

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010-2011)



4.1 El Proyecto PAPIIT y los Sitios de Muestreo

El Proyecto de investigación PAPIIT IN107710 "Monitoreo de la Calidad del Agua mediante el uso de la Percepción Remota", es un proyecto que contribuirá a generar una metodología para el monitoreo de la calidad del agua, a través de la obtención de modelos matemáticos que correlacionan mediciones de radiancia y datos de campo, dicha metodología será probada a través de un caso estudio, la presa Valle de Bravo.

Como parte del proyecto de investigación, se llevó a cabo un análisis digital de imágenes para establecer los sitios de muestreo. Se ubicaron 50 sitios de muestreo considerando que para la correlación había que resolver las siguientes problemáticas:

- Las imágenes Landsat 7 presentan un bandeo a partir del 31 de mayo de 2003, debido a que se desactivó un dispositivo llamado SLC (Scan Line Corrector) del sensor ETM+. Este dispositivo tenía la función de compensar el escaneado durante el movimiento orbital de la plataforma Landsat. Al resultar una falla mecánica irreversible, las imágenes a partir de esa fecha presentan zonas sin información, por lo que se pierde aproximadamente el 23% de los datos. Para este estudio esta situación no afecta de forma importante, ya que se seleccionarán sitios de muestreo en áreas en donde no se encuentre el bandeo, por lo que el 100% de los datos se procesarán.
- Estadísticamente, es más fácil correlacionar datos, además de tener un margen de error relativamente bajo, si se comparan una mayor cantidad de puntos.

Así mismo, estos puntos de muestreo se distribuyen a través de toda la cuenca, ya que el embalse al ser un cuerpo de agua de tamaño considerable, tiene una distribución heterogénea de calidades del agua. Dependiendo de la localización del sitio de muestreo, se esperan obtener diferentes valores para los parámetros en estudio, ya que el proceso de dilución no puede llegar a generar una mezcla homogénea con respecto a la calidad del agua. Existen factores como la cercanía al embarcadero, la desembocadura de ríos y arroyos, la cercanía a las zonas urbanas que modificarán los valores de los parámetros.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

LOS SITIOS DE MUESTREO. LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Con base en el análisis digital de las imágenes, se obtuvieron las coordenadas de los sitios de muestreo del embalse, las cuales se presentan en la tabla 4.1. Se muestran a continuación las coordenadas en las cuales se realizó el muestreo dentro del embalse:

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

Tabla 4.1: Coordenadas y ubicación en sitio de los puntos de muestreo

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

UBICACIÓN EN MAPA DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Se muestra en la figura 4.1 los puntos seleccionados en el mapa de la región del embalse de la Cuenca de Valle de Bravo.

