

4. CASO ESTUDIO: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL VASO DE LA PRESA VALLE DE BRAVO

4.1. Presa Valle de Bravo

El lago de Valle de Bravo es un lago artificial producto de la construcción de una presa en 1947 como parte del Sistema Hidroeléctrico "Miguel Alemán"; de ahí que también reciba el nombre de Presa Miguel Alemán o Presa Valle de Bravo. El sistema hidroeléctrico constaba de siete presas que generaban 458,775 kilowatts/hora, con cinco presas en el Estado de México y dos en Michoacán (véase Figura 4.1). Este sistema ya no está en operación, y las presas que lo conformaban ahora son parte del Sistema Hidráulico Cutzamala, que abastece de agua potable a la zona metropolitana de la Ciudad de México y Toluca y es manejado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El Sistema Cutzamala es el sistema hidráulico más importante del centro del país, brindando 5 mil 920 litros por segundo para el Estado de México y 9 mil 716 litros por segundo para el Distrito Federal, lo cual equivale al 40% del agua potable consumida en estas áreas metropolitanas ($15.6 \text{ m}^3/\text{seg}$ en total). La primera etapa del Sistema comenzó en 1982 con la integración de la Presa Villa Victoria y su segunda etapa en 1985 con la integración de la Presa Valle de Bravo. El agua del Sistema es llevada a la enorme Planta Potabilizadora Los Berros (cerca de Villa Victoria), en donde es potabilizada y después bombeada a Toluca y a la Ciudad de México, venciendo un desnivel de 1366 metros gracias a un costoso sistema de bombeo.

La Presa Valle de Bravo, al aportar el 38% del agua total del Sistema ($6 \text{ m}^3/\text{s}$), es la más grande y relevante del mismo; además, su belleza escénica ha permitido un desarrollo turístico muy relevante para la región (Figura 4.2 y 4.3).

Esquema del Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán

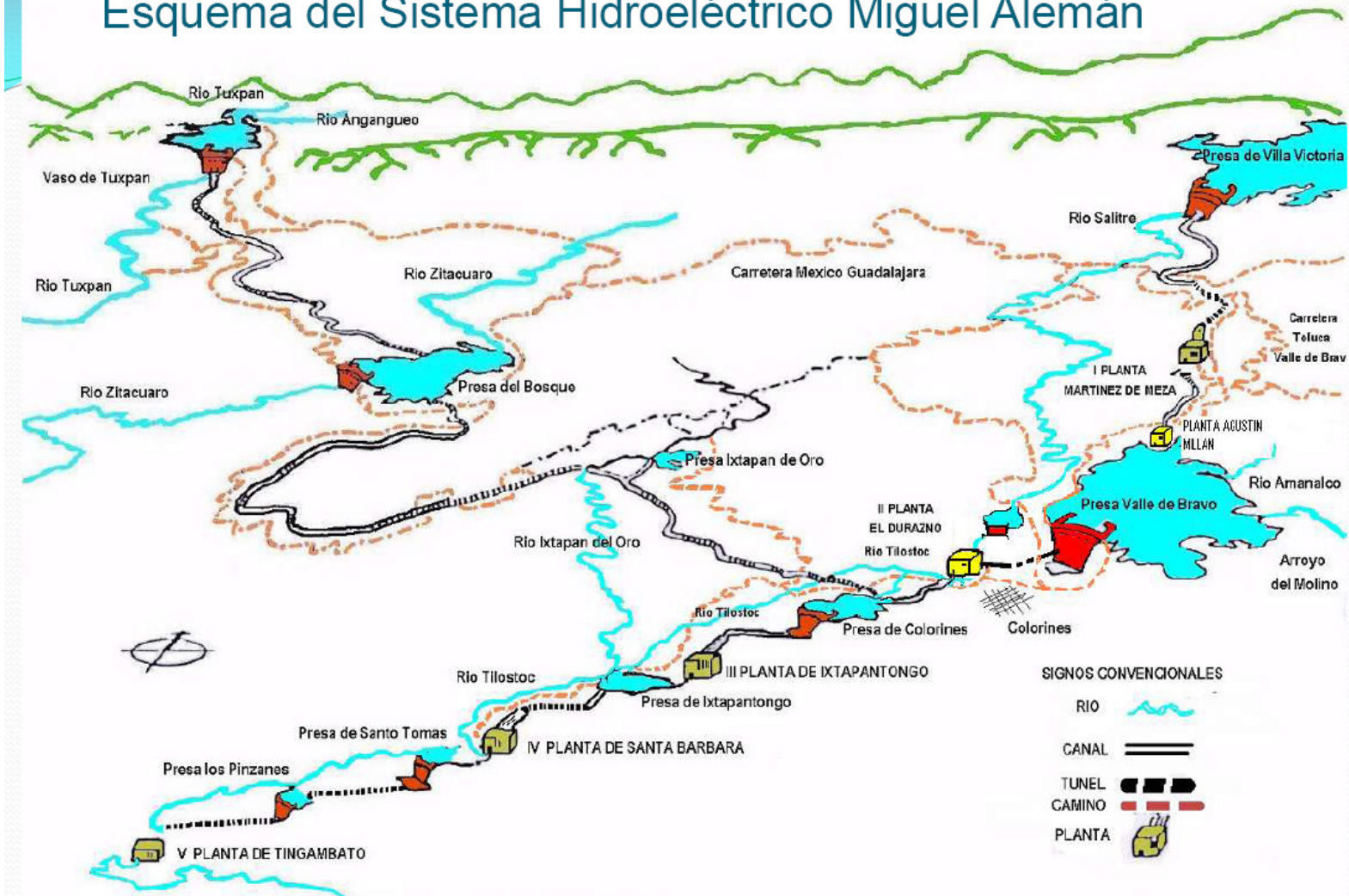


FIGURA 4.1 – SISTEMA HIDROELECTRICO “MIGUEL ALEMAN”

FUENTE: CONAGUA (SISTEMA CUTZAMALA), 2010

FIGURA 4.2 - SUBCUENCA VALLE DE BRAVO –AMANALCO
FUENTE: CONAGUA, SISTEMA CUTZAMALA, 2010

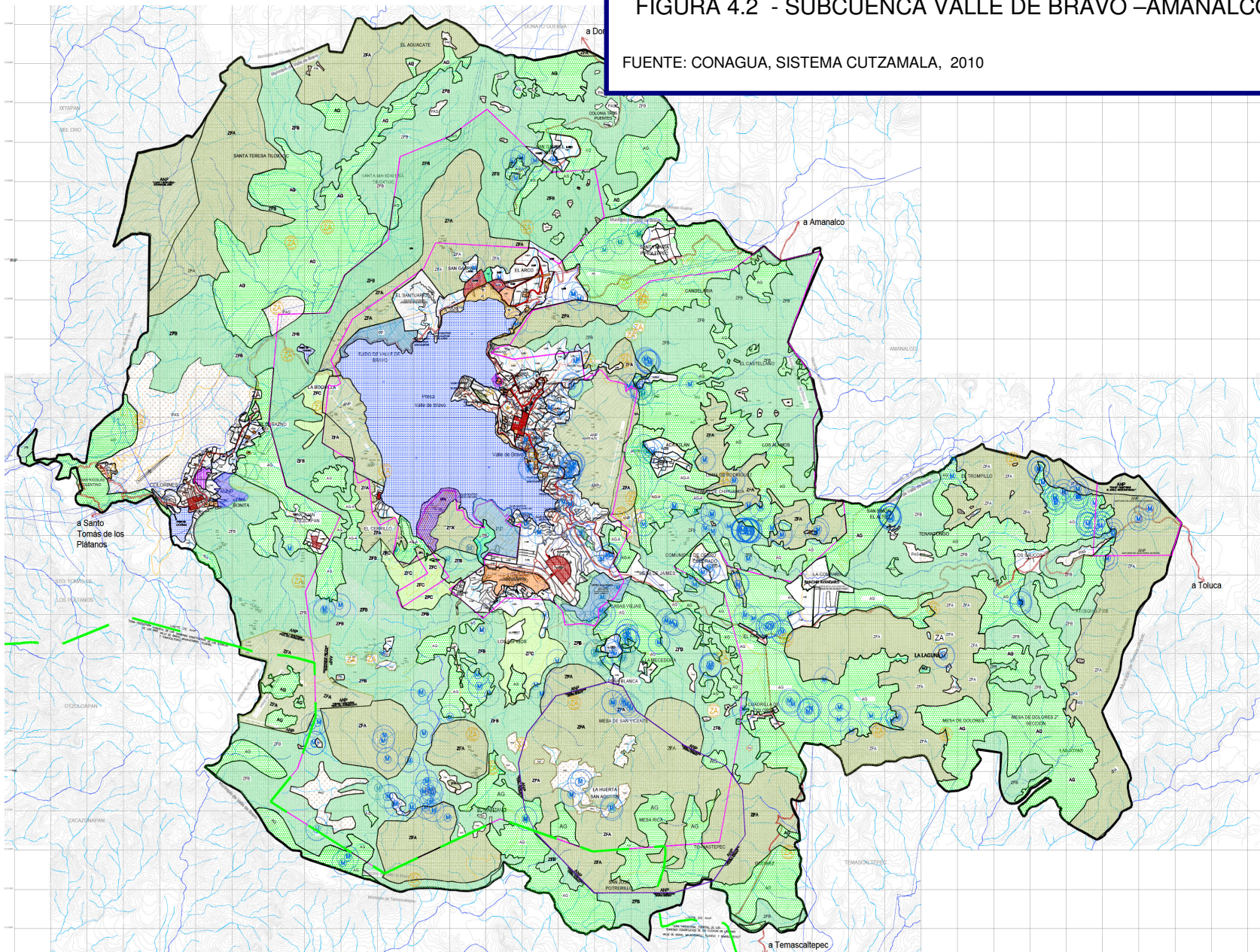
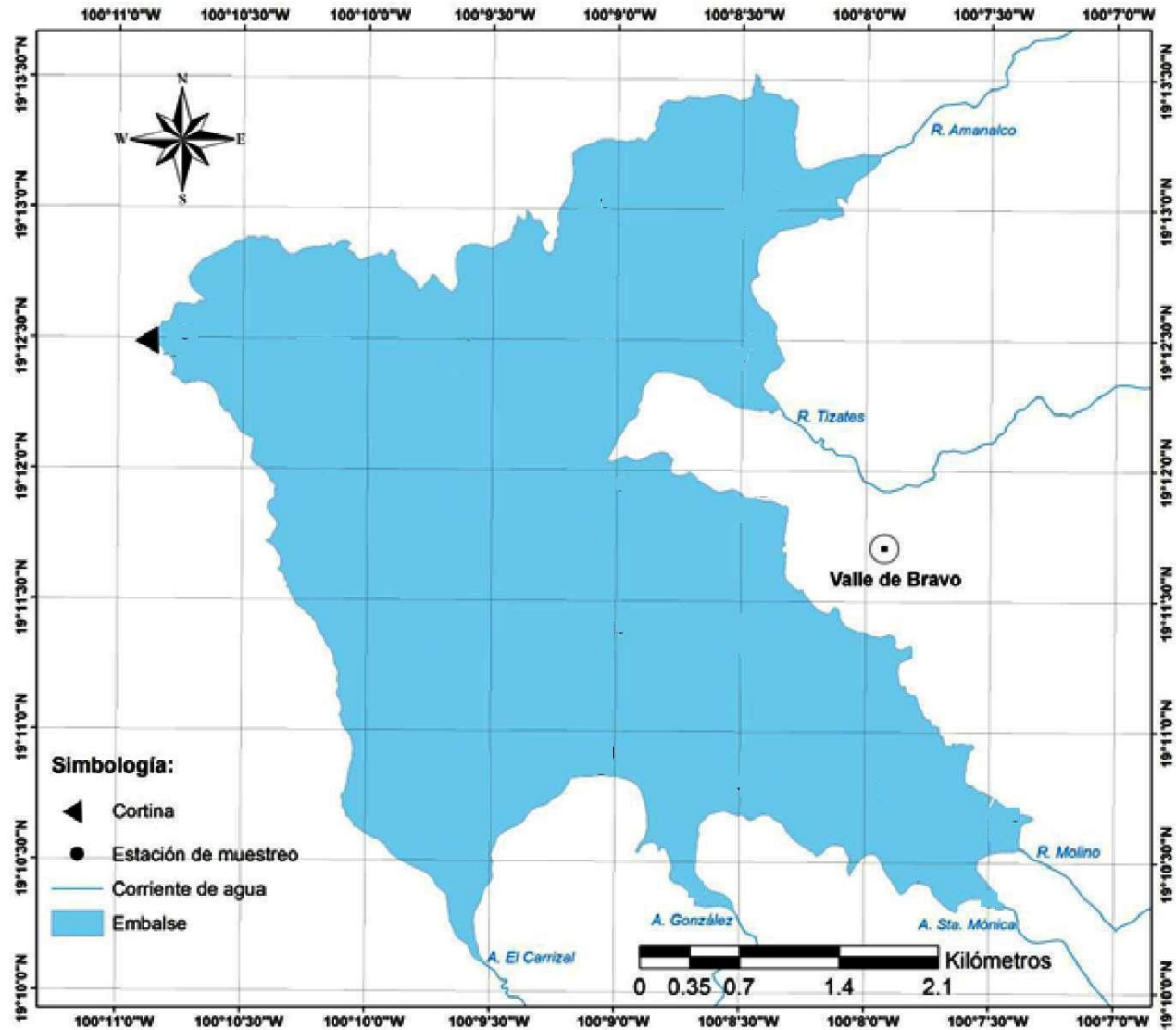


FIGURA 4.3 – UBICACIÓN DE LA PRESA VALLE DE BRAVO

FUENTE: CONAGUA, SISTEMA CUTZAMALA, 2010



La Presa Valle de Bravo tiene una capacidad de almacenamiento de 457 millones de metros cúbicos y abarca una superficie de 2,900 hectáreas. 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.

