máxima intensidad en 30 minutos.

K.- es el factor que representa la erosionabilidad del suelo, es la tasa de pérdida de suelo por unidad de índice de erosividad para un suelo específico.

L.- es el factor longitud de la pendiente.

S.- es el factor gradiente o inclinación de la pendiente. Se hace la relación del grado y longitud de la pendiente con la pérdida de suelo.

C.- es el factor que representa el índice de pérdida de suelo en un área con un cierto cultivo comparada con otra área no cultivada bajo las mismas condiciones de manejo, precipitación, pendiente y longitud.

P.- es el factor que representa el índice de pérdida de suelo de un área con prácticas de control para la erosión.

La ecuación anterior ha sido revisada con el fin de mejorarla, para tales fines se incorporan nuevas formas de evaluar los factores que intervienen; a esta nueva ecuación se le conoce como RUSLE.

Con la finalidad de simplificar el cálculo del índice de erosión del suelo la Comisión Nacional del Agua modificó la ecuación, quedando de la siguiente manera:

$$I_e=R+K+L+S+C+P \dots\dots\dots(Ec. 2)$$

Donde:

- I_e = Índice de erosión
- R= Factor debido a la intensidad de lluvia
- K=Factor de erosionabilidad del suelo
- L=Factor de longitud de la Pendiente
- S=Factor de gradiente de la pendiente
- C=Factor de manejo del suelo (cubierta vegetal)
- P=Factor de técnica de control de la erosión

Los valores que se asignan a los factores pueden variar de 0.1 a 1, correspondiendo el valor más bajo al menor riesgo provocado por ese factor y el valor más alto al riesgo mayor, por lo cual el intervalo de valores del índice de erosión, será:

$$0.6 \leq I_e \leq 6$$

Es importante señalar que el valor asignado es cualitativo y dependerá del criterio y experiencia de quien lo asigna.

Descripción de los factores:

- Factor debido a la intensidad de lluvia (R): Este factor esta asociado a la cantidad, duración, e intensidad de los eventos de lluvia. Indica la capacidad de las lluvias de causar erosión en los suelos.
- Factor de erosionabilidad del suelo (K): Este factor representa la susceptibilidad del suelo a ser erosionado, su valor depende del contenido de materia orgánica, textura superficial estructura del suelo y permeabilidad.
- Factor de longitud de la Pendiente (L): Con este factor se asume que a mayor longitud de la pendiente, hay mayor susceptibilidad de los suelos a sufrir erosión.
- Factor de gradiente de la pendiente (S): Se considera que a mayor grado de pendiente hay mayor riesgo de erosión del suelo.
- Factor de manejo del suelo (cubierta vegetal) (C): Este factor involucra el manejo que se da a los cultivos, así como la porción de suelo que está protegido por vegetación.
- Factor de técnica de control de la erosión (P): Este factor está relacionado con las prácticas de conservación del suelo utilizadas en la región.

A continuación se presentan los valores asignados a cada uno de los factores de la ecuación 2.

Intensidad de lluvia: el valor asignado es de 0.5, debido a que se considera que las lluvias son moderadas. Para la asignación de este factor se consideró el ámbito de precipitaciones en la República Mexicana en donde la máxima precipitación se tiene en el estado de Chiapas con 1953.2mm/año y la mínima en Baja California con 115.5 mm/año y la precipitación en la cuenca es de 1024 mm/año.

Erosionabilidad: el valor asignado es de 0.9, ya que el origen del suelo se deriva de materiales volcánicos de diferentes edades, en la cuenca existen suelos con un mayor desarrollo, que son muy útiles para las actividades agrícolas, pero

también muy susceptibles a la erosión y al desgaste físico. La Figura 2.3 presenta el Mapa Edafológico de la Cuenca Valle de Bravo- Amanalco.

Longitud de la pendiente: se asignó un valor de 0.1, debido a que la longitud de la pendiente es de aproximadamente de 36 km. El cuadro 2.8 presenta cuencas que tienen un área aproximada a la cuenca en estudio y al comparar la longitud de los ríos con la longitud de la pendiente de la cuenca Valle de Bravo se puede observar que es pequeña.

Cuadro 2.8.- Tabla comparativa

Río	Área de la cuenca (km ²)	Longitud del río (km)
Lerma	47,116	708
Nazas	57,101	600
Aguanaval	32,138	481

Fuente: modificado del Programa Nacional Hídrico

Gradiente: se le dio un valor de 0.5, debido a que tiene una pendiente del 16% aproximadamente, siendo así, una zona con pendiente moderada de acuerdo a los Servicios de Conservación del Suelo de los Estados Unidos, que las clasificaron de la siguiente manera:

Zonas llanas. (Pendiente inferior al 3 %).

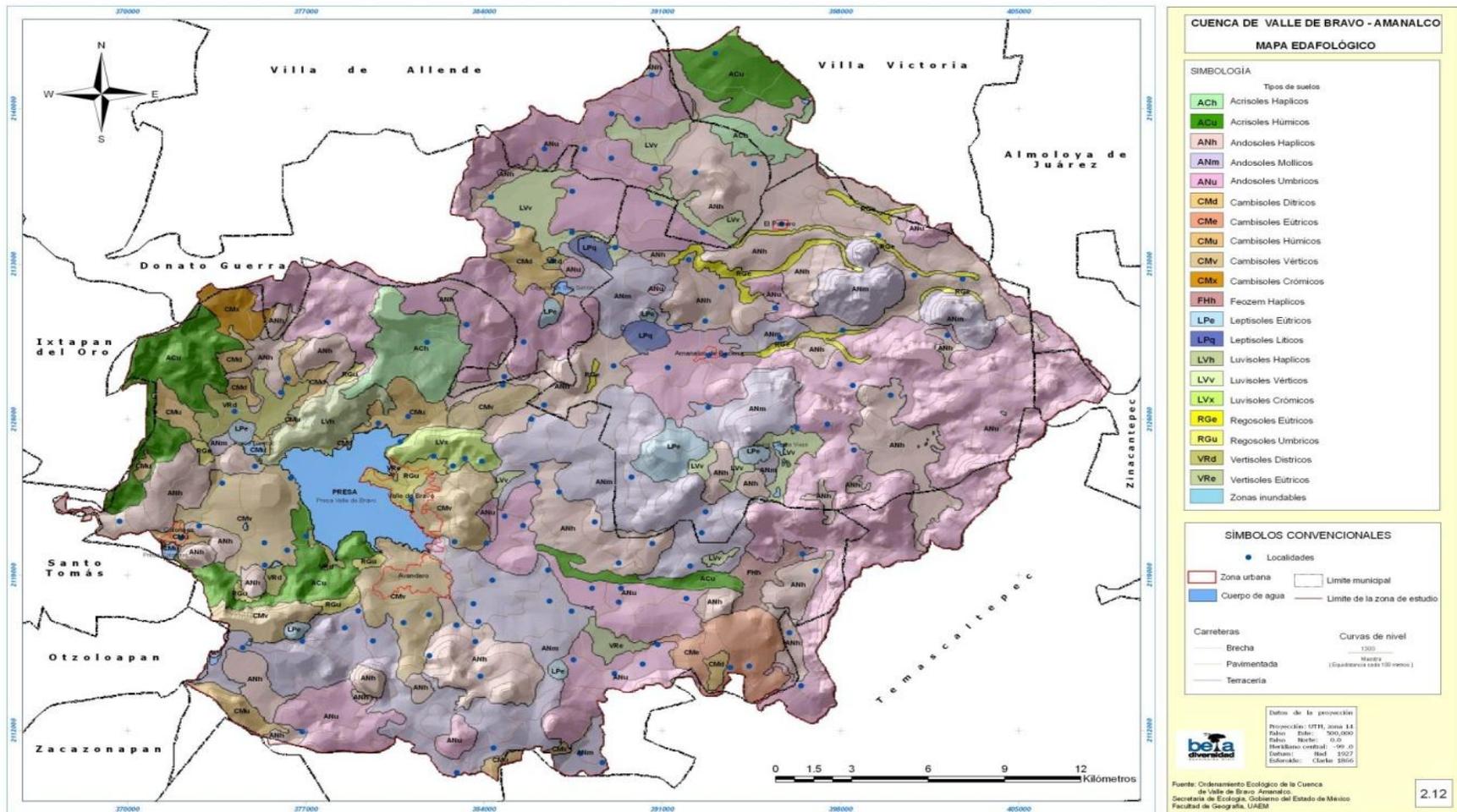
Zonas con pendiente suave. (Pendientes comprendidas entre el 3 y el 10 %)

Zonas con pendiente moderada. (Pendientes entre el 10 y el 20 %)

Zonas con pendiente fuerte. (Pendientes entre el 20 y el 30 %)

Zonas con pendiente muy fuerte. (Pendientes entre el 30 y el 50 %)

Zonas escarpadas. (Pendientes superiores al 50 %).