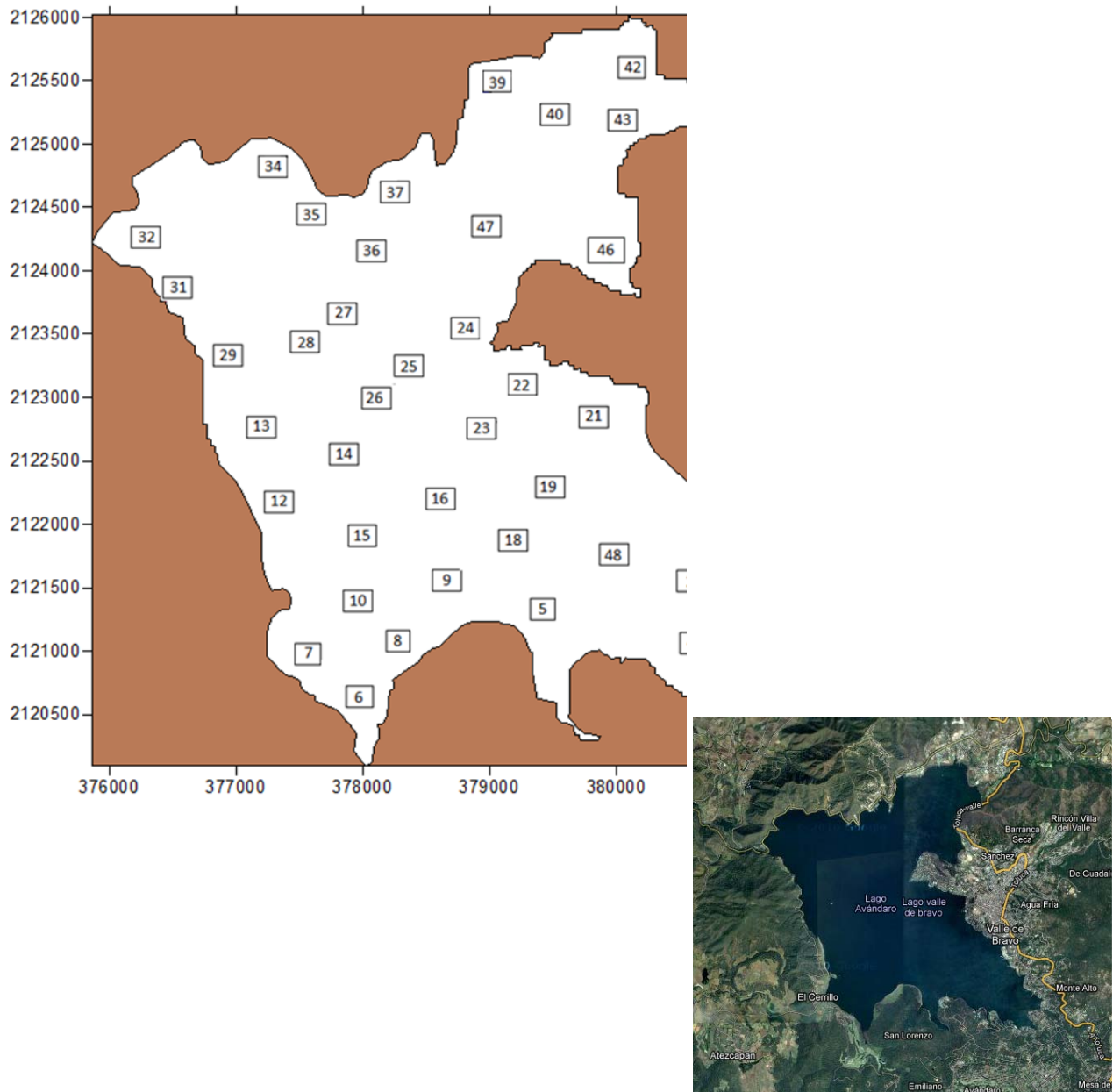


Figura 4.1: Ubicación en sitio de los puntos de muestreo con el mapa de imagen satelital obtenida a través de Google Maps, con fines comparativos)

4.2 Trabajos de Campo y Laboratorio

LA REALIZACIÓN DEL MUESTREO

Se llevaron a cabo tres campañas de muestreo en el embalse de la Presa de Valle de Bravo, dos durante el 2010 (24 y 25 de abril, y 2 y 3 de octubre de 2010) y una durante 2011 (26 y 27 de marzo). Para ello, se verificaron las fechas en las cuáles el Satélite LANDSAT cubriera la escena del área del embalse, con el fin de obtener las imágenes correspondientes al momento del muestreo realizado por el equipo del proyecto PAPIIT.

Algunos aspectos que se consideraron en la planeación de los trabajos de campo se presentan a continuación:

- ✚ Verificación de las condiciones meteorológicas, especialmente en cuanto a nubosidad. La nubosidad podría presentar problemas al realizar los análisis, ya que generaría que la imagen no fuera clara, se podrían crear problemas con los resultados obtenidos por los sensores de la plataforma, o bien podría haberse ocultado tras la nubosidad completamente el embalse, todo ello haciendo inservible el muestreo en dicha fecha.
- ✚ Selección de la época para el muestreo, considerando la variabilidad de la calidad del agua del vaso de la presa. Es por ello que se decidió por parte del equipo de trabajo que la toma de muestras se realizara antes de comenzar la época de lluvias, es decir en la época de estiaje, así como inmediatamente después del periodo de lluvias.