La presa Valle de Bravo recibe los aportes de los ríos Amanalco, Los Hoyos, San Diego, El Carrizal, Las Flores, La Yerbabuena, Subcuenca San Gaspar, Subcuenca Microondas, Subcuenca Ladera Oeste y AW Valle de Bravo. Siendo el más importante el río Amanalco, debido a su superficie. La presa ha disminuido la capacidad de almacenamiento en un 21% desde su construcción en 1947, debido al azolve producto de la erosión, el cual es acarreado por los ríos que desembocan en el embalse. La erosión es a su vez provocada por la deforestación y las prácticas agrícolas mal empleadas.

La pérdida de suelos en la cuenca muestra tasas de erosión de 44 toneladas por hectárea al año en el cultivo de maíz, esto es, casi 4 veces más arriba de la erosión permisible en un manejo ambiental sano, que es de 12 toneladas por hectárea anualmente.

El nivel de la presa fluctúa durante el año dependiendo de la precipitación y de la extracción realizada. Generalmente, aumenta de nivel a partir de septiembre (con la acumulación de escurrimientos de lluvia de las laderas y la disminución del nivel de extracción, que como se trato en la sección anterior es mayor de julio a septiembre); llega a su nivel más alto a finales de octubre y empieza a bajar en marzo, alcanzando su nivel más bajo en junio, que es cuando reinicia la época de lluvia. Por lo anterior, el lago se encuentra en niveles bajos durante el verano.

4.2. Sitios de muestreo

Como parte del proyecto de investigación “MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE LA PERCEPCIÓN REMOTA”, se llevó a cabo una campaña de muestreo en el vaso de la presa Valle de Bravo, durante octubre de 2010, con el objetivo de tener información actualizada sobre la calidad del agua.

Los sitios de muestreo fueron determinados a partir de un análisis digital de imágenes satelitales correspondientes a la zona del embalse.

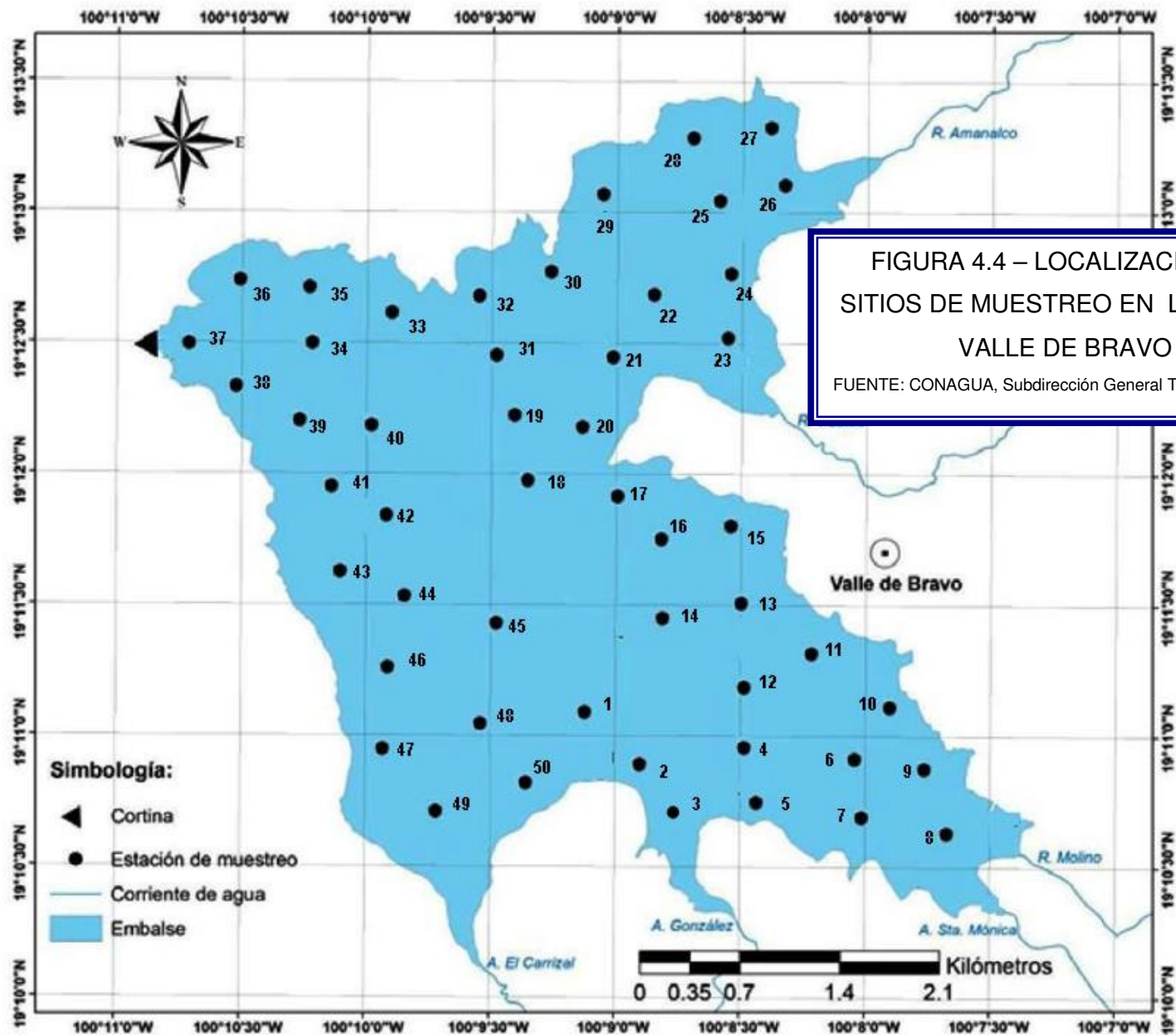
Los trabajos en campo consistieron en la obtención y preservación de muestras. La determinación de algunos parámetros fue *in situ*, otros fueron determinados el mismo día del muestreo con equipo de campo, el resto fueron determinados en laboratorio.

La determinación de los sitios de muestreo en el vaso de la presa Valle de Bravo fue mediante imágenes satelitales, las cuales se analizaron digitalmente agrupando los diferentes datos de la imagen en clases espectrales. Con base en el análisis espectral e incluyendo sitios de muestreo en todo el embalse, se definió la ubicación de 50 sitios.

La Tabla 4.1 presenta las coordenadas geográficas de los sitios de muestreo. Los renglones sombreados son estaciones donde se determinaron parámetros complementarios (Coliformes, DBO5, etc.). El muestreo en campo se realizó el 2 de Octubre de 2010. La Figura 4.4 muestra la localización de los sitios de muestreo.

**TABLA 4.1
COORDENADAS
DE LOS SITIOS DE
MUESTREO
(PRESA VALLE DE
BRAVO)**

Nº de Muestra	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1	19°11'13.9"N	100°08'07.4"O
2	19°10'47.4"N	100°07'43.7"O
3	19°10'36.0"N	100°07'58.2"O
4	19°10'41.8"N	100°08'12.9"O
5	19°10'59.5"N	100°08'09.4"O
6	19°11'00.0"N	100°08'37.7"O
7	19°10'50.9"N	100°08'48.3"O
8	19°10'58.9"N	100°09'00.2"O
9	19°10'47.2"N	100°09'29.4"O
10	19°10'30.1"N	100°09'37.2"O
11	19°10'34.8"N	100°09'45.2"O
12	19°11'03.2"N	100°09'23.4"O
13	19°11'10.7"N	100°09'41.3"O
14	19°11'37.2"N	100°09'22.0"O
15	19°11'27.0"N	100°09'37.3"O
16	19°11'31.3"N	100°10'00.3"O
17	19°11'51.3"N	100°09'59.8"O
18	19°11'41.5"N	100°09'41.8"O
19	19°11'57.9"N	100°09'35.7"O
20	19°12'02.0"N	100°09'27.5"O
21	19°12'14.2"N	100°09'44.5"O
22	19°12'08.8"N	100°09'53.0"O
23	19°12'06.3"N	100°10'13.4"O
24	19°12'18.3"N	100°10'28.1"O
25	19°12'36.9"N	100°10'27.1"O
26	19°12'20.4"N	100°10'06.9"O
27	19°12'35.8"N	100°10'05.6"O
28	19°12'44.3"N	100°10'00.9"O
29	19°12'35.8"N	100°09'45.0"O
30	19°12'29.4"N	100°09'32.6"O
31	19°12'43.1"N	100°09'25.1"O
32	19°12'44.1"N	100°09'07.7"O
33	19°12'42.7"N	100°08'49.3"O
34	19°13'11.9"N	100°08'58.8"O
35	19°13'02.4"N	100°08'44.9"O
36	19°13'13.7"N	100°08'30.7"O
37	19°13'06.3"N	100°08'25.7"O
38	19°12'53.8"N	100°08'36.3"O
39	19°12'39.5"N	100°08'31.6"O
40	19°12'25.3"N	100°08'32.3"O
41	19°12'27.9"N	100°09'00.2"O
42	19°12'12.4"N	100°09'01.0"O
44	19°11'53.0"N	100°09'10.5"O
45	19°11'39.5"N	100°09'04.8"O
47	19°11'33.1"N	100°08'46.5"O
49	19°11'34.1"N	100°08'23.4"O
50	19°11'18.1"N	100°08'28.6"O



4.3. Trabajos de campo y laboratorio

Los trabajos de campo consistieron en la toma de muestras simples de agua en envases limpios (1 litro) para la determinación de parámetros físico-químicos y toma de muestras en frascos winkler (estériles y declorados) para la determinación de análisis bacteriológico.

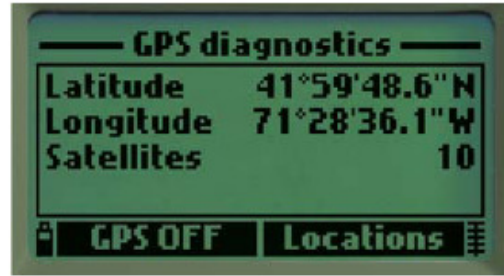
En cada punto de muestreo se tomó varias medidas in situ de parámetros físicos:

- ✓ pH,
- ✓ Temperatura,
- ✓ Conductividad Eléctrica,
- ✓ Oxígeno disuelto
- ✓ Sólidos disueltos totales
- ✓ Salinidad
- ✓ Presión atmosférica
- ✓ y la Turbiedad

Estas mediciones se realizaron utilizando equipo portátil:

- ✓ 1 medidor multiparamétrico con GPS HANNA HI 9828
- ✓ 1 disco de Secchi

El medidor multiparamétrico con GPS HANNA HI 9828 permitió la determinación de varios de los parámetros de calidad del agua y permitió el registro de las coordenadas geográficas del sitio donde fueron obtenidas las muestras. La Figura 4.5 muestra el medidor multiparamétrico con GPS.