La Figura 2.3 presenta el Mapa Edafológico de la Cuenca Valle de Bravo- Amanalco

Fuente: Atlas Informático de la Cuenca Valle de Bravo – Amanalco.

Cubierta vegetal: su valor es de 0.5, ya que se han modificado los usos de suelo como se muestra en el cuadro 2.9.

Cuadro 2.9.- Cambio de uso de suelo en la cuenca

Cambio de uso de suelo	Superficie (ha)
Agricultura de temporal a Agricultura de riego	642.69
Forestal a agricultura de riego	1125.56
Pastizal a agricultura de riego	42.09
Forestal a agricultura de temporal	135.72
Agricultura de temporal a zona inundable	17.30
Agricultura de temporal a zona urbana	405.66
Zona forestal a zona urbana	296.23
Cuerpo de agua a zona urbana	28.11
Matorral a zona urbana	4.08
Pastizal a zona urbana	16.15
total	2,713.59

Fuente: Descripción del Medio Natural de la Cuenca Valle de Bravo, Estado de México.

Control de erosión: se tiene un valor de 0.5, debido a que se han realizado actividades para la reforestación, pero no han sido suficientes.

En el cuadro 2.10 Se presentan en forma resumida los valores que se han asignado a cada uno de los factores que intervienen para el cálculo del índice de erosión.

Cuadro 2.10.- Factores del índice de erosión

Factor	Valor asignado
Intensidad de lluvia (R)	0.5
Erosionabilidad (K)	0.9
Longitud de la pendiente(L)	0.1
Gradiente(S)	0.5
Cubierta Vegetal (C)	0.5
Control de erosión (P)	0.5

Aplicando la ecuación núm. 2 se obtiene:

$$I_e = 0.5 + 0.9 + 0.1 + 0.5 + 0.5 + 0.5 = 3.0$$

Al obtener que el índice de erosión es de 3.0 se puede concluir que la pérdida de suelo es moderada.

Índice de productividad del suelo

Este índice se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$I_{ps} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_i}{P_{mi}} \dots \dots \dots (Ec. 3)$$

Donde:

n= Número de cultivos analizados

P_i= Productividad del cultivo i en la zona de estudio

P_{mi}= Productividad media nacional del cultivo i

El valor ideal de este índice sería mayor o igual a uno, lo cual indicaría que la productividad del suelo de la región en estudio es muy cercana a la productividad nacional; en caso de presentar valores menores a la unidad, reflejaría una productividad baja del suelo.

Los cultivos que se siembran en la zona de estudio son: maíz, frijol, papa, haba verde, chícharo, jitomate, avena, trigo, girasol, cebolla, entre otros.

El cuadro 2.11 presenta los cultivos más representativos de la zona estudiada, así como los rendimientos a nivel nacional y en el distrito Valle de Bravo.

Cuadro 2.11.- Cultivos de la región

Cultivo	Rendimiento de la zona (ton/ha)	Rendimiento nacional (ton/ha)
Chícharo	6.76	4.96
Cebolla	15	29.12
Girasol	417.94	439.56
Haba verde	7.42	5.72
Papa	27.47	27.72
Trigo	1.73	5.08

Fuente: SIAP, SAGARPA.

Aplicando la ecuación 3 tenemos:

$$I_{ps} = \frac{1}{6} \frac{6.76}{4.96} + \frac{15}{29.12} + \frac{417.94}{439.56} + \frac{7.42}{5.72} + \frac{27.47}{27.72} + \frac{1.73}{5.08} = \frac{1}{6} 5.458 = 0.909$$

El valor de este índice es menor al promedio nacional en un 10%, por lo que puede concluirse que la productividad agrícola en la zona de estudio es buena.

2.3 Aspectos sociales

Los aspectos sociales nos sirven para conocer en qué condiciones viven las personas que habitan la cuenca, los aspectos involucrados son la salud, la educación, el nivel socio-económico entre otros. Para evaluar estos aspectos sociales se cuenta con el índice de marginación que a continuación se describe.

Índice de marginación.

La marginación es un fenómeno estructural que se origina en el modelo de desarrollo y se manifiesta tanto en la dificultad para propagar el avance técnico en el conjunto de la estructura productiva y en las regiones del país, como en la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios. (CONAPO).

El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas. (CONAPO)

El índice de marginación es calculado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), utiliza los datos recabados por los Censos de Población y Vivienda llevados a cabo por el INEGI. En el cuadro 2.12 se muestran los factores que intervienen para el cálculo del índice.

Cuadro 2.12.- Factores que intervienen en el cálculo de la marginación.

Concepto	Dimensiones socioeconómicas	Formas de exclusión	Indicador para medir la intensidad de la exclusión	Índice de marginación
Fenómeno estructural múltiple que valora dimensiones, formas e intensidades de exclusión en el proceso de desarrollo y disfrute de sus beneficios	Educación	Analfabetismo	Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta	Intensidad global de la marginación socioeconómica
		Población sin primaria completa	Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta	
	Vivienda	Viviendas particulares sin agua entubada	Porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada en el ámbito de la vivienda	
		Viviendas particulares sin drenaje ni excusado	Porcentaje de viviendas particulares sin drenaje ni excusado	
		Viviendas particulares con piso de tierra	Porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra	
		Viviendas particulares sin energía eléctrica	Porcentaje de viviendas particulares sin energía eléctrica	
		Viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento	Porcentaje de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento	
	Disponibilidad de bienes	Viviendas particulares sin refrigerador	Porcentaje de viviendas particulares sin refrigerador	

Fuente: Consejo Nacional de Población (CONAPO)

Con la información de los indicadores se aplica la Técnica de Estratificación Óptima desarrollada por Dalenius y Hodges, la cual calcula el intervalo que se utilizará para ese periodo (censo de población y vivienda, 2005). El cuadro 2.13 muestra el ámbito a utilizar para el índice de marginación en el 2005.

Cuadro 2.13.- Intervalo de valores para el índice de marginación

Grado de marginación	Límites del intervalo	
	Superior	Inferior
Muy bajo	[-1.50487	-0.98855]
Bajo	(-0.98855	-0.21407]
Medio	(-0.21407	0.30225]
Alto	(0.30225	1.07674]
Muy alto	(1.07674	2.412123]

Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2005.

De acuerdo a los cálculos realizados por el Consejo Nacional De Población los índices de marginación para el 2005, son los que se muestran en el cuadro 2.14.

Cuadro 2.14.- Índice de marginación 2005.

Municipio	Índice de marginación	Grado de marginación
Amanalco	0.350	Alto
Donato Guerra	0.701	Alto
Valle de Bravo	-0.807	Bajo
Villa de Allende	0.593	Alto
Villa Victoria	0.839	Alto

Fuente: Consejo Nacional de Población.

De lo cual se puede concluir que en general la cuenca se encuentra con un índice de marginación alto, lo cual implica que carece de servicios tales como el abastecimiento de agua potable, servicio de alcantarillado, así como de educación básica.

2.4 Salud

La salud es primordial en la vida humana, las enfermedades se pueden transmitir por diversos medios en este caso se estudiará como medio de transmisión principal el agua.

El agua puede ser contaminada por acción del hombre o bien por acción de la naturaleza; sin embargo, se verá reflejada en la salud de quienes la consuman. Existen varias enfermedades infecciosas en las cuales tiene influencia el agua, la causa de éstas puede tener su origen en virus, bacterias, protozoarios, gusanos. El cuadro 2.15 se muestra una clasificación de las enfermedades hídricas y sus formas de transmisión a través del agua.

Cuadro 2.15.- Enfermedades relacionadas con el agua.

Enfermedad	Tipo de relación con el agua
Cólera Hepatitis infecciosa Leptospirosis Paratifoidea Tularemia Tifoidea	Transmitida por el agua
Disentería amibiana Disentería bacilar Gastroenteritis	Por el agua o por el agua para el aseo personal
Ascariasis Conjuntivitis Enfermedades diarreicas Lepra Sarna Sepsis y úlcera de la piel Tiña Tracoma	Por el agua para aseo
Gusano de Guínea Esquistosomiasis	Desarrolladas en el agua
Paludismo Oncocercosis Enfermedad del sueño Fiebre amarilla	Insectos vectores relacionados con el agua.

Fuente: Tebbutt. Fundamentos de Control de Calidad del Agua

Para conocer la cantidad de personas enfermas en un lugar y tiempo determinado se utiliza el índice de Morbilidad.