El trabajo de la toma de las muestras implicó acudir al sitio para realizar la toma física de las muestras, para su posterior análisis físico – químico, como se describirá en las siguientes secciones.

EL PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS Y SU CONSERVACIÓN

Dentro del embalse, y con la ayuda de una pequeña lancha, se acudió a los sitios de muestreo localizados en las coordenadas geográficas anteriormente mencionadas. Para localizar los puntos geográficos o las coordenadas al estar en el embalse, se utilizó GPS y una brújula como medio de referencia, indicándose en cada momento la ubicación exacta del equipo de trabajo.

El equipo de trabajo indicaba a la persona encargada del manejo del vehículo acuático la dirección a seguir, y así mismo al llegar al sitio, indicando a la lancha detenerse, se realizaba la toma de las muestras.

Usando botellas de PET previamente lavadas y esterilizadas, con capacidades entre 500 mililitros y litro y medio, se recolectaban las muestras del agua en el sitio o punto previamente especificado. Así mismo, con ayuda del medidor Multiparamétrico HANNA, medían algunos parámetros que se detallarán en el siguiente apartado.

Finalmente, las muestras eran guardadas y conservadas en un contenedor aislante con suficiente hielo, con el fin de preservar las muestras.



Figura 4.2 La conservación de las muestras a baja temperatura y en botellas estériles evita en parte la proliferación de organismos y la contaminación o alteración de las muestras.

PARÁMETROS DETERMINADOS EN SITIO

El Medidor Multiparamétrico Hanna

El medidor Multiparamétrico HANNA es un dispositivo o sonda de medición capaz de determinar en sitio parámetros diversos relativos a la calidad del agua. El dispositivo tiene la posibilidad de realizar la lectura de los diferentes parámetros en un solo muestreo o en una sola prueba.

El dispositivo está compuesto por una parte que es la computadora de medición y una sonda, la cual cuenta a su vez con tres sensores. El dispositivo es fácil de usar, ya que se conecta la sonda a la computadora, se sumerge en el agua, y la computadora registra los datos, los cuáles posteriormente son exportados a cualquier computadora. Es de vital importancia que al terminar cualquier muestreo la sonda se limpie con agua limpia, de preferencia agua destilada.

El dispositivo tiene la capacidad de determinar en sitio parámetros que se utilizan en la evaluación de la calidad del agua para el proyecto y en el modelo a desarrollar, como son:

- ✚ Temperatura ($^{\circ}$ C)
- ✚ pH
- ✚ % de saturación de Oxígeno y su concentración (% y ppm o mg/l)
- ✚ Conductividad eléctrica y Resistencia (μ S , mS o sus equivalentes, y en $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ o $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$)
- ✚ Sólidos Disueltos Totales (TDS) (ppm)
- ✚ Salinidad (ppm)



Figura 4.3 El medidor Multiparamétrico HANNA es un útil dispositivo muy útil al evaluar la calidad del agua, ya que determina diferentes parámetros en un solo muestreo. Fuente: Testmark, Instrumentación para Medición y Control

El Disco de Secchi

Al propagarse la luz en un medio acuoso se extingue por fenómenos de absorción y dispersión. Si se considera además que las sustancias disueltas y las partículas en suspensión magnifican dicho fenómeno, se tiene que al aumentar la profundidad del agua, la región se convierte en una zona más oscura.

El disco de Secchi es un círculo de 20 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de negro y blanco, atado a una cuerda o cadena graduada. Para la determinación y evaluación de este parámetro se sumergió el disco del lado sombreado, estando la lancha o embarcación en el punto de la coordenada geográfica determinada, registrando la profundidad hasta la cual el disco dejó de ser visible. Ello representa una medida de la claridad o transparencia del agua.



Figura 4.4 El Disco de Secchi. Fuente:
Equipo de trabajo PAPIIT

El problema que presenta el disco de Secchi es que puede existir una diferencia pequeña en las lecturas tomadas dependiendo de la persona que determine el punto hasta el cual es visible el disco.