Muestra la posición actual y el número de satélites.

Figura 4.5 Medidor multiparamétrico con GPS HI 9828

Las muestras colectadas fueron transportadas a la Ciudad de México preservando las muestras a baja temperatura y siguiendo las recomendaciones que se presentan en la Tabla 4.2

Los análisis microbiológicos de coliformes totales y fecales fueron realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingeniería con el método de Filtración con Membrana, que determina cuantitativamente la presencia/ausencia de las bacterias: Coliformes Totales y fecales

TABLA 4.2 - RESUMEN DE PARÁMETROS MUESTREADOS, SUS CARACTERÍSTICAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN Y TIEMPO DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO (mL)	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS
OXIGENO DISUELTO	-----	-----	ANALIZAR INMEDIATAMENTE	-----
TEMPERATURA DE AGUA	-----	-----	ANALIZAR INMEDIATAMENTE	-----
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	1000	PLÁSTICO	4° C	48 HRS
COLIFORMES FECALES Y TOTALES	150	BOLSA O FRASCO DE VIDRIO ESTERIL	PREVIAMENTE CON Na ₂ S ₂ O ₃ , 4° C	24 HRS
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	1000	PLÁSTICO	4° C	7 DÍAS
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	-----	-----	ANALIZAR INMEDIATAMENTE	-----
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	-----	-----	ANALIZAR INMEDIATAMENTE	-----

EN NEGRITAS - PARÁMETROS *IN SITU*
 Na₂S₂O₃ - TIOSULFATO DE SODIO AL 10%

El procedimiento para llevar a cabo la toma de muestras, para los análisis físico-químicos, fue el siguiente:

1.- Se enjuagaba el envase con el agua del vaso de la presa, para después tomar la muestra.

Para los análisis bacteriológicos, los frascos winkler no se enjuagaban ya que contenían tiosulfato de sodio como decolorante. Se metía el frasco bajo la superficie, teniendo cuidado especial en evitar que el agua que entraba al frasco tocara primero las manos de quien tomaba la muestra, ya que esto provocaría la contaminación de dicha muestra; una vez que se tenía aproximadamente al hombro del frasco, éste se tapaba. Cada muestra fue marcada con un número con el que se le podría identificar, el cual se registraba a su vez en la memoria del medidor multiparamétrico con GPS HANNA HI 9828, almacenando las coordenadas y la hora del muestreo, así como otros parámetros.

Las Figuras 4.6 y 4.7 muestran el procedimiento de toma de muestras simples y para análisis microbiológicos.



Figura 4.6. Recolección de muestras simples para análisis físico-químicos

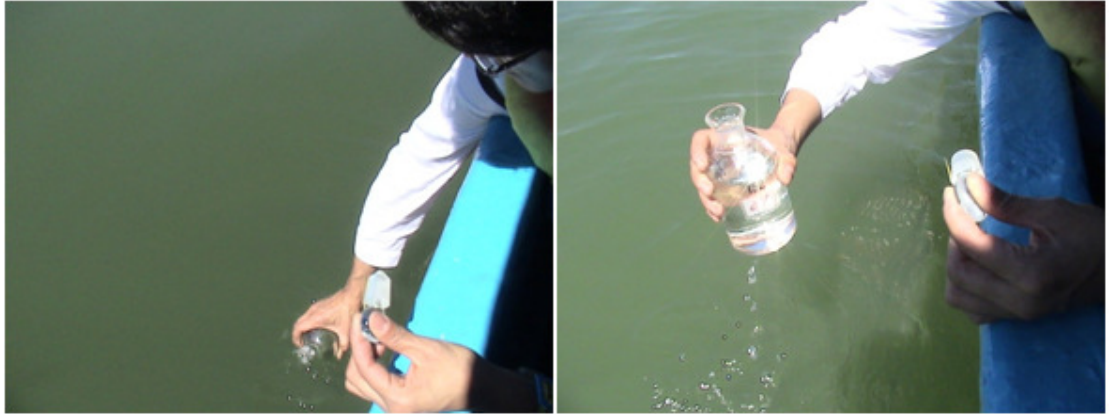


Figura 4.7 Obtención de muestras con el frasco Winkler

Para la preservación de las muestras tomadas fue necesario conservarlas en hielo hasta que fueron trasladadas al laboratorio al día siguiente, (previamente bien tapadas y etiquetadas).

Para las mediciones realizadas *in situ* con ayuda del medidor multiparamétrico con GPS HANNA HI 9828, fue necesario calibrarlo mediante la función *calibración rápida* la cual verifica el funcionamiento y la calibración de la sonda con una única solución de calibración (HI 9828-25).

Bastó con enroscar sobre la sonda el vaso de calibración lleno con la solución, seleccionar “Quick calibration” (CALIBRACION RÁPIDA) en el menú y pulsar OK. También se puede realizar una calibración individual usando múltiples puntos de calibración. El dispositivo se muestra en la Figura 4.8.

Para realizar las mediciones con el dispositivo bastó con conectar la sonda al medidor, fijar el capuchón protector a la sonda y sumergirla en el sitio en donde se tomó la muestra. Las lecturas de los parámetros se visualizaban en el medidor y fueron guardándose en el mismo para revisarlas posteriormente.

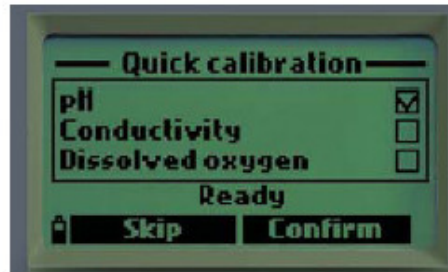
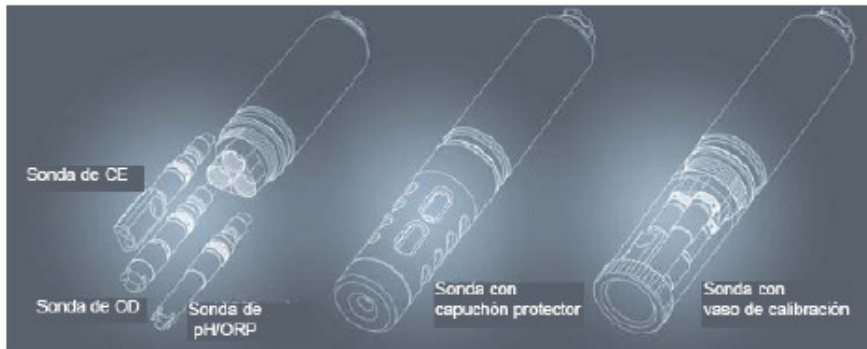
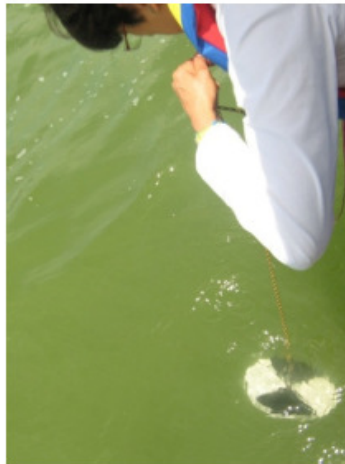


Figura 4.8. Calibración rápida preparada para uso en el campo

Medición de turbiedad en el campo

El disco de Secchi es un instrumento utilizado en la medición de la transparencia del agua. Se considera que esta es una medición integradora, puesto que la transparencia en un punto específico es un factor que depende de la condición del agua en términos de la cantidad o concentración de materia suspendida en la columna de agua. Esta materia puede estar constituida por partículas inorgánicas (minerales y sedimentos) o materia orgánica (microorganismos, algas, materia en descomposición). El disco es fácil de maniobrar y prácticamente cualquier persona puede tomar la lectura de profundidad de dicho instrumento.

FIG. 4.9.
Determinación de la turbiedad
mediante el disco de Secchi



Análisis de muestras en campo

Una vez concluido el muestreo en la presa Valle de Bravo el cual duro aproximadamente 7 horas se determinaron los siguientes parámetros:

- ✓ Fosfatos
- ✓ Nitrógeno amoniacal
- ✓ Nitratos

Estas mediciones se realizaron durante la noche del mismo día y la madrugada del día siguiente utilizando el Espectrofotómetro HACH DR 2800, este aparato tiene programas almacenados, que permiten realizar la medición de parámetros. Para cada medición se selecciona el programa y se sigue el procedimiento tal y como se indica en el manual; para realizar estas mediciones debe agregarse uno

o, en algunos casos, dos reactivos a la muestra, agitar y esperar un tiempo de reacción, limpiar las celdas e introducir las en el Espectrofotómetro HACH DR 2800, para la medición del parámetro correspondiente en mg/l.

La Figura 4.10 muestra el espectrofotómetro usado en campo.



Figura 4.10. Manejo y operación de espectrofotómetro HACH DR 2800

En laboratorio

El domingo 3 de Octubre del 2010 a partir de las 14:00 horas, iniciaron los trabajos en Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingeniería, iniciando con los análisis de los siguientes parámetros:

- ✓ coliformes totales y fecales,
- ✓ demanda bioquímica de oxígeno,
- ✓ sólidos suspendidos totales,
- ✓ y medición de turbiedad con el método nefelométrico

Determinación de coliformes totales y fecales

La determinación de microorganismos coliformes fecales y totales por el método de Filtración de Membrana (FM), se fundamenta en filtrar volúmenes específicos de la muestra a través de filtros de membrana (típicamente con poros de 0,45 μ m de diámetro) los cuales retienen los coliformes totales y otras clases de bacterias presentes en la muestra e incubación sobre medio de lactosa enriquecido y una temperatura de 35°.

Para evitar la contaminación por microorganismos aéreos se esteriliza el material (pinzas y elementos del sistema de filtración que vayan a entrar en contacto con el agua), así como durante todo el proceso de filtración, y el llenado de las placas de petri, por la cual se colocaron dos mecheros encendidos en la mesa en que se trabajó

Se realizaron dos diluciones diferentes (10 y 30 ml de muestra en 100 ml de agua de dilución estéril).

El procedimiento fue como a continuación se describe:

- ♣ Se colocó un filtro de membrana estéril sobre el soporte de filtración, utilizando pinzas estériles.
- ♣ Se adaptó el embudo.
- ♣ Se conectó el matraz a una bomba eléctrica de vacío.
- ♣ Se filtra 100 ml de muestra haciéndose pasar a través del filtro previamente homogeneizada, efectuando el vacío necesario.
- ♣ Mediante las pinzas esterilizadas, se transfirió la membrana filtrante sobre el medio de cultivo contenido en una placa de Petri, de modo que la superficie de filtración quede hacia arriba.
Previamente se añadió sobre un cojín absorbente el medio de cultivo ENDO, para coliformes totales, o el medio de cultivo MFC si se trataba de coliformes fecales.
- ♣ Se cerró e invirtió la placa e incubó a 35°C durante 24h.

Una vez transcurrido este tiempo la caja de petri se revisó para realizar el conteo de las colonias que se formaron.

Imágenes del procedimiento de filtro de membrana se muestran en las Figuras 4.11 y 4.12. Algunos de los resultados se muestran en la Figura 4.13.