Índice de morbilidad

Éste índice se determina de la siguiente manera:

$$I_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_i}{P_n} \dots \dots \dots (Ec. 4)$$

Donde:

- N= Número de enfermedades analizadas
 - Pi= Porcentaje de enfermedad i en la zona de estudio
 - Pn=Porcentaje de la enfermedad i a nivel nacional
- Por lo que:

$I_m < 1$ buenas condiciones de salud

$I_m \geq 1$ malas condiciones de salud

Cálculo del índice de morbilidad para la región estudiada.

Las enfermedades consideradas para la obtención de este índice son aquellas que tienen entre sus principales medios de transmisión al agua, tanto potable como residual, en la primera por no haberse desinfectado debidamente y en la segunda por ser utilizada (sin previo tratamiento) para el riego de cultivos susceptibles a ser contaminados.

El cuadro 2.16 se presentan las enfermedades que se han registrado a nivel nacional y en Valle de Bravo.

Cuadro 2.16.- Enfermedades hídricas.

Enfermedad	Casos a nivel nacional	Casos en Valle de Bravo.
Ascariasis	54723	58
Disentería amibiana	280143	519
Enterobiasis	10417	13
Paratifoidea y salmonelosis	73271	134
Otras Helmintiasis	191310	207

Fuente: Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS) e Instituto de Salud del Estado de México (ISEM), Boletín Epidemiológico.

Para calcular el porcentaje de enfermedad tanto nacional como de Valle de Bravo se proporcionan a continuación las poblaciones que la CONAPO proyecta para el año 2010. La población a nivel nacional es aproximadamente de 108 396 211 habitantes y en Valle de Bravo de 53 825 habitantes, con estos datos se procede a calcular el porcentaje para cada enfermedad como se muestra en el siguiente ejemplo:

Cálculo de porcentaje de enfermedad para ascariasis a nivel nacional:

$$P.E. = \frac{\text{Núm de casos a nivel nacional.}}{\text{Población nacional}} \times 100$$

$$P.E. = \frac{54723}{108396211} \times 100 = 0.05$$

Y para calcular el nivel de incidencia para ascariasis en Valle de bravo se tiene:

$$P.E. = \frac{\text{Núm de casos en Valle de Bravo.}}{\text{Población de Valle de Bravo}} \times 100$$

$$P.E. = \frac{58}{53825} \times 100 = 0.10$$

Siguiendo con el mismo procedimiento, en el Cuadro 2.17 se presentan los resultados para cada enfermedad.

Cuadro 2.17.- Porcentaje de enfermedades A nivel Nacional y Valle de Bravo.

Enfermedad	% enfermedades a nivel Nacional	% de enfermedades en Valle de Bravo
Ascariasis	0.05	0.10
Disentería amibiana	0.25	0.96
Enterobiasis	0.009	0.024
Paratifoidea y salmonelosis	0.06	0.24
Otras Helmintiasis	0.17	0.38

Aplicando la ecuación 4 tenemos:

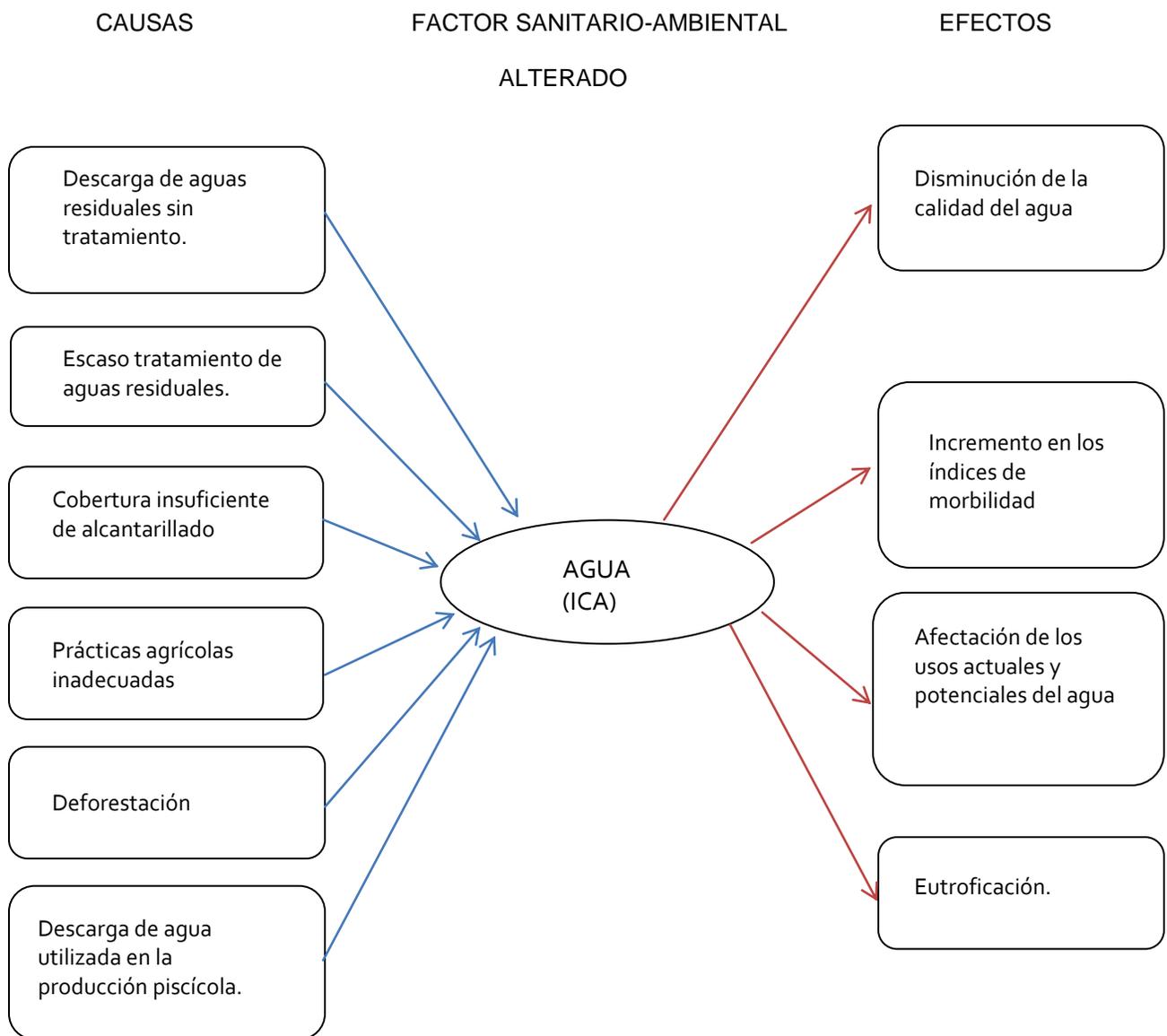
$$I_m = \frac{1}{5} \left(\frac{0.10}{0.05} + \frac{0.96}{0.25} + \frac{0.024}{0.009} + \frac{0.24}{0.06} + \frac{0.38}{0.17} \right) = 2.94$$

Como el Índice de morbilidad es mayor a 1 se concluye que las condiciones de salud son malas.

2.5 Identificación de causas y efectos.

En este apartado se presenta la identificación de causas y efectos sobre tres factores ambientales que alteran las condiciones sanitario-ambientales en la cuenca de Valle de Bravo: En la Figura 2.4 se presenta el análisis para el factor agua, en la figura 2.8 el factor salud y en la figura 2.9 el correspondiente al suelo.

Figura 2.4- Identificación de causas y efectos para el agua.



La figura 2.5 presenta una descarga directa de aguas residuales al vaso de la presa. Las figuras 2.6 y 2.7 presentan algunos efectos de la contaminación que se observaron durante la visita de campo en abril del 2010.



Figura 2.5.- Descarga de aguas residuales municipales



Figura 2.6.- Eutroficación



Figura 2.7.- Contaminación en el vaso

Figura 2.8 Identificación de causas y efectos para la salud.