PARÁMETROS DETERMINADOS POSTERIORES AL MUESTREO Y EN LABORATORIO

Los análisis que se realizaron inmediatamente después del muestreo en las instalaciones del hotel durante la noche, involucran la utilización del espectrofotómetro y de material diverso en laboratorio. Para las pruebas del laboratorio, las muestras se conservaron al añadir más hielo sobre los PET´s conteniendo las muestras.

Cabe aclarar que los parámetros DBO, coliformes fecales y totales, nitrógeno amoniacal, nitratos y fosfatos medidos después del muestreo, solo se determinaron para seis sitios de muestreo, ya que tanto el tiempo que tarda la determinación de algunos de ellos, como el costo de los reactivos, hacen inviable para el proyecto realizar dichas pruebas para cada uno de los cincuenta puntos del muestreo.

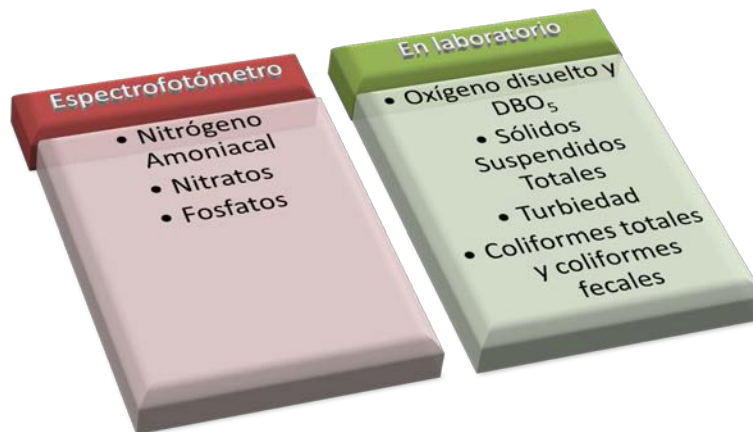


Figura 4.5 Diferentes parámetros determinados a través del espectrofotómetro y con las pruebas de laboratorio.

El Espectrofotómetro

Un espectrofotómetro es un instrumento que tiene la capacidad de manejar un haz de Radiación Electromagnética, separándolo con el fin de facilitar la identificación, calificación y cuantificación de su energía.

El espectrofotómetro tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática (de una longitud de onda particular) a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra.



Figura 4.6 El Espectrofotómetro HACH DR 2800. Fuente: Manual del producto HACH LANGE

El espectrofotómetro utilizado para la realización de las pruebas es el modelo HACH DR 2800. Dicho dispositivo utiliza reactivos, los cuales se encuentran exactamente predosificados, y gracias a que su manejo resulta muy sencillo, facilita que los resultados sean altamente fiables.

Para la medición de los parámetros, se utilizan para cada prueba dos cubetas, que son dos contenedores pequeños o frascos, en donde uno cuenta con agua completamente purificada y desionizada, y la otra con agua de la muestra a analizar. El recipiente que se encuentra con el agua limpia, usualmente denominado "blanco", servirá para el espectrofotómetro como referencia para la calibración del haz de luz monocromático.

El espectrofotómetro, al estar previamente programado para llevar a cabo todo el procedimiento, llama a la curva de calibrado automáticamente y muestra el resultado de medición en mg/l.

A través del espectrofotómetro se logró, tras solo unas horas de haber realizado el muestreo en el embalse de la presa, determinar los parámetros como el nitrógeno amoniacal, los nitratos y los fosfatos, a través de la mezcla con los diferentes reactivos incluidos en el mismo dispositivo HACH DR 2800.

El Laboratorio

La Determinación de Sólidos Suspendidos Totales

Los Sólidos Suspendidos Totales involucran la concentración de partículas que son retenidas en un medio filtrante, con un diámetro de poro de 1.5 micrómetros.