Figura 4.11. Método de filtración con membrana

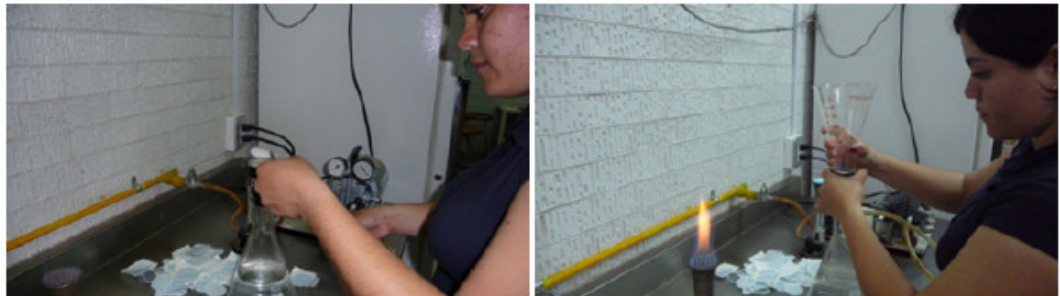
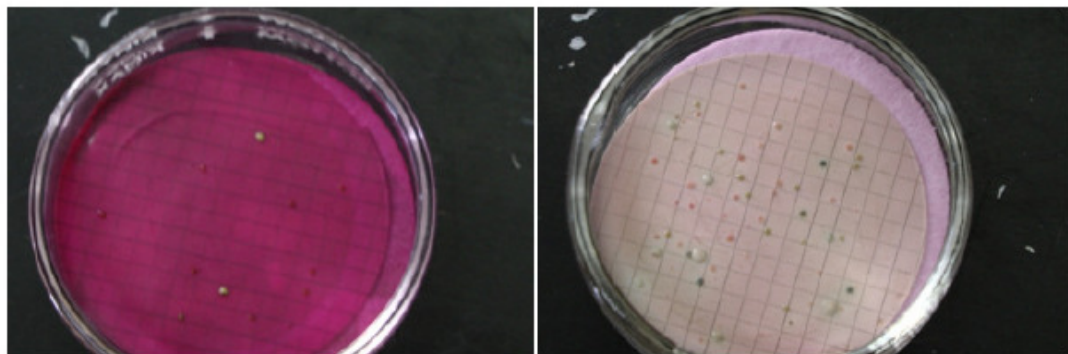


Figura 4.12. Filtrado de membranas mediante bomba de vacío usando el matraz Kitasato



Fecales

Totales

Figura 4.13 Resultados finales de coliformes fecales y totales

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días de incubación a 20 °C

$$DBO_5 \left[\frac{mg}{l} \right] = \frac{OD_{inicial} - OD_{final}}{\% \text{ de dilución}}$$

Para la determinación de este análisis se hicieron dos diluciones (5 y 10 %) para cada muestra.

- ♣ Se agregó 1 ml por 1 litro de agua, de cada una de las soluciones MgSO₄, CaCl₂, FeCl₃ y solución amortiguadora.
- ♣ Se saturó con oxígeno el agua de dilución

Dado que para la determinación de la DBO₅ es necesario conocer el oxígeno disuelto de la muestra, primero se fijó el oxígeno,

- ♣ Para fijar el oxígeno, se adicionó a la botella tipo Winkler que contiene la muestra (300 ml), 2 ml de sulfato manganoso.
- ♣ Se agregó 2 ml de la disolución alcalina de yoduro
- ♣ Se tapó la botella tipo Winkler, se agitó vigorosamente y se dejó sedimentar el precipitado.

Cuando el precipitado llegó al hombro de la botella, se mezcló nuevamente

- ♣ Se añadió 2 ml de ácido sulfúrico concentrado (véase Figura 4.14),

Se volvió a tapar y mezclar por inversión hasta completa disolución del precipitado.

- ♣ Se titula 200 ml de la muestra con la disolución estándar de tiosulfato de sodio 0,025 N agregando unas gotas de almidón

Se agitaba, hasta que la muestra regresó a su color original. Los mililitros de Sodio usados corresponden a la concentración de oxígeno disuelto inicial en mg/l de la muestra.

Después de 5 días de incubación a 20 °C de incubación se determinan el OD final en las diluciones de la muestras siendo necesario realizar el procedimiento antes descrito.

Las Figuras 4.15 y 4.16 muestran parte del procedimiento de la prueba.

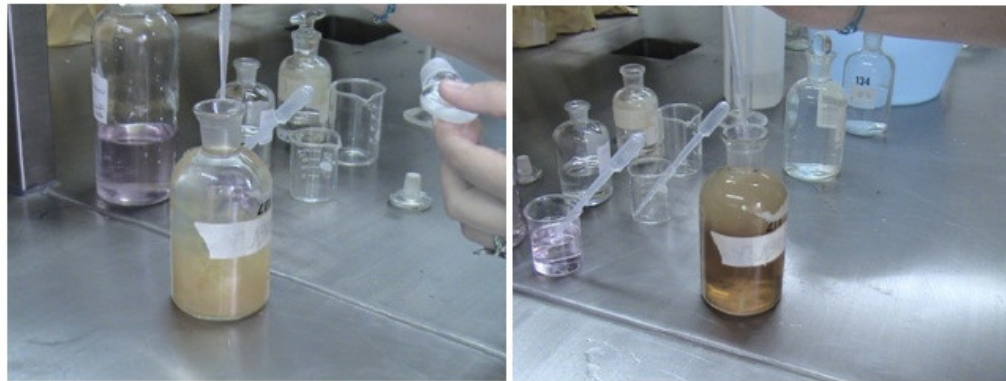


Figura 4.14. Aplicación de Acido Sulfúrico en el precipitado



Figura 4.15. Determinación de DBO5



Figura 4.16. Resultado final

Determinación de sólidos suspendidos totales (SST)

El principio de este método se basa en la medición cuantitativa de los sólidos y sales disueltas así como la cantidad de materia orgánica contenido en aguas naturales y residuales, mediante la evaporación y calcinación de la muestra filtrada, a temperaturas específicas, en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo del contenido de éstos.

El contenido de sólidos suspendidos totales se obtuvo de la siguiente forma:

$$SST \left[\frac{mg}{l} \right] = \frac{W_{SST} [mg] - W_{CG} [mg]}{V_m [l]}$$

Donde:

SST = Sólidos suspendidos totales

W_{SST} = Peso total del crisol Gooch con contenidos de sólidos suspendidos

W_{CG} = Peso del crisol Gooch

V_m = Volumen de la muestra

Para llevar a cabo la determinación de sólidos suspendidos totales se emplearon crisoles Gooch con filtro, que estaban a peso constante. El procedimiento fue el siguiente:

- ♣ Los crisoles se introducen a la mufla a una temperatura de 550°C ± 50°C, durante una hora.
- ♣ Después de este tiempo se transfirió a la estufa a 103°C - 105°C aproximadamente 30 min
- ♣ Se sacaron y se enfriaron a temperatura ambiente dentro de un desecador
- ♣ Se pesaron los crisoles y se repitió el ciclo hasta alcanzar el peso constante, el cual se obtiene hasta que no haya una variación en el peso. Registrar como W_{CG}.
- ♣ Se sacaron las muestras del sistema de refrigeración y se agitaron para asegurar la homogeneización de la muestra.
- ♣ Se midió con una probeta, un volumen de 100 ml de la muestra seleccionada (V_M)

- ♣ Se filtro la muestra a través del crisol Gooch preparado anteriormente aplicando vacío, dejando que el agua drenara totalmente en cada lavado.
- ♣ Se suspende el vacío y se seca el crisol en la estufa a una temperatura de 103°C a 105°C durante 1 hora aproximadamente.
- ♣ Se sacó el crisol y se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente y se determinó su peso registrado como peso W_{SST} .

Las Figuras 4.17, 4.18 y 4.19 muestran imágenes del procedimiento para la determinación de sólidos suspendidos.



Figura 4.17 Muestras colocadas en el desecador



Figura 4.18 Preparación de crisoles



Figura 4.19 Cálculo del peso total de sólidos suspendidos en la muestra

Determinación de la turbiedad

La determinación de la turbiedad se llevó a cabo en laboratorio empleando un nefelómetro Hach 2100 (Figura 4.20). El método nefelométrico se basa en la comparación de la intensidad de luz dispersada por la muestra, en condiciones definidas, y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez.

Este instrumento permite medir niveles de turbiedad en los rangos que van de: 0-0.2, 0 – 1, 0 – 10, 0 – 100 y 0 – 1000 UTN. Tiene cuatro patrones con los que se compara la muestra y esto permite seleccionar el patrón con el que se calibrará el instrumento.

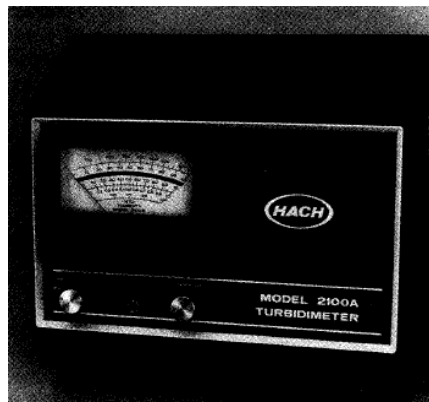


Figura 4.20. Turbidímetro de laboratorio

El funcionamiento básico del nefelómetro consiste en una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior, para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90' de la vía de luz incidente (Fig. 4.21)

La cantidad de luz recibida es proporcional a la turbiedad de la muestra.

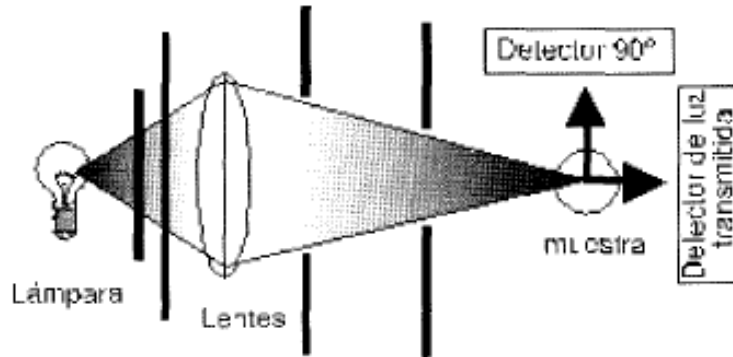


Figura 4.21 Estructura interna del Nefelómetro Hach 2100

Para la determinación de la turbiedad se encendió el tubo fotomultiplicador 30 minutos antes de usarlo para calentarlo. Mientras el aparato estaba apagado se ajustó al cero mecánico con el tornillo, se comparó el agua de muestra con los patrones que incluye el mismo aparato y se seleccionó el patrón con el que se calibró el aparato. Una vez que el aparato estaba calibrado se introdujo la celda que contenía el agua de la muestra a analizar, se tapó con el capuchón y se leyó en la escala correspondiente el valor de turbiedad en UTN, siempre teniendo cuidado de limpiar las celdas con una tela especial antes de introducir las muestras.

4.4. Trabajos de campo y laboratorio

El Tabla 4.3 y 4.4 presenta los resultados de calidad el agua obtenidos en los 47 sitios de muestreo.

TABLA 4.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO EN EL EMBALSE DE LA PRESA VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)

ID. Muestra	Temp	pH	OD	Conductividad	SDT	SST
	°C		[mg/l]	µS/cm	[mg/l]	[mg/l]
1	22.33	9.06	6.24	156	78	0
2	22.41	9.06	6.6	167	83	0
3	22.26	9.09	7.08	163	81	0
4	22.03	9.10	6.6	165	82	24
5	22.42	9.08	6.36	161	80	1
6	22.35	9.12	6	161	81	7
7	22.27	9.12	7.56	161	80	1
8	17.34	8.46	6.6	1	0	3
9	22.44	9.15	6.12	161	80	1
10	22.62	9.12	6.24	162	81	1
11	22.49	9.11	6.72	160	80	19
12	22.32	9.14	13.08	152	76	14
13	22.40	9.12	7.2	159	80	15
14	22.42	9.14	7.08	160	80	12
15	22.39	9.10	7.8	164	82	27
16	22.34	9.13	8.64	162	81	15
17	22.30	9.09	7.2	157	78	9
18	22.43	9.15	9.72	158	79	9
19	22.38	9.14	7.8	160	80	8
20	22.55	9.15	8.16	161	80	19
21	22.44	9.13	8.4	164	82	16
22	22.34	9.15	8.88	162	81	11
23	22.37	9.11	8.28	165	82	17
24	22.26	9.14	7.92	165	82	18
25	22.12	9.13	8.4	165	82	13
26	22.21	9.10	8.4	163	81	19
27	22.22	9.11	8.28	162	81	21
28	22.58	9.11	8.76	164	82	21
29	22.38	9.11	9	159	80	14
30	22.28	9.12	9.24	165	83	13
31	22.21	9.10	9	160	80	38
32	22.29	9.13	9.36	162	81	10
33	22.57	9.17	10.08	164	82	12
34	22.50	9.08	10.08	165	82	11
35	22.56	9.15	9.84	160	80	14
36	22.57	9.08	9.6	166	83	13
37	22.62	9.13	9.84	165	82	13
38	22.58	9.15	9.72	160	80	8
39	22.67	9.18	10.44	164	82	13
40	22.63	9.16	10.2	164	82	31
41	22.51	9.17	10.2	163	81	17
42	22.52	9.15	10.44	163	82	24
44	22.38	9.14	10.32	164	82	23
45	22.21	9.11	10.32	162	81	17
47	22.22	9.13	10.8	164	82	15
49	22.51	9.14	11.04	163	81	16
50	22.30	9.10	10.8	163	81	14