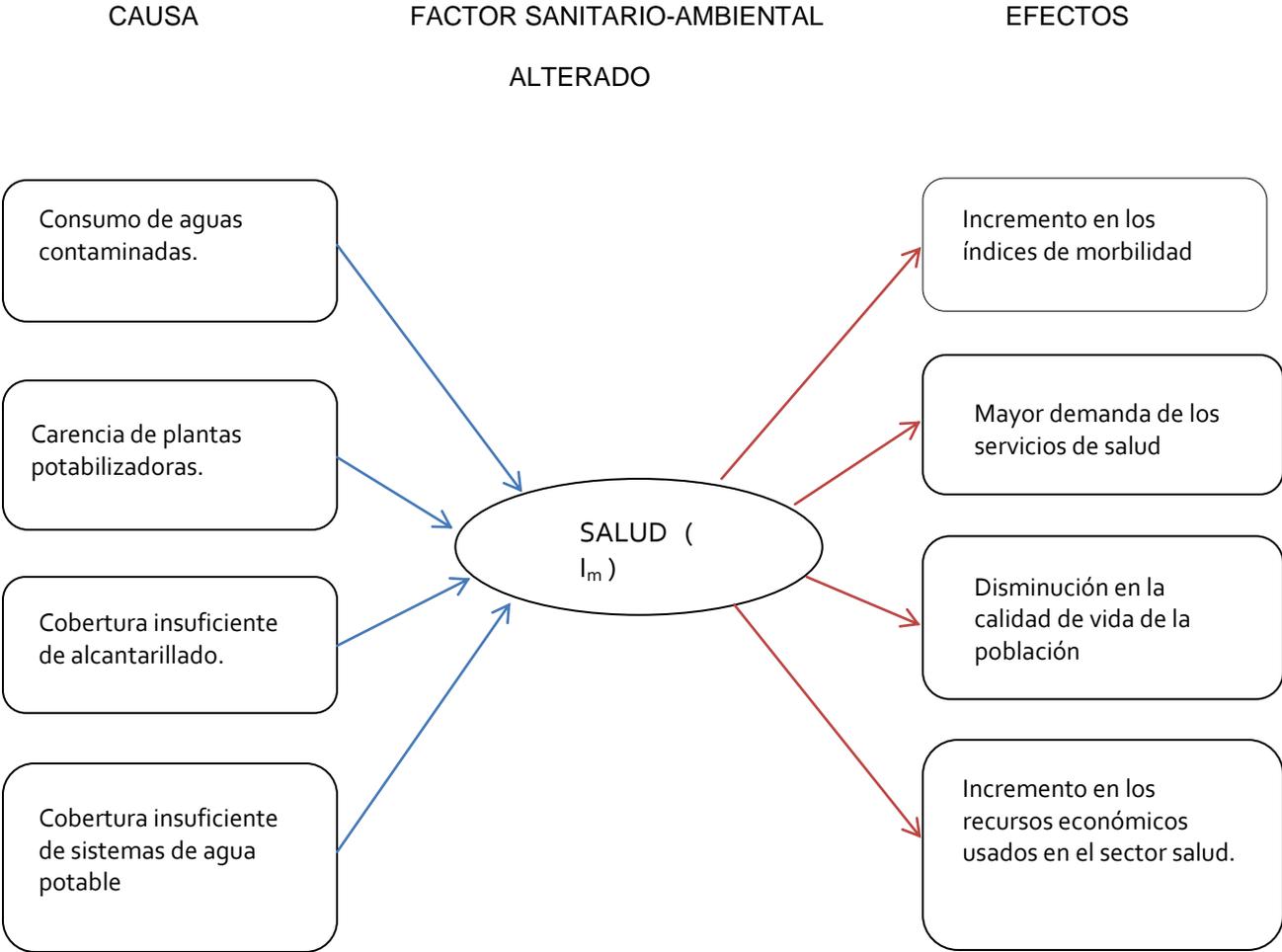
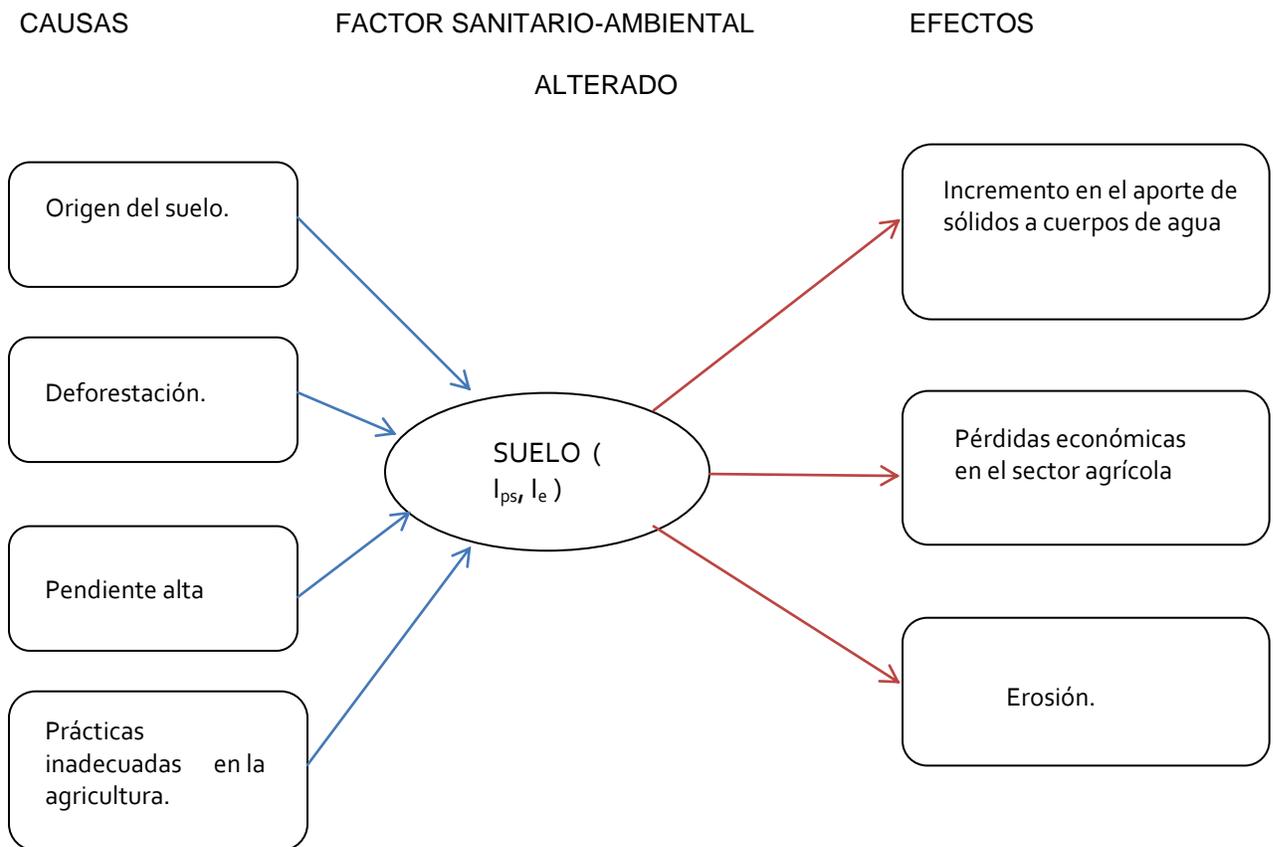


Figura 2.9.- Identificación de causas y efectos para el suelo.



La Figura 2.10 muestran uno de los factores que modifican al suelo.



Figura 2.10.- Prácticas inadecuadas en la agricultura

2.6 Índice de riesgo

Para calcular el índice de riesgo sanitario-ambiental en presas destinadas al suministro de agua potable (salud humana) se determinará la calificación del riesgo y su probabilidad de ocurrencia, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Ir = Cr \times P \quad \dots \dots \dots (Ec. 5)$$

Donde:

Ir = Índice de riesgo

Cr = Calificación del riesgo

P = Probabilidad de ocurrencia

Para obtener la calificación del riesgo se utiliza el cuadro 2.18 el cual contiene las características o factores que deterioran el estado del agua de las presas y su entorno. El rango de calificación varia de 0.1 a 1, el criterio que se utilizó para la asignación de estos valores de referencia esta basado en la experiencia y en casos de estudios similares, además se debe considerar que éste puede ser ajustado a las condiciones que presente la región en estudio.

Cuadro 2.18.- Calificación del riesgo sanitario-ambiental en presas destinadas al suministro de agua potable (salud humana).