Para la determinación de los Sólidos Suspendidos Totales, se empleó el siguiente instrumental:

- ✚ Crisoles Gooch
- ✚ Balanza analítica
- ✚ Un desecador
- ✚ Filtros (filtros de micro fibra de vidrio)
- ✚ Bomba de vacío
- ✚ Matraz para filtrado al vacío
- ✚ Estufa

El procedimiento se describe a continuación:

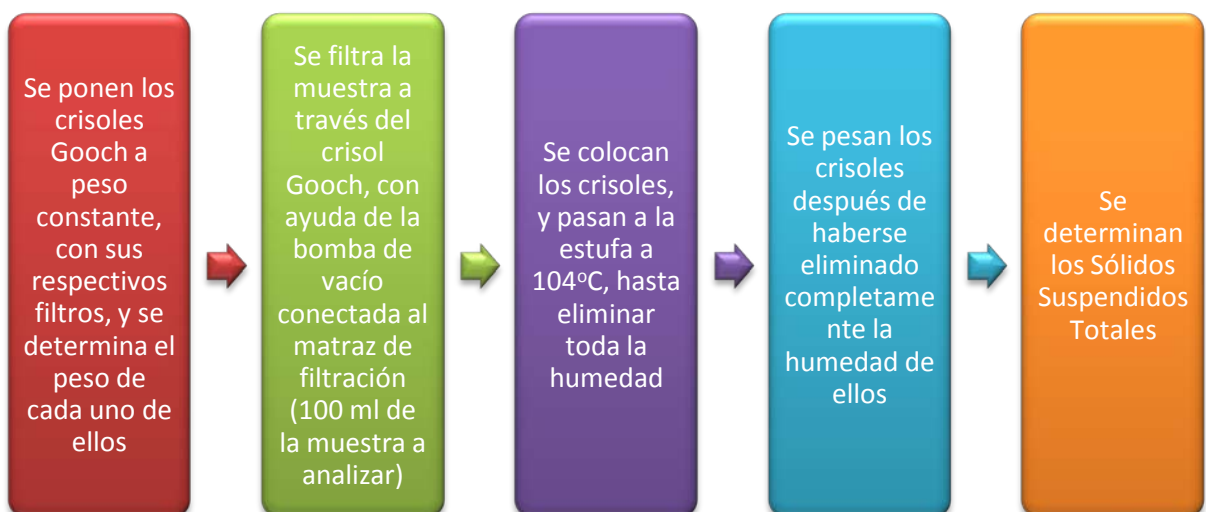


Figura 4.7 Procedimiento a grandes rasgos para la determinación de los Sólidos Suspendidos Totales.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

Así mismo, se muestran algunos de los instrumentos y procedimientos utilizados en el laboratorio para la determinación de dichos parámetros:



Figura 4.8 Crisoles Gooch. Fuente: Laboratorio de Tratamiento de Aguas Residuales, FI UNAM.



Figura 4.9 El desecador con los crisoles. Fuente: Laboratorio de Tratamiento de Aguas Residuales, FI UNAM.



Figura 4.10 La Báscula analítica. Fuente: Laboratorio de Tratamiento de Aguas Residuales, FI UNAM.



Figura 4.11 El secado de los crisoles Gooch para mantener a peso constante y para determinación de SST. Fuente: Laboratorio de Tratamiento de Aguas Residuales, FI UNAM.

Finalmente, se realiza el cálculo de este parámetro mediante la fórmula siguiente:

$$S.S.T. \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{\text{Peso del crisol después del filtrado} - \text{Peso del crisol a peso constante}}{\text{Volúmen de la muestra}}$$

La Determinación de la Turbiedad

La turbiedad o turbidez es la reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. La técnica diseñada para determinar la turbiedad es una técnica analítica basada en la dispersión de la luz por partículas en suspensión en el seno de una disolución, la cual mide la disminución de la transmitancia del haz de luz al atravesar la muestra. En el laboratorio, la turbiedad se mide mediante las Unidades de Turbidez Nefelométricas (UTN).

El instrumento utilizado es un turbidímetro HACH 2100 A, el cual a través de varios rangos de turbidez en las unidades Nefelométricas, compara la muestra con cuatro patrones previamente seleccionados por la persona que analiza dicha muestra, con el fin de que se realice una calibración adecuada del instrumental.



Figura 4.12 Turbidímetro nefelométrico HACH 2100 A utilizado en el laboratorio de TAR, FI UNAM.

En la figura 4.13 se muestra el principio del funcionamiento del Turbidímetro:