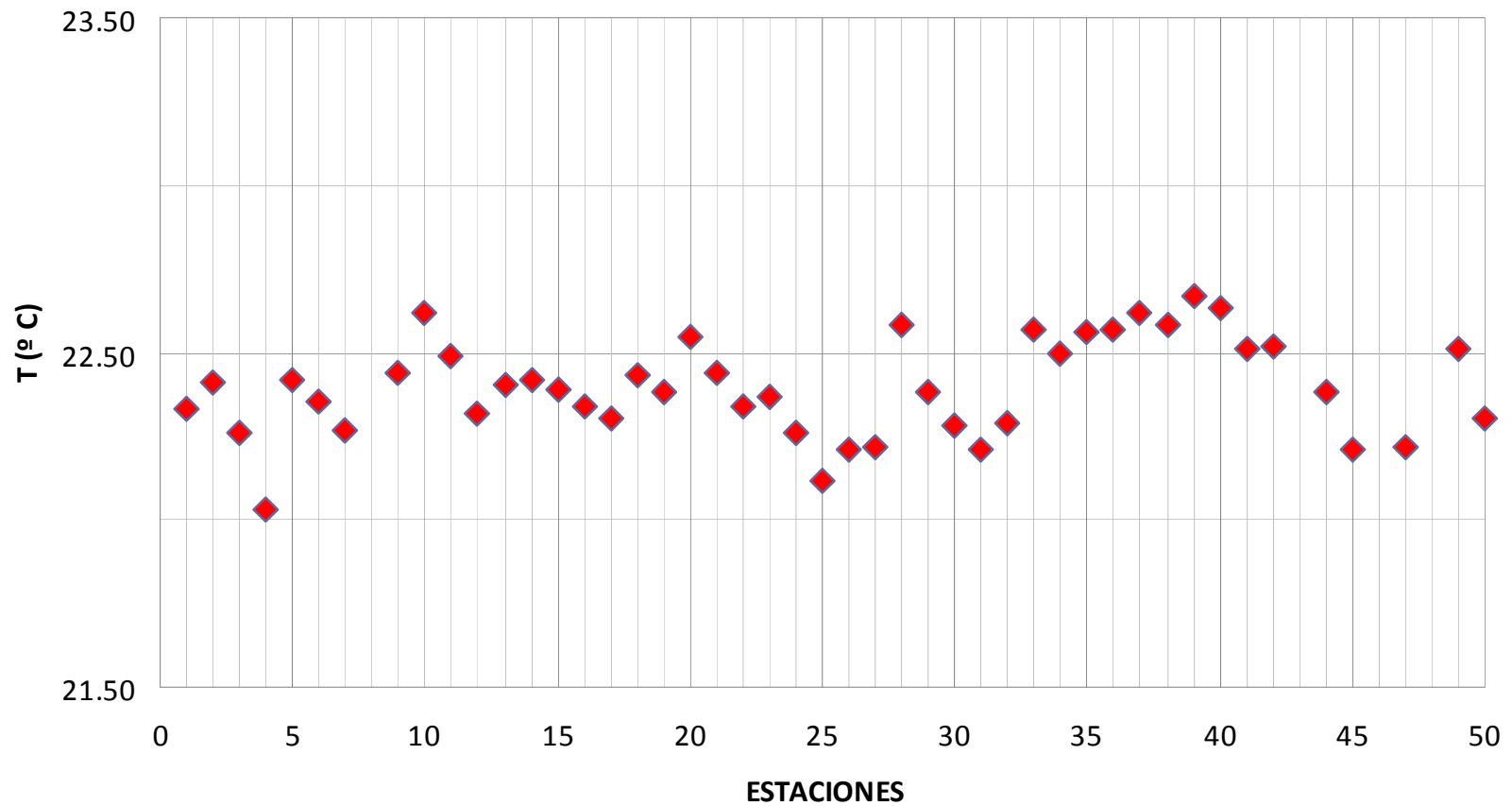
TABLA 4.4 PARAMETROS COMPLEMENTARIOS DEL ESTUDIO REALIZADO EN EL EMBALSE DE LA PRESA VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)

Estación	Coordenadas	DBO (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	CT (UFC)	CF (UFC)
3	19° 10 '41 "N - 100° 07 '58 " W	1	0.05	2.2	0.18	Incontable	Incontable
10	19° 10 '30 "N - 100° 09 '37 " W	7	0.01	3	0.12	Incontable	Incontable
25	19° 12 '03 "N - 100° 09 '27 " W	1.5	0	3.1	0.79	Incontable	Incontable
37	19° 12 '18 "N - 100° 10 '27 " W	2	0	3	0.14	Incontable	Incontable
40	19° 13 '06 "N - 100° 08 '26 " W	3	0.02	2.8	0.11	Incontable	Incontable
44	19° 12 '25 "N - 100° 08 '33 " W	10	0.02	3.2	0.14	Incontable	Incontable

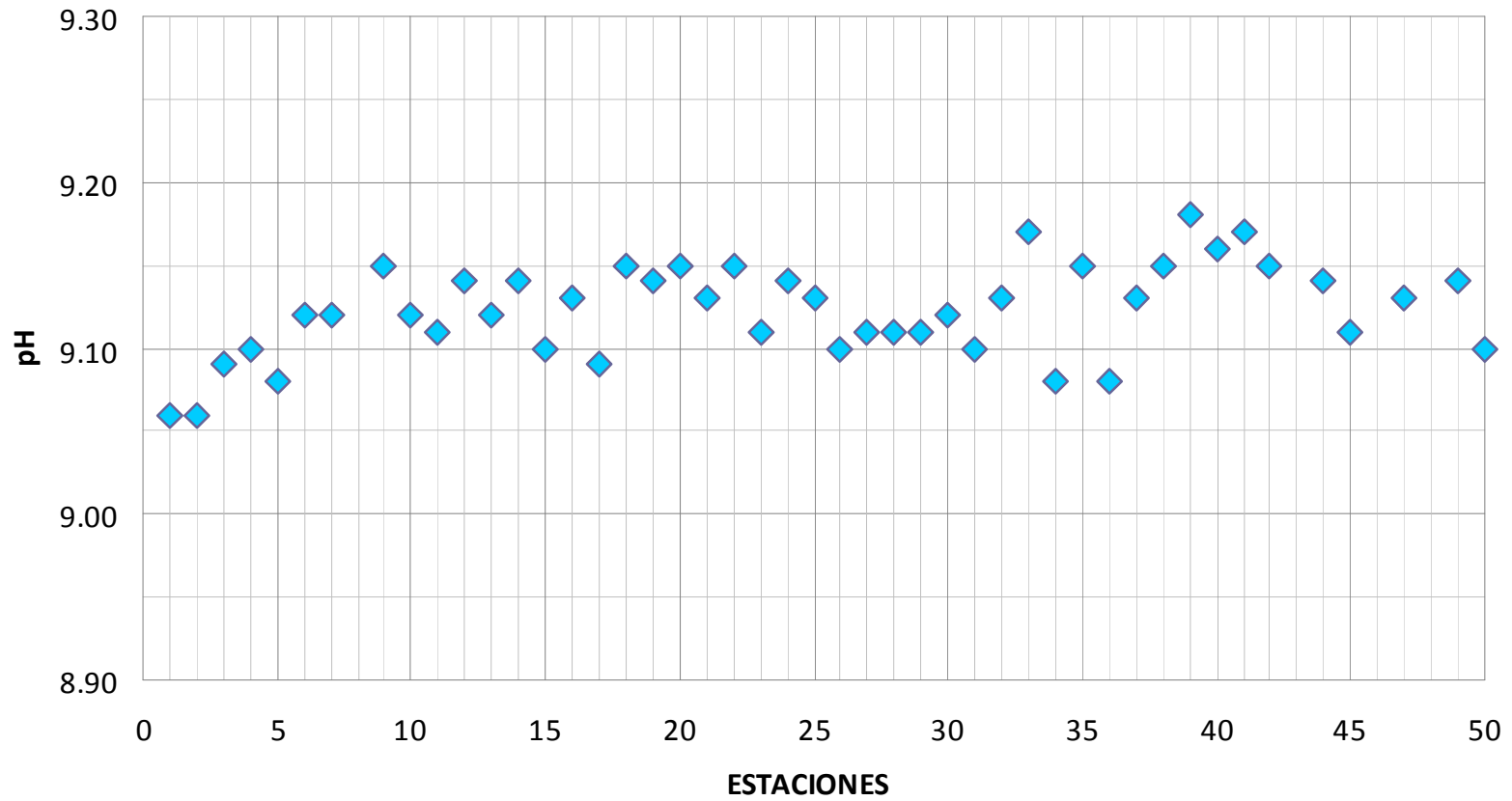
De los parámetros obtenidos in situ (temperatura, pH, turbiedad, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y conductividad) se obtuvieron gráficas que muestran el valor de la concentración en cada estación. La información procesada se presenta de manera puntual en las graficas 4.1 a 4.6.

Los coliformes fecales y totales, nitrógeno amoniacal, nitratos, fosfatos y 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 4.7 a 4.12 muestran la concentración de los parámetros medidos en las seis estaciones.

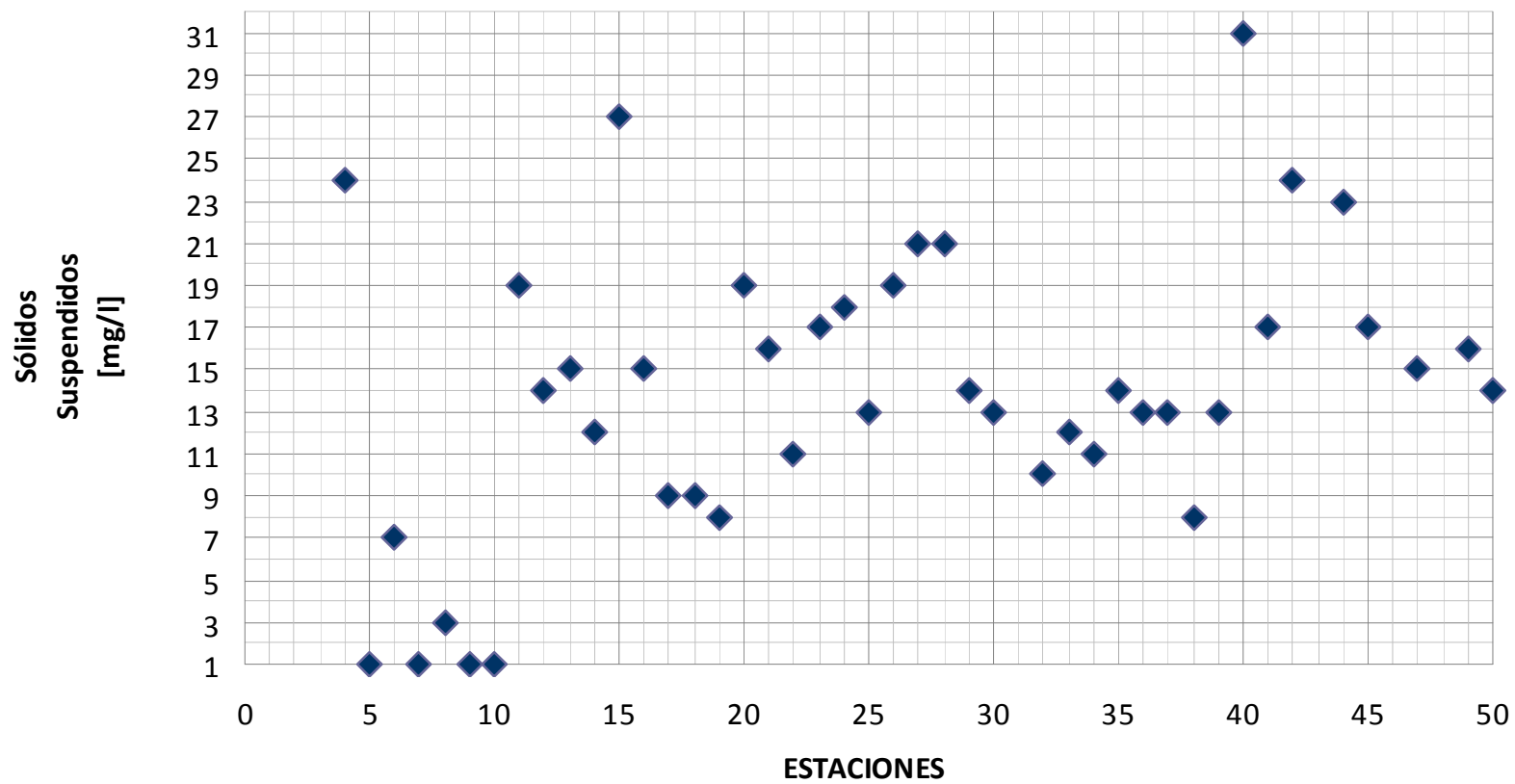
GRÁFICA 4.1 REPRESENTACIÓN PUNTUAL DE TEMPERATURA DEL AGUA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