Calificación	Características indeseables de la presa	Problemas observados durante la inspección.	Riesgo	
			Nivel	Situación
1.0	<ul style="list-style-type: none"> -Descargas de aguas residuales municipales y/o industriales cuyo caudal conjunto sea mayor al 10% del caudal de estiaje de la corriente. -Descarga de colectores (drenes), agrícolas de importancia, > 10,000 ha que viertan en forma directa o indirecta. 	<ul style="list-style-type: none"> -Enfermedades y defunciones (epidemias) -Molestias sanitarias (quejas por: mosquitos u otros vectores, color y olor de las descargas, presencia de tóxicos) -Incremento de microorganismos patógenos (grupo coliforme) -Malezas acuáticas (eutroficación) -Mortandad de peces y/o aves (epizootia) 	Muy alto	Emergencia

0.9 0.8 0.7	-Idem inciso anterior. Cuando el caudal conjunto sea menor del 10% y mayor del 15% del caudal medio de estiaje de la corriente. -Descargas de drenes agrícolas por riego < de 10,000 ha y > 5000 ha, que viertan en forma directa o indirecta.	-Epidemias o epizootias -Malezas acuáticas (eutroficación) -Solo sobreviven especies acuáticas muy resistentes -Color, olor y presencia de tóxicos. -Incremento de microorganismos patógenos (G. coliforme)	Alto	Deterioro severo
0.6 0.5	-Descargas de aguas residuales municipales y/o industriales con caudal menor del 5% del caudal de estiaje. -Descargas de drenes agrícolas para el riego < de 5000 y > de 20.000 ha que viertan en forma directa o indirecta.	-Incremento de microorganismos potencialmente patógenos (G. coliforme) -Color y olor (sustancias tóxicas)	Medio	Margen de tiempo para sanear.
0.4 0.3	-Idem. Cuando el caudal sea menor del 4% y mayor del 2% del caudal de estiaje de la corriente. -Idem. Riego > 2000 ha.	-Incremento de microorganismos potencialmente patógenos (G. coliforme)	Bajo	
0.2 0.1	-Idem. Menor del 2% del caudal de estiaje de la corriente.	-Incremento moderado de microorganismos potencialmente patógenos (G. coliforme)	Muy bajo	

Fuente: Elaborada por el CT/CNA (Romero A. H. y García O. J.), 1999.

Después de seleccionar la calificación del riesgo se procede a obtener la probabilidad de ocurrencia, que a su vez depende de la existencia o ausencia de medidas de control, protección y/o mitigación; así como la eficacia de las mismas si es que existen. El cuadro 2.19 muestra la probabilidad de ocurrencia del riesgo en función de las medidas de atenuación establecidas y su grado de eficiencia, de igual manera determinados con base en la experiencia y en casos de estudios similares.

Cuadro 2.19.- Probabilidad de ocurrencia.

Calificación del riesgo		Medidas de atenuación		
Descriptiva	Nivel	Ninguna	Insuficientes	Suficientes
Cierto	Muy alto	0.99	0.9	0.5
Probable	Alto	0.9	0.7	0.4
Poco probable	Medio	0.6	0.5	0.3
Despreciable	Bajo	0.3	0.2	0.1
Improbable	Muy bajo	0.1	0.09	0.05

Fuente: Valores estimados por CT/CNA,1999.

Una vez que se cuenta con la calificación de riesgo y su probabilidad de ocurrencia, los valores del índice de riesgo se pueden ordenar como se muestra en el cuadro 2.20. En éste se ha considerado únicamente el riesgo generado por las descargas de aguas residuales (que tienen o no tratamiento previo), así como la magnitud de estas descargas en relación con el gasto en estiaje de la corriente y el grado de depuración del agua cuando es destinada al consumo humano (agua potable).

Cuadro 2.20.- Índice de riesgo, Producto de la calificación por la probabilidad.

Matriz simplificada

Factor de afectación.	de	Factor o elemento afectable					
		Salud humana		Calidad del agua	Salud animal	Capacidad del embalse	Productividad agrícola
		Epidemias	Molestias	Malezas	Epizootias	Azolve	Baja
A₁. Abastecimiento de agua potable con potabilización parcial o nulo							
Descargas de aguas residuales	Crudas	0.4x0.05 0.02	0.4x0.99 0.396	0.4x0.2 0.08	0.4x0.3 0.12		
	Tratadas						
B. Deforestación en la cuenca tributaria							
Suelos con pendiente	Alta – media					0.5x0.7 0.35	0.5x0.5 0.25
	Baja						
C. Viviendas con fecalismo sobre el suelo							
Viviendas con letrinas	> 50%	0.8x0.5 0.40	0.8x0.5 0.4	0.8x0.7 0.56			
	< 50%						

Fuente: modificada de: Tabla elaborada por el CT/CNA (Romero A. H. y García O. J.) ,1999.

Donde:

0.4x0.2	Corresponde a:	Calificación del riesgo expresada en décimas X Probabilidad de ocurrencia
0.8		índice de riesgo

2.7 Interpretación. Análisis de riesgo.

La calificación de riesgo asignada al abastecimiento de agua potable es de 0.4, que corresponde a un nivel de riesgo bajo de acuerdo al cuadro 2.18, esta selección se realizó de acuerdo a lo observado en la visita lo cual fue una presencia muy reducida de maleza acuática, y lo determinado en laboratorio que fue una concentración elevada de coliformes totales y fecales los cuales sobrepasan lo establecido en la norma de abastecimiento de agua potable.

En cuanto a la probabilidad de ocurrencia de acuerdo al cuadro 2.19, se designaron los siguientes valores para cada factor o elemento afectable.

Descargas de aguas residuales

- *Salud humana:* se asignó un valor de 0.05 a epidemias y a molestias de 0.99. En el caso de las epidemias se consideró que se han aplicado medidas suficientes (potabilización del agua de la presa), y en lo relativo a molestias se consideró que las medidas de atenuación han sido insuficientes dado que no se avisa a las personas que practican algún deporte acuático que implica contacto con el agua que lo eviten, dado que parte de las aguas que se descargan a la presa no han sido tratadas
- *Calidad del agua:* la probabilidad considerada fue de 0.2, debido a que durante las visitas de inspección, había una presencia muy baja de maleza acuática en el vaso.
- *Salud animal:* se determinó una probabilidad de 0.3, considerando que en el vaso si hay presencia de vida acuática y que no hay registro de epizootias.

Suelos con pendiente

De acuerdo con los Servicios de Conservación del Suelo de los Estados Unidos, la cuenca tiene una zona de pendiente moderada, por lo se le asignó una calificación de riesgo de 0.5. La probabilidad de ocurrencia para cada uno de los elementos afectados es:

- *Capacidad del embalse:* se propone una probabilidad de 0.7, debido a que aproximadamente el 60% del área de la cuenca es considerada una zona con pendiente moderada, y que las medidas para prevenir la erosión no han

sido suficientes, la cantidad de azolves con las que puede contribuir son altas.

- *Productividad agrícola:* se asignó un valor de 0.5 ya que se tienen medidas insuficientes para proteger las actividades agrícolas.

Viviendas con letrinas

Se otorgó una calificación de riesgo de 0.8, considerando que la cobertura de alcantarillado en la cuenca es baja.

La probabilidad de ocurrencia asignada a los elementos afectados por este agente contaminante son:

- *Salud humana:* para epidemias y molestias 0.5, estos valores se asignaron tomando en cuenta el grado de exposición de este factor ante los efectos causados por la falta o mal funcionamiento de obras sanitarias.
- *Calidad del agua:* el valor es de 0.7 ya que las letrinas pueden deteriorar la calidad del agua subterránea y en consecuencia la superficial.

Dado a que el máximo valor para el índice de riesgo es 1, de los resultados obtenidos de la matriz simplificada se procedió a realizar un promedio aritmético de acuerdo a cada factor o elemento afectable siendo los resultados los siguientes: para salud humana el promedio fue de 0.304, para calidad del agua fue de 0.32, en cuanto a capacidad del embalse 0.35, indicando que el riesgo para estos factores es bajo, con respecto a salud animal el promedio fue de 0.12 y para productividad agrícola de 0.25, siendo como resultado un riesgo muy bajo.

CAPÍTULO 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La metodología empleada para evaluar el impacto ambiental en la presa fue desarrollada por la Comisión Nacional del Agua, el método involucra 3 factores ambientales (agua, suelo y socioeconómico), que pueden ser cuantificados a través de 5 índices tales como: índice de calidad del agua, índice de erosión, índice de productividad, índice de morbilidad e índice de marginación.

Obtener una calificación de forma cuantitativa, hace más fácil la medición de los impactos y esto permite identificar de manera rápida y sencilla los factores que provocan el deterioro ambiental, el grado en el que se encuentra, y con base en ello proponer las posibles medidas de mitigación.

Después de aplicar el método antes mencionado a la cuenca Valle de Bravo, el grado de deterioro en general es moderado, pero de no tomarse las medidas necesarias, se encontrará en un estado de deterioro grave a corto plazo.

Debido a que en la cuenca se ubica la presa Valle de Bravo, la cual envía su agua al sistema Cutzamala, que a su vez surte de este vital líquido ya potabilizado al Distrito federal y área metropolitana, es necesario evaluar constantemente los factores involucrados y su evolución, ya que si sus medidas de prevención y mitigación no son efectivas la calidad del agua disminuirá y por consiguiente los costos de potabilización se incrementarán.

Es de gran importancia poner atención a todas las localidades pertenecientes a la cuenca debido a que las únicas poblaciones que cuentan con la mayor cantidad de servicios son las cabeceras municipales y a dichas localidades se les proporciona servicios tales como: alumbrado, drenaje, recolección de basura e infraestructura escolar; quedando marginadas las localidades más alejadas, a quienes no se les provee de los servicios necesarios para garantizar una buena calidad de vida, teniendo como consecuencia aportaciones significativas al deterioro ambiental.

Considerando que el tratamiento convencional de las aguas residuales implica una inversión considerable, podría ser conveniente explorar otras opciones para la depuración del agua. Al respecto en Oklahoma en Estados Unidos se realizó un experimento consistente en un sistema de seis lagunas en serie con agua residual, donde en la tercera o cuarta laguna se añadían peces gato, y en la quinta o sexta peces ciprinos, el tiempo de retención fue de 70 días donde los resultados en la depuración de la calidad del agua fueron muy significativos ya que hubo una reducción de más de un 90% en la DBO y los sólidos suspendidos, de 80% en el

nitrógeno total y la turbiedad, del 70% en fósforo total y en más de un 95% de coliformes totales, además de que los peces fueron muestreados intensivamente para controlar la contaminación bacteriana, pero no se encontró ningún tipo de patógeno en ellos. Para el caso del vaso de la presa Valle de Bravo las especies acuáticas que podrían ser utilizadas son las del lugar tales como: trucha arcoíris, tilapia, carpa, mojarra, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Cesar Valdez Enrique, Vázquez González Alba B, 1994. *Apuntes de Impacto Ambiental*, UNAM, Facultad de Ingeniería, México.
- ❖ .Tebbutt T. H. Y., 1996. *Fundamentos de Control de Calidad del Agua*, Limusa, México.
- ❖ INEGI. 2009. *Anuario Estadístico de México, Tomo I*.
- ❖ Romero Álvarez Humberto, Jesús García Ollervides, 1998. *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental en Presas*. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia del Consultivo Técnico, México.
- ❖ Metcalf& Eddy, 1985. *Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evaluación y Reutilización de Aguas Residuales*, Labor, S. A., Barcelona.
- ❖ Kiely Gerard, *Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión*. Mc Graw Hill.
- ❖ NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- ❖ Rodiles Amaro Fabiola, 2001. *Metodología para el Estudio Sanitario Ambiental de Presas, Caso: "presa el Centenario", Qro*. Tesis de licenciatura, UNAM. Facultad de Ingeniería.

Bibliografía digital.

- ❖ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005. Descripción del Medio Natural de la cuenca de Valle de Bravo. Consultado en octubre de 2010.
- ❖ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2006. Descripción del Medio social de la cuenca de Valle de Bravo. Consultado en octubre de 2010.
- ❖ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2006. Diagnostico de la cuenca de Valle de Bravo. Consultado en octubre de 2010.

- ❖ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Caso Valle de Bravo. Consultado en agosto de 2010. Consultado en noviembre de 2010.
- ❖ CONAGUA, Organismo del Agua del Estado de México. Comisión de cuenca Valle de Bravo – Amanalco. Consultado en febrero de 2011.
- ❖ Consejo Nacional de Población, México en cifras. Consultado en diciembre de 2010.
- ❖ SAGARPA. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en marzo de 2010.
- ❖ Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades, Dirección General de Epidemiología. Boletines epidemiológicos. Consultado en abril de 2010.
- ❖ Consejo Nacional de Población. Índices de Marginación. Consultado en febrero de 2011.
- ❖ Atlas Informático de la cuenca Valle de Bravo-Amanalco. Consultado en octubre de 2010.
- ❖ Instituto de Salud del Estado de México. Boletines. Consultado en febrero de 2011
- ❖ Gobierno del Estado de México, Secretaria de Finanzas. Bitácora Mexiquense del Bicentenario. Consultado en diciembre de 2010.
- ❖ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Información general del XII Censo General de Población y Vivienda, y Conteo de Población 2005. Consultado en diciembre de 2010.
- ❖ United States Department Of Agriculture. Agricultural Research Service. Consultado en septiembre de 2011.

ANEXO A

**Cálculo del ICA y calificación del nivel de contaminación
a cada una de las estaciones del embalse de la presa de
Valle de Bravo 2010**

ESTACIÓN 1	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.44	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	28.44		1	28.45	Ligera purificación
TURBIEDAD	8.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	74.58		0.5	37.29	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	14.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	98.08		1	98.09	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	69.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.89		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	138.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	83.44		2	166.88	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.37	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.92	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.76	mg/l			Criterio General
I OD	84.15		5	420.80	Aceptable
		SUMA	10	801.51	ICA 80

ESTACIÓN 2	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.45	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	28.25		1	28.26	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.47		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	9.20	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	117.24		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	69.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.89		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	138.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	83.44		2	166.88	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.30	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.27	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.69	mg/l			Criterio General
I OD	83.92		5	419.61	Aceptable
		SUMA	10	799.99	ICA 80

ESTACIÓN 3	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.4	Unidades de pH			
I pH	29.22		1	29.23	
TURBIEDAD	7.1	Unidades técnicas JACK UTJ			
I t	76.19		0.5	38.10	Abastecimiento
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1.5	mg/l			Mayor necesidad de tratamiento
I SST	229.37		1	100.00	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	72	mg/l			Recreación
I SDT	107.84		0.5	50.00	Aceptable pero no recomendable
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	144	µmhos/cm			
I CE	82.1		2	164.21	Pesca y vida Acuática
NITRATOS (NO3)	0.4	mg/l			Dudoso para especies sensibles
I NO3	222.09		2	200.00	
NITROGENO AMONICAL (N-NH3)	0.06	mg/l			Industrial y agrícola
I N-NH3	120.21		2	200.00	Sin tratamiento para la industria
FOSFATOS TOTALES (PO4)	0.18	mg/l			
I PO4	75.29		2	200.00	Navegación
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.05	mg/l			Aceptable
TEMPERATURA (T)	23.79	°C			
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.45	mg/l			Transporte de desechos tratados
I OD	83.41		5	417.09	Aceptable
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	32	mg/l			
I DBO	11.64		5	58.24	Criterio General
COLIFORMES TOTALES	24	NMP/100 ml			Poco contaminado
I CT	41.33		3	124.01	
COLIFORMES FECALES	150	NMP/100 ml			
I CF	16.32		4	65.28	
		SUMA	28.00	1646.16	ICA 59

ESTACIÓN 4	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.48	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	27.69		1	27.69	Mayor necesidad de tratamiento
TURBIEDAD	8.20	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	74.26		0.5	37.13	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	6.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	134.87		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	72.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.84		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	143.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	82.32		2	164.65	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.12	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	23.02	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.57	mg/l			Criterio General
I OD	83.03		5	415.16	Aceptable
SUMA			10	794.63	ICA 79

ESTACIÓN 5	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.49	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	27.50		1	27.51	Mayor necesidad de tratamiento
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.47		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	36.50	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	70.41		1	70.41	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	73.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.82		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	145.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	81.89		2	163.78	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.36	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.69	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.79	mg/l			Criterio General
I OD	83.67		5	418.36	Aceptable
SUMA			10	765.30	ICA 77

ESTACIÓN 6	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.36	Unidades de pH			
I pH	30.02		1	30.03	
TURBIEDAD	11	Unidades técnicas JACK UTJ			Abastecimiento
I t	70.47		0.5	35.24	Mayor necesidad de tratamiento
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1008.7	mg/l			
I SST	20.62		1	20.62	Recreación
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	76	mg/l			Acceptable pero no recomendable
I SDT	107.77		0.5	50.00	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	151	µmhos/cm			Pesca y vida Acuática
I CE	80.64		2	161.28	Dudoso para especies sensibles
NITRATOS (NO3)	0.7	mg/l			
I NO3	183.3		2	200.00	Industrial y agrícola
NITROGENO AMONIACAL (N-NH3)	0.01	mg/l			Sin tratamiento para la industria
I N-NH3	222.26		2	200.00	
FOSFATOS TOTALES (PO4)	0.11	mg/l			Navegación
I PO4	94.44		2	200.00	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	6.55	mg/l			
TEMPERATURA (T)	22.42	°C			Transporte de desechos tratados
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.67	mg/l			Acceptable
I OD	75.51		5	377.59	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	50	mg/l			Criterio General
I DBO	8.62		5	43.13	Poco contaminado
COLIFORMES TOTALES	252	NMP/100 ml			
I CT	21.9		3	65.73	
COLIFORMES FECALES	828	NMP/100 ml			
I CF	10.28		4	41.16	
		SUMA	28.00	1424.77	ICA 51