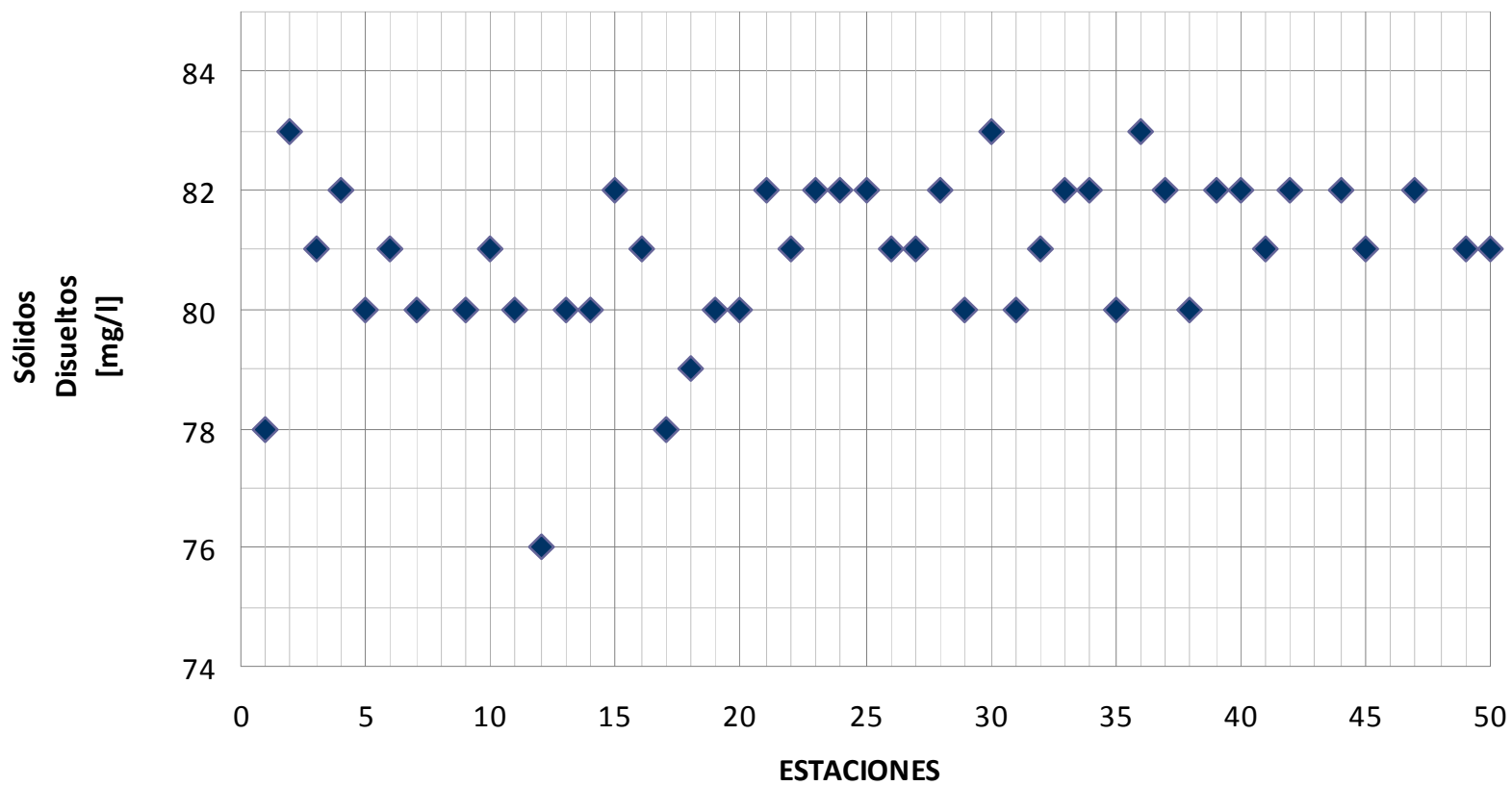
GRÁFICA 4.2 REPRESENTACIÓN PUNTUAL DE pH DEL AGUA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



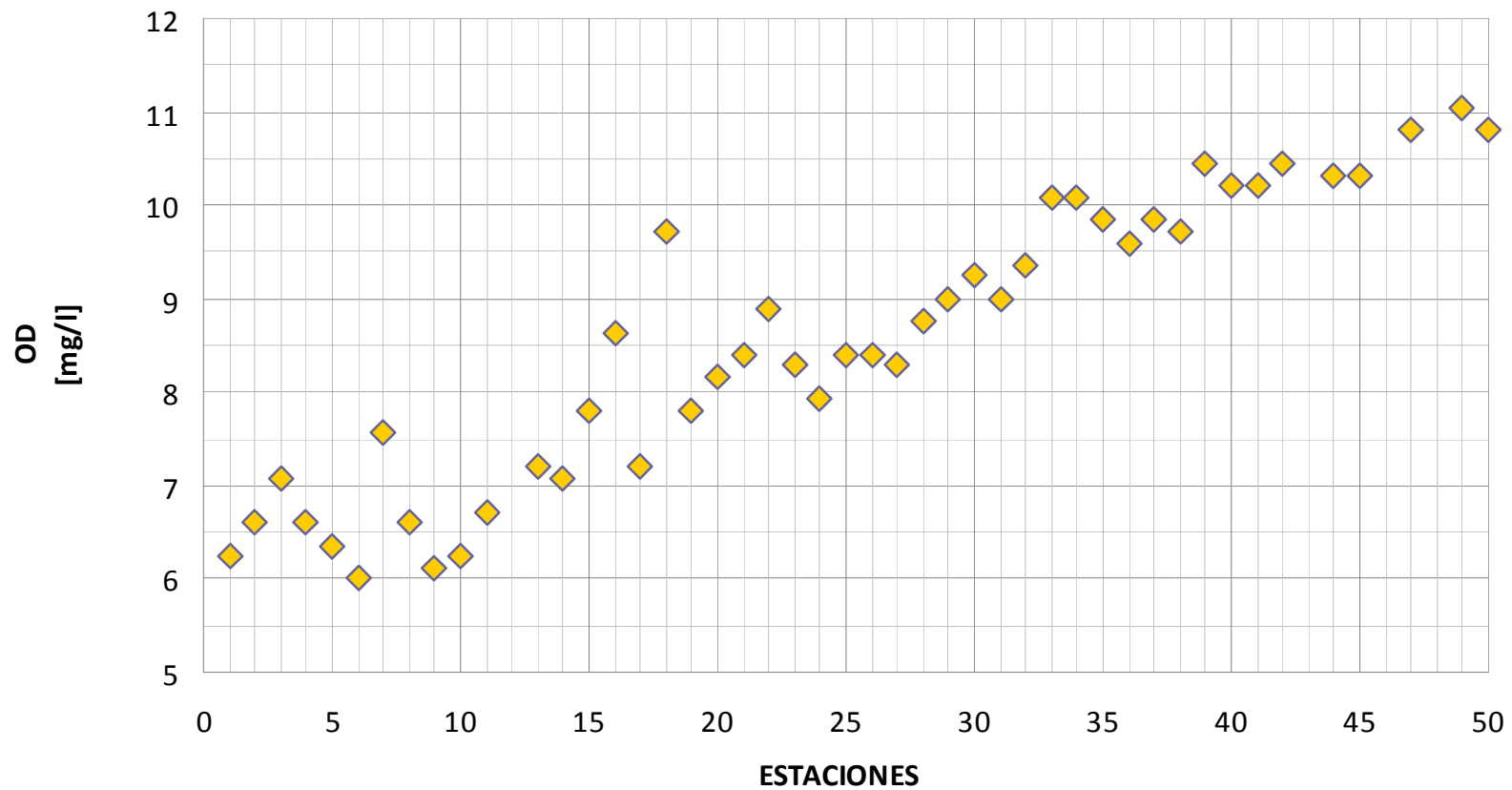
GRÁFICA 4.3 REPRESENTACIÓN PUNTUAL DE SST DEL AGUA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



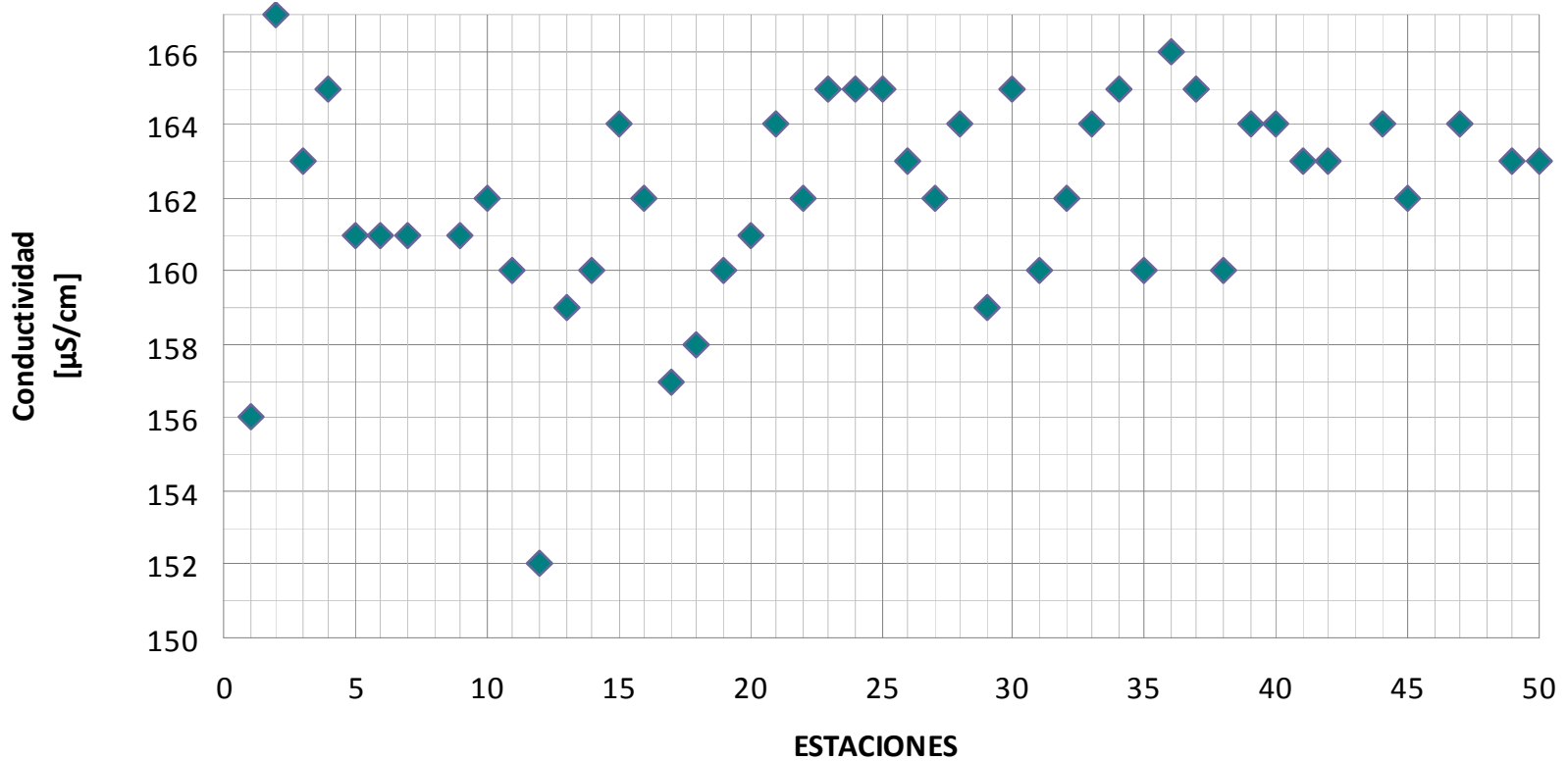
GRÁFICA 4.4 REPRESENTACIÓN PUNTUAL DE SDT DEL AGUA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