ESTACIÓN 7	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.46	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	28.06		1	28.07	Mayor necesidad de tratamiento
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.47		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	410.20	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	28.76		1	28.77	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	71.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.85		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	141.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	82.76		2	165.53	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.33	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.99	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.74	mg/l			Criterio General
I OD	83.81		5	419.08	Aceptable
SUMA			10	726.68	ICA 73

ESTACIÓN 8	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.51	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	27.13		1	27.14	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	0.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	277.09		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	69.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.89		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	139.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	83.21		2	166.43	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.73	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.58	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Criterio General
I OD	89.39		5	446.97	Aceptable
SUMA			10	825.78	ICA 83

ESTACIÓN 9	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.41	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	29.03		1	29.03	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	6.40	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	134.09		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	72.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.84		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	144.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	82.11		2	164.21	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.61	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.59	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Criterio General
I OD	88.02		5	440.12	Aceptable
SUMA			10	818.60	ICA 82

ESTACIÓN 10	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.57	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	26.06		1	26.06	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	118.69		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	73.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.82		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	146.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	81.68		2	163.36	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.69	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.55	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Criterio General
I OD	88.88		5	444.41	Aceptable
SUMA			10	819.06	ICA 82

ESTACIÓN 12	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.48	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	27.69		1	27.69	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5.50	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	141.83		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	61.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	108.03		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	121.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	87.70		2	175.41	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.67	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.13	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.72	mg/l			Criterio General
I OD	87.94		5	439.70	Acceptable
SUMA			10	828.04	ICA 83

ESTACIÓN 13	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.49	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	27.51		1	27.51	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	118.69		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	67.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.93		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	134.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	84.38		2	168.75	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.69	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.28	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.70	mg/l			Criterio General
I OD	88.42		5	442.12	Acceptable
SUMA			10	823.61	ICA 82

ESTACIÓN 14	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.53	Unidades de pH			Abastecimiento
I pH	26.77		1	26.77	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	6.70				Pesca y vida Acuática
I SST	131.84		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	71.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.86		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	142.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	82.54		2	165.08	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.88	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.91	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.75	mg/l			Criterio General
I OD	89.97		5	449.83	Aceptable
SUMA			10	826.93	ICA 83

ESTACIÓN 15	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.53				Abastecimiento
I pH	26.77		1	26.77	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	4.40	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	154.04		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	72.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.84		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	144.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	82.11		2	164.21	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.70	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.92	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.76	mg/l			Criterio General
I OD	87.93		5	439.64	Aceptable
SUMA			10	815.86	ICA 82

ESTACIÓN 16	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.52				Abastecimiento
I pH	26.96		1	26.96	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1.50	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	229.37		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	72.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.84		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	145.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	81.89		2	163.78	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.67	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.88	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.76	mg/l			Criterio General
I OD	87.52		5	437.59	Aceptable
		SUMA	10	813.56	ICA 81

ESTACIÓN 18	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.51				Abastecimiento
I pH	27.14		1	27.14	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	4.60	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	151.52		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	74.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.81		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	148.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	81.26		2	162.52	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.73	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.37	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.68	mg/l			Criterio General
I OD	89.04		5	445.18	Aceptable
		SUMA	10	820.08	ICA 82

ESTACIÓN 19	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.54				Abastecimiento
I pH	26.59		1	26.59	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5.60	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	140.89		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	75.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.79		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	150.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.85		2	161.69	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.75	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.27	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.70	mg/l			Criterio General
I OD	89.10		5	445.48	Acceptable
SUMA			10	818.46	ICA 82

ESTACIÓN 21	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.53				Abastecimiento
I pH	26.77		1	26.77	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	10.50	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	111.65		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	75.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.79		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	150.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.85		2	161.69	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.82	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.68	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.63	mg/l			Criterio General
I OD	90.61		5	453.04	Acceptable
SUMA			10	826.20	ICA 83

ESTACIÓN 22	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.49				Abastecimiento
I pH	27.51		1	27.51	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	9.20	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	117.25		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	76.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.77		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	152.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.44		2	160.88	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.58	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.35	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.69	mg/l			Criterio General
I OD	87.28		5	436.38	Acceptable
SUMA			10	809.46	ICA 81

ESTACIÓN 23	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.52				Abastecimiento
I pH	26.96		1	26.96	Mayor necesidad de tratamiento
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	791.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	22.56		1	22.56	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	78.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.74		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	155.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.85		2	159.69	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.76	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.47	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.67	mg/l			Criterio General
I OD	89.55		5	447.77	Acceptable
SUMA			10	741.67	ICA 74

ESTACIÓN 24	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.52				Abastecimiento
I pH	26.96		1	26.96	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	3.80	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	162.62		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	76.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.77		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	152.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.44		2	160.88	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.73	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.53	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.66	mg/l			Criterio General
I OD	89.31		5	446.55	Acceptable
		SUMA	10	819.08	ICA 82

ESTACIÓN 25	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.54				
I pH	26.59		1	26.59	
TURBIEDAD	11	Unidades técnicas JACK UTJ			Abastecimiento
I t	70.47		0.5	35.24	Mayor necesidad de tratamiento
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	12.5	mg/l			
I SST	104.67		1	100.00	Recreación
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	77	mg/l			Aceptable pero no recomendable
I SDT	107.75		0.5	50.00	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	155	µmhos/cm			Pesca y vida Acuática
I CE	79.84		2	159.69	Dudoso para especies sensibles
NITRATOS (NO3)	0.4	mg/l			
I NO3	222.09		2	200.00	Industrial y agrícola
NITROGENO AMONIACAL (N-NH3)	0.01	mg/l			Sin tratamiento para la industria
I N-NH3	222.26		2	200.00	
FOSFATOS TOTALES (PO4)	0.9	mg/l			Navegación
I PO4	35.91		2	200.00	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.96	mg/l			
TEMPERATURA (T)	22.53	°C			Transporte de desechos tratados
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Aceptable
I OD	91.96		5	459.83	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	30	mg/l			Criterio General
I DBO	12.16		5	60.82	Poco contaminado
COLIFORMES TOTALES	1212	NMP/100 ml			
I CT	14.33		3	43.01	
COLIFORMES FECALES	538	NMP/100 ml			
I CF	11.56		4	46.24	
		SUMA	28.00	1581.43	ICA 56

ESTACIÓN 26	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.56				Abastecimiento
I pH	26.24		1	26.24	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	11.40	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	108.30		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	78.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.74		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	156.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.65		2	159.31	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.84	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.44	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.67	mg/l			Criterio General
I OD	90.42		5	452.12	Aceptable
SUMA			10	822.90	ICA 82

ESTACIÓN 27	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.56				Abastecimiento
I pH	26.24		1	26.24	Mayor necesidad de tratamiento
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	45.60	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	64.85		1	64.85	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	75.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.79		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	150.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.85		2	161.69	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.78	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.18	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.71	mg/l			Criterio General
I OD	89.29		5	446.43	Aceptable
SUMA			10	784.45	ICA 78

ESTACIÓN 28	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.56				Abastecimiento
I pH	26.24		1	26.24	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	6.20	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	135.68		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	75.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.79		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	151.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.64		2	161.28	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.85	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.93	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.76	mg/l			Criterio General
I OD	89.66		5	448.29	Aceptable
SUMA			10	821.05	ICA 82

ESTACIÓN 29	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.56				Abastecimiento
I pH	26.24		1	26.24	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	210.16		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	75.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.79		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	150.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	80.85		2	161.69	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.61	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.49	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.83	mg/l			Criterio General
I OD	86.18		5	430.90	Aceptable
SUMA			10	804.07	ICA 80

ESTACIÓN 31	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN	
pH	9.55					
I pH	26.41		1	26.41		
TURBIEDAD	11	Unidades técnicas JACK UTJ			Abastecimiento	
I t	70.47		0.5	35.24	Mayor necesidad de tratamiento	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	6	mg/l				
I SST	137.33		1	100.00	Recreación	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	77	mg/l			Aceptable pero no recomendable	
I SDT	107.75		0.5	50.00		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	154	µmhos/cm			Pesca y vida Acuática	
I CE	80.04		2	160.09	Dudoso para especies sensibles	
NITRATOS (NO3)	0.5	mg/l				
I NO3	205.73		2	200.00	Industrial y agrícola	
NITROGENO AMONICAL (N-NH3)	0.06	mg/l			Sin tratamiento para la industria	
I N-NH3	120.21		2	200.00		
FOSFATOS TOTALES (PO4)	0.1	mg/l			Navegación	
I PO4	98.67		2	200.00	Aceptable	
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.58	mg/l				
TEMPERATURA (T)	21.53	°C			Transporte de desechos tratados	
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.82	mg/l			Aceptable	
I OD	85.9		5	429.54		
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	28	mg/l			Criterio General	
I DBO	12.74		5	63.71	Poco contaminado	
COLIFORMES TOTALES	170	NMP/100 ml				
I CT	24.36		3	73.10		
COLIFORMES FECALES	278	NMP/100 ml				
I CF	13.81		4	55.27		
SUMA			28.00	1593.35	ICA	57