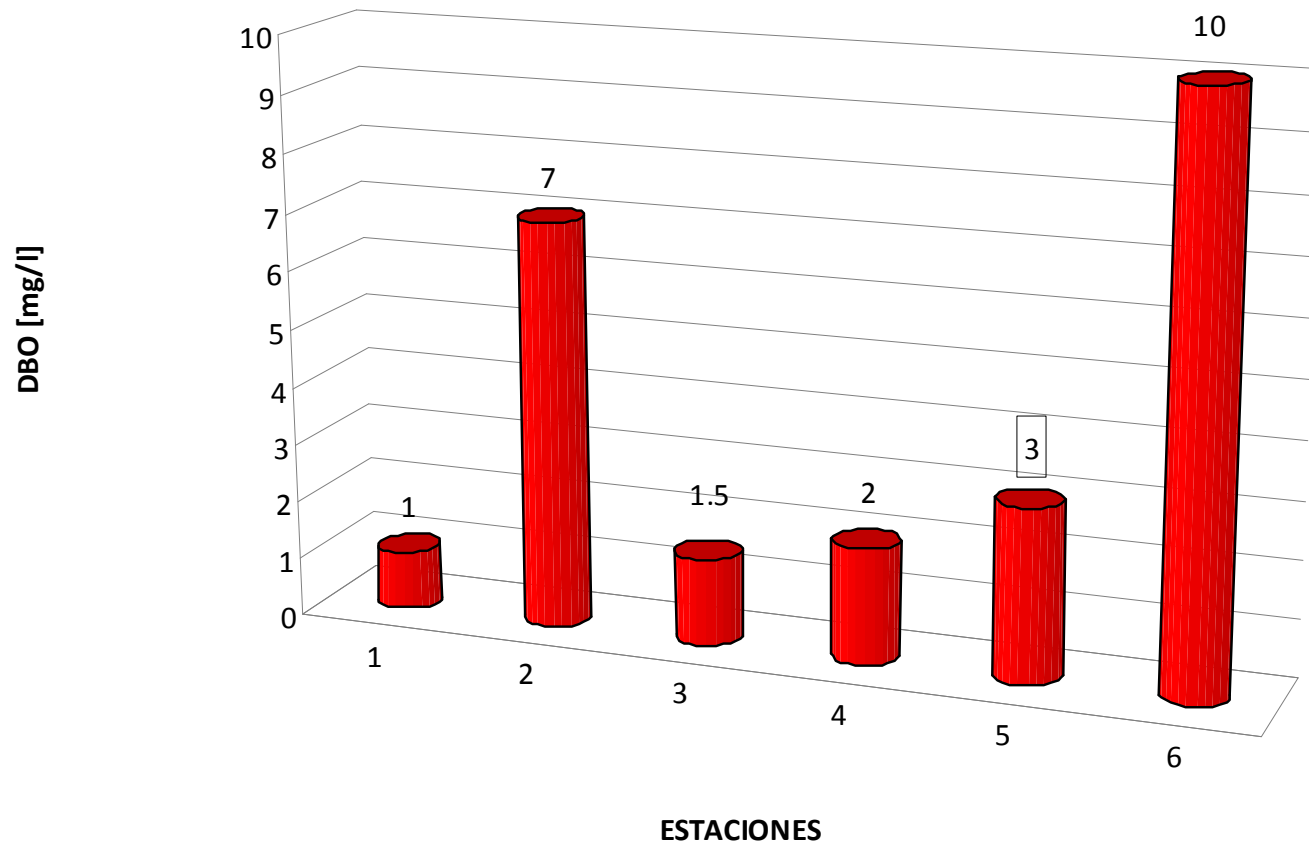
GRÁFICA 4.5 REPRESENTACIÓN PUNTUAL DE OXIGENO DISUELTO DEL AGUA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



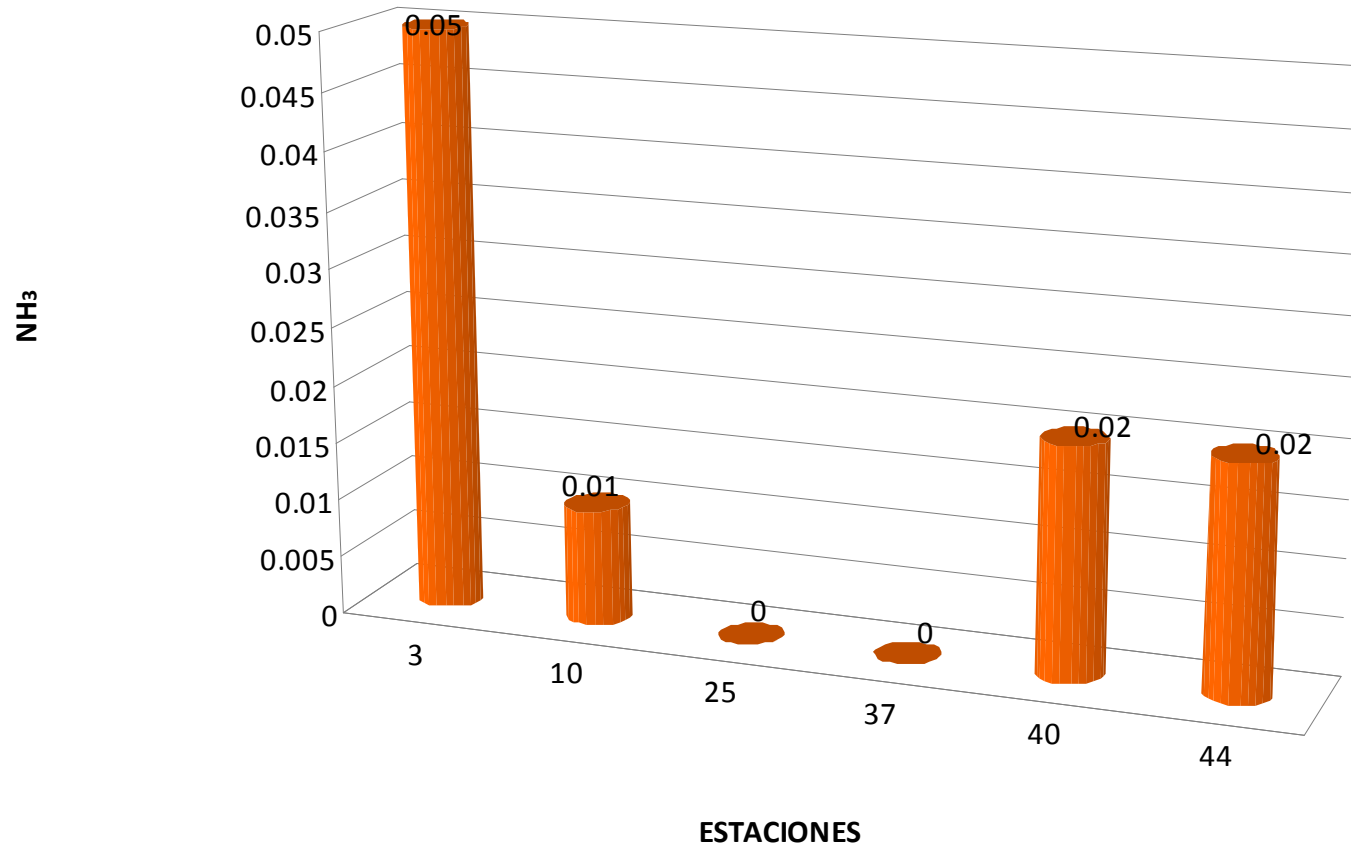
GRÁFICA 4.6 REPRESENTACIÓN PUNTUAL DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



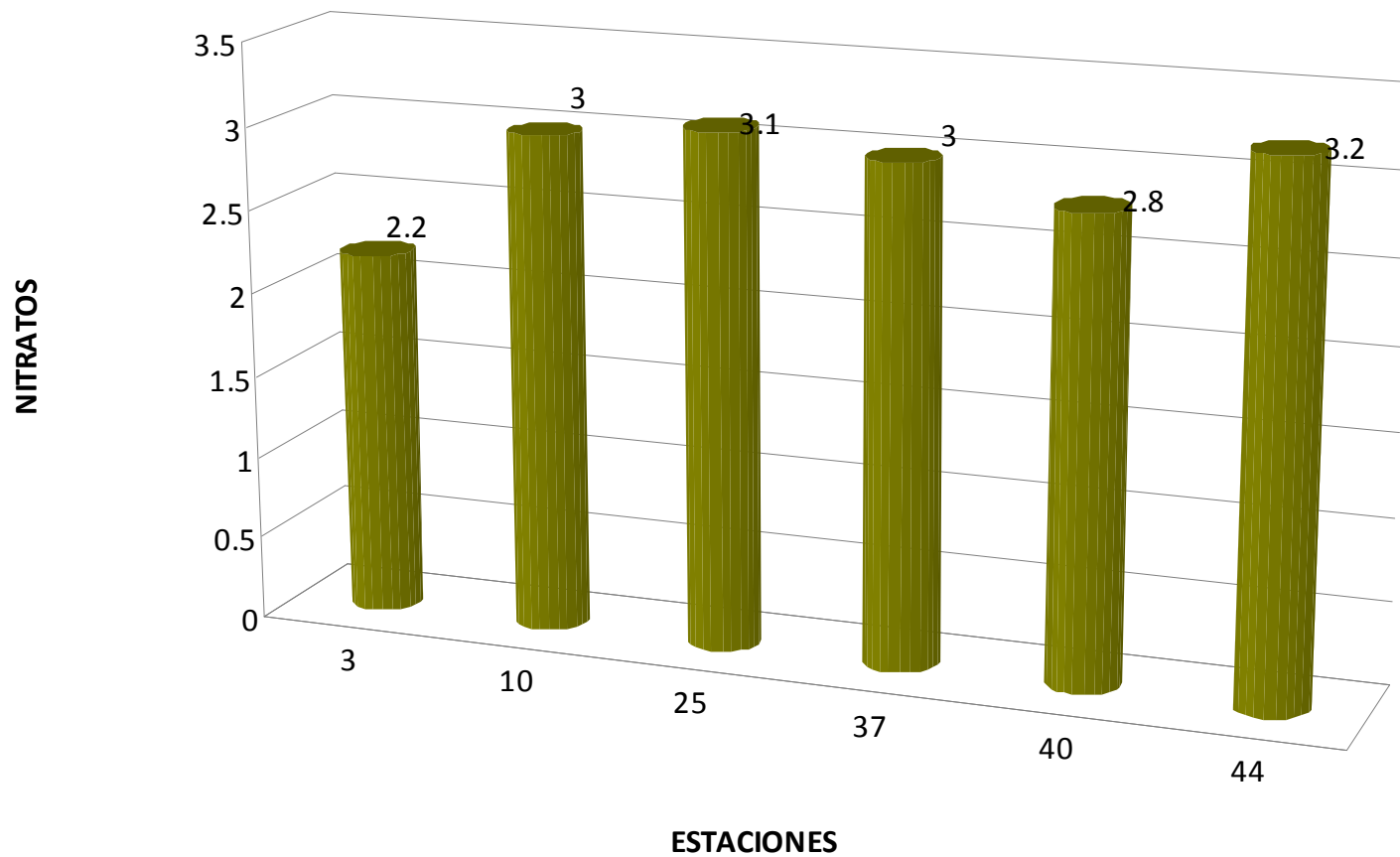
GRÁFICA 4.7 RESULTADOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



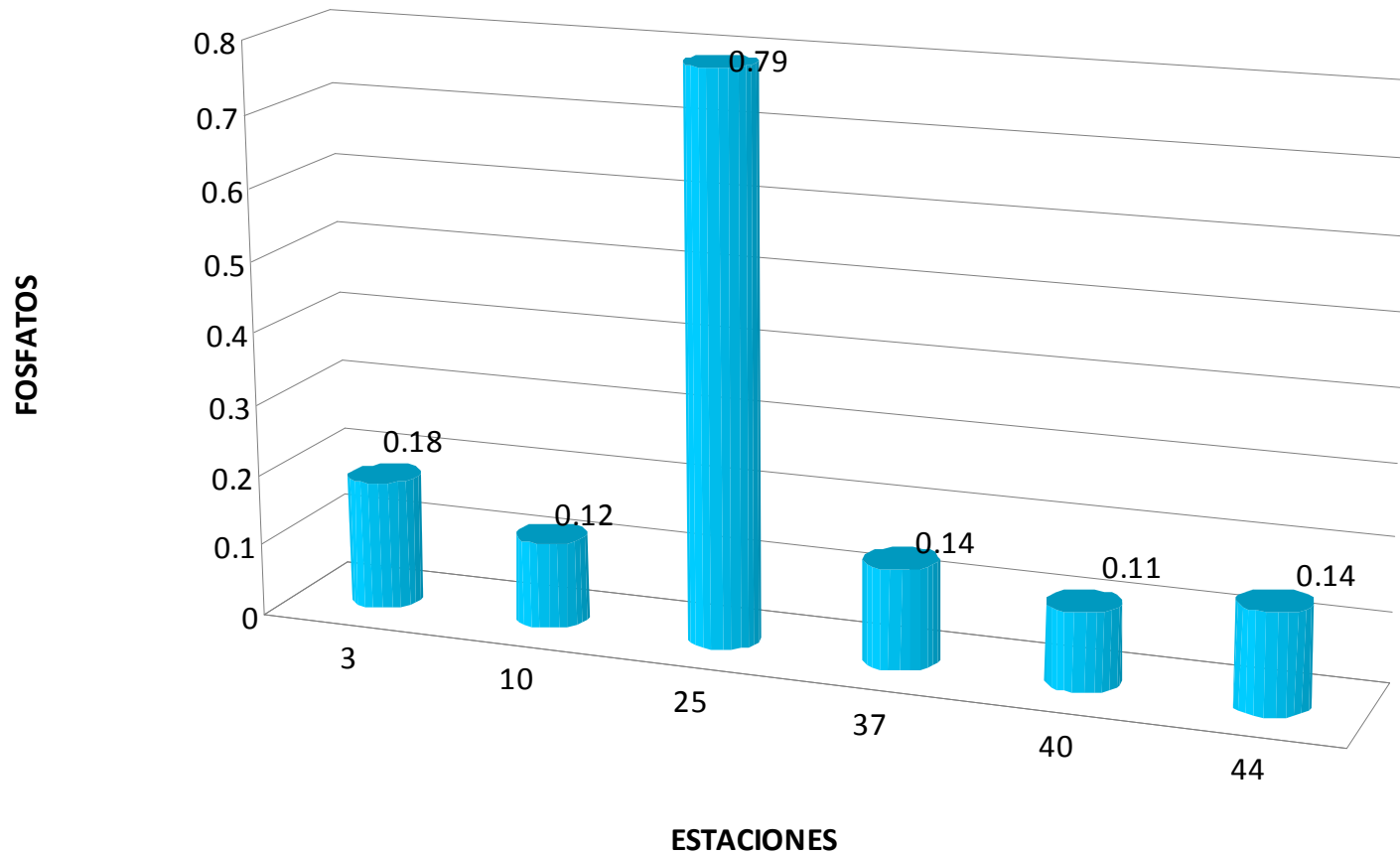
GRÁFICA 4.8 RESULTADOS DE NITROGENO AMONIACAL EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



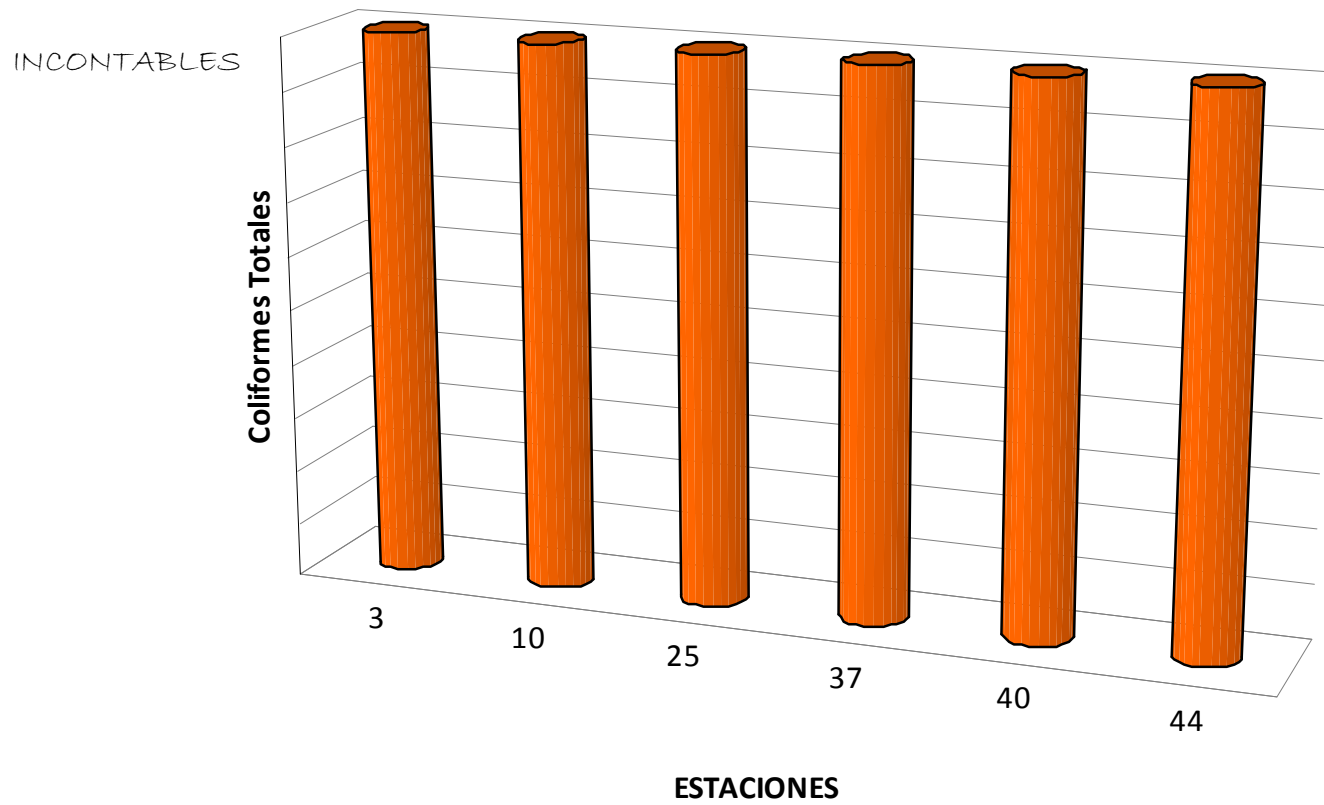
GRÁFICA 4.9 RESULTADOS DE NITRATOS EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



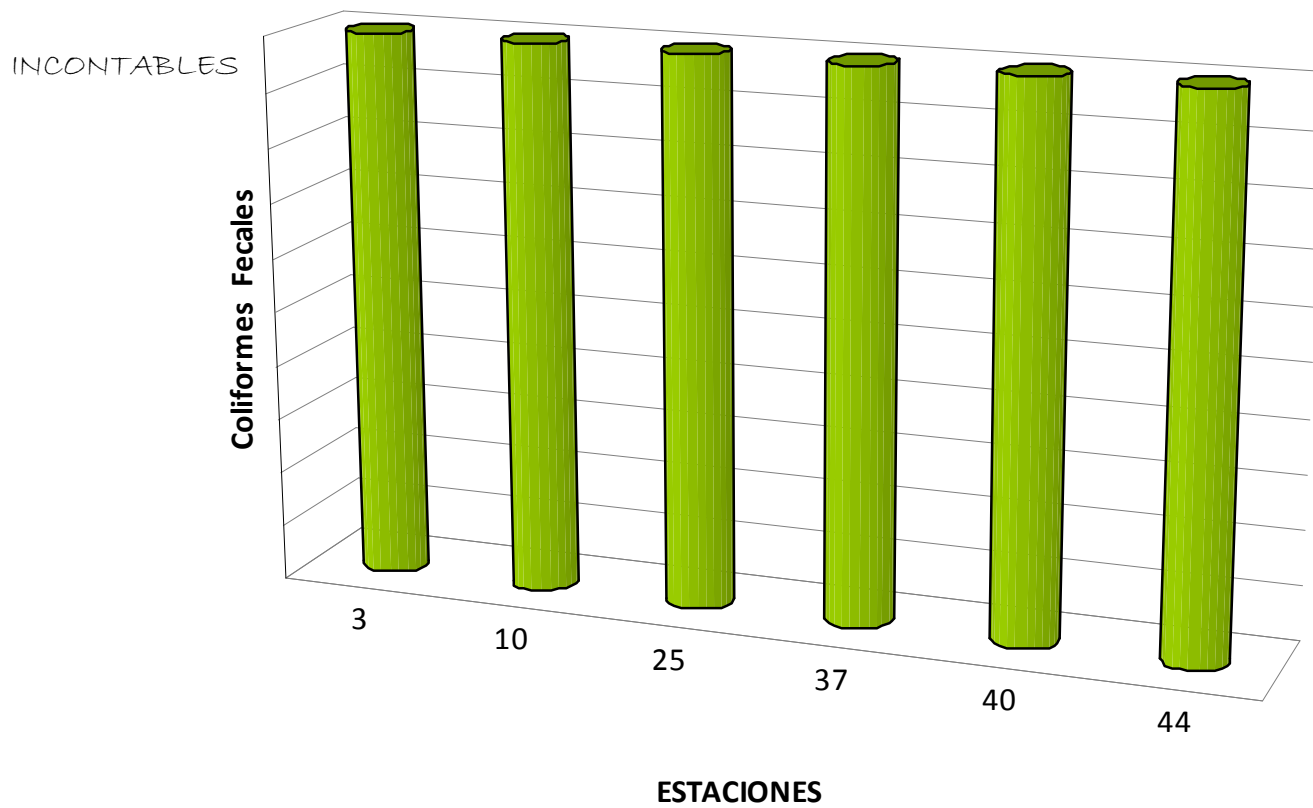
GRÁFICA 4.10 RESULTADOS DE FOSFATOS EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



GRÁFICA 4.11 RESULTADOS DE COLIFORMES TOTALES EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



GRÁFICA 4.12 RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES EN LAS ESTACIONES DEL EMBALSE DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO (OCTUBRE 2010)



4.5. Discusión de resultados

De acuerdo a los límites máximos permisibles de características bacteriológicas establecidos en la norma NOM-127-SSA1-1994, la calidad del agua del embalse de la presa Valle de Bravo es no aceptable, ya que los límites permisibles son ausencia o no detectables para ambos casos (organismos coliformes totales y para coliformes fecales)

Por otra parte analizando los parámetros que fueron determinados *in situ* (temperatura, ph, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos disueltos y turbiedad) presentan una tendencia uniforme sin variaciones significativas, obteniendo como promedios lo siguiente, temperatura: 22.29° c, para el pH se reporta 9.11 promedio que de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 rebasa el límite máximo permisible, considerándose un agua básica lo cual hace una agua indeseable.

El oxígeno disuelto en el embalse de la presa es satisfactorio para mantener formas superiores de vida biológica.

Con respecto a los sólidos suspendidos totales están dentro de los límites permisibles según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, la cual indica como límite permisible 500 mg/l cuando se trata de una fuente de abastecimiento de agua potable, como es el caso de Presa Valle de Bravo.

En lo que se refiere a los sólidos disueltos totales es muy uniforme en los sitios muestreados (los valores oscilan entre 76 – 83 mg/l) los cuales de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 están dentro de los límites permisibles.

Para las estaciones 3, 6, 25, 31, 42 y 46 las concentraciones de nitratos son bajas, lo cual que descarta a este constituyente como tóxico, la concentración de fosfatos encontrada indica la aportación de descargas directas de aguas negras y/o el escurrimiento agrícola que pudiera existir en las cercanías de la presa, finalmente la cantidad de nitrógeno amoniacal es insignificante con respecto a la NOM-127-SSA1-1994, que establece como límite permisible 0.50 mg/l.

Sin embargo tomando de manera integral los resultados de los parámetros analizados sería deseable limitar ciertas actividades que se llevan a cabo en la presa para prevenir el contacto directo con el agua, como son: el paracaidismo, esquí y la pesca. Considerando que se trata de una fuente de abastecimiento público urbano y con el fin de proteger su calidad sería conveniente restringir también las actividades náuticas motorizadas.