ESTACIÓN 32	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.53				Abastecimiento
I pH	26.77		1	26.77	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	9.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	116.78		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	78.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.74		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	156.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.65		2	159.31	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.66	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.78	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.78	mg/l			Criterio General
I OD	87.23		5	436.17	Aceptable
SUMA			10	806.95	ICA 81

ESTACIÓN 33	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.58				Abastecimiento
I pH	25.89		1	25.89	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	9.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	116.78		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	79.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.72		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	157.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.46		2	158.92	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	8.10	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.82	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.77	mg/l			Criterio General
I OD	92.32		5	461.59	Aceptable
SUMA			10	831.09	ICA 83

ESTACIÓN 34	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.57				Abastecimiento
I pH	26.06		1	26.06	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	7.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	124.04		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	79.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.72		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	157.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.46		2	158.92	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	8.03	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	21.68	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.80	mg/l			Criterio General
I OD	91.27		5	456.36	Aceptable
SUMA			10	826.58	ICA 83

ESTACIÓN 35	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.52				Abastecimiento
I pH	26.96		1	26.96	Ligera purificación
TURBIEDAD	10.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	71.68		0.5	35.84	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8.40	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	121.26		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	78.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.74		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	156.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.65		2	159.31	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.50	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.37	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.68	mg/l			Criterio General
I OD	86.39		5	431.94	Aceptable
SUMA			10	804.04	ICA 80

ESTACIÓN 36	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.51				Abastecimiento
I pH	27.14		1	27.14	Ligera purificación
TURBIEDAD	10.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	71.68		0.5	35.84	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5.40	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	142.79		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	77.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.75		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	155.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.85		2	159.69	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.70	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.79	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.61	mg/l			Criterio General
I OD	89.40		5	447.02	Acceptable
SUMA			10	819.70	ICA 82

ESTACIÓN 37	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.48				Abastecimiento
I pH	27.69		1	27.69	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	16.50	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	94.46		1	94.46	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	81.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.68		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	161.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	78.71		2	157.41	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.70	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.55	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Criterio General
I OD	89.00		5	444.98	Acceptable
SUMA			10	809.78	ICA 81

ESTACIÓN 39	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.50				Abastecimiento
I pH	27.32		1	27.32	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	9.90	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	114.11		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	79.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.72		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	157.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.46		2	158.92	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.88	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.18	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.71	mg/l			Criterio General
I OD	90.43		5	452.17	Acceptable
SUMA			10	823.11	ICA 82

ESTACIÓN 40	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.45				Abastecimiento
I pH	28.26		1	28.26	Ligera purificación
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	9.10	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	117.72		1	100.00	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	79.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.72		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	158.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.27		2	158.54	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.43	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.54	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Criterio General
I OD	85.86		5	429.30	Acceptable
SUMA			10	800.79	ICA 80

ESTACIÓN 42	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN	
pH	9.49					
I pH	27.5		1	27.51		
TURBIEDAD	13	Unidades técnicas JACK UTJ				Abastecimiento
I t	68.41		0.5	34.21		Mayor necesidad de tratamiento
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	27.8	mg/l				
I SST	77.87		1	77.88		Recreación
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	80	mg/l				Aceptable pero no recomendable
I SDT	107.7		0.5	50.00		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	161	µmhos/cm				Pesca y vida Acuática
I CE	78.7		2	157.41		Dudoso para especies sensibles
NITRATOS (NO3)	0.6	mg/l				
I NO3	193.26		2	200.00		Industrial y agrícola
NITROGENO AMONIACAL (N-NH3)	0	mg/l				Sin tratamiento para la industria
I N-NH3	-		2	200.00		
FOSFATOS TOTALES (PO4)	0.09	mg/l				Navegación
I PO4	103.57		2	200.00		Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.87	mg/l				
TEMPERATURA (T)	22.93	°C				Transporte de desechos tratados
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.58	mg/l				Aceptable
I OD	91.62		5	458.11		
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	34	mg/l				Criterio General
I DBO	11.18		5	55.91		Poco contaminado
COLIFORMES TOTALES	886	NMP/100 ml				
I CT	15.6		3	46.81		
COLIFORMES FECALES	1564	NMP/100 ml				
I CF	8.66		4	34.67		
		SUMA	28.00	1542.49	ICA	55

ESTACIÓN 43	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.51				Abastecimiento
I pH	27.14		1	27.14	Mayor necesidad de tratamiento
TURBIEDAD	12.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	69.40		0.5	34.70	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	109.60	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	46.88		1	46.88	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	80.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.70		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	161.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	78.71		2	157.41	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	8.07	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	23.31	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.53	mg/l			Criterio General
I OD	94.63		5	473.14	Aceptable
		SUMA	10	789.27	ICA 79

ESTACIÓN 46	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN	
pH	9.49					
I pH	27.5		1	27.51		
TURBIEDAD	11	Unidades técnicas JACK UTJ				Abastecimiento
I t	70.47		0.5	35.24		Mayor necesidad de tratamiento
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	7.9	mg/l				
I SST	124.04		1	100.00		Recreación
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	80	mg/l				Aceptable pero no recomendable
I SDT	107.7		0.5	50.00		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	159	µmhos/cm				Pesca y vida Acuática
I CE	79.07		2	158.16		Dudoso para especies sensibles
NITRATOS (NO3)	0.6	mg/l				
I NO3	193.26		2	200.00		Industrial y agrícola
NITROGENO AMONICAL (N-NH3)	0.01	mg/l				Sin tratamiento para la industria
I N-NH3	222.26		2	200.00		
FOSFATOS TOTALES (PO4)	0.11	mg/l				Navegación
I PO4	94.44		2	200.00		Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.96	mg/l				
TEMPERATURA (T)	23.24	°C				Transporte de desechos tratados
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.53	mg/l				Aceptable
I OD	93.21		5	466.08		
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	36	mg/l				Criterio General
I DBO	10.75		5	53.80		Poco contaminado
COLIFORMES TOTALES	1566	NMP/100 ml				
I CT	13.37		3	40.14		
COLIFORMES FECALES	Incontable	NMP/100 ml				
I CF	0		4	0.00		
		SUMA	28.00	1530.92	ICA	55

ESTACIÓN 47	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.54				Abastecimiento
I pH	26.59		1	26.59	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	121.80		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	78.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.74		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	157.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.46		2	158.92	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.99	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.56	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.65	mg/l			Criterio General
I OD	92.37		5	461.83	Aceptable
SUMA			10	832.58	ICA 83

ESTACIÓN 48	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.52				Abastecimiento
I pH	26.96		1	26.96	Ligera purificación
TURBIEDAD	11.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	70.48		0.5	35.24	Aceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	7.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	127.72		1	100.00	Aceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	79.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.72		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	159.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.08		2	158.16	Aceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.84	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.35	°C			Aceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.69	mg/l			Criterio General
I OD	90.27		5	451.35	Aceptable
SUMA			10	821.70	ICA 82

ESTACIÓN 50	VALOR	UNIDADES	Wi	liWi	CALIFICACIÓN
pH	9.55				Abastecimiento
I pH	26.41		1	26.41	Ligera purificación
TURBIEDAD	10.00	Unidades técnicas JACK UTJ			Recreación
I t	71.68		0.5	35.84	Acceptable para cualquier deporte acuático
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	16.30	mg/l			Pesca y vida Acuática
I SST	94.88		1	94.88	Acceptable para todos los organismos
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	79.00	mg/l			Industrial y agrícola
I SDT	107.72		0.5	50.00	Ligera purificación
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	158.00	µmhos/cm			Navegación
I CE	79.27		2	158.54	Acceptable
OXIGENO DISUELTO (OD)	7.97	mg/l			Transporte de desechos tratados
TEMPERATURA (T)	22.62	°C			Acceptable
OXIGENO DISUELTO SATURADO (OD SAT)	8.64	mg/l			Criterio General
I OD	92.24		5	461.20	Acceptable
		SUMA	10	826.88	ICA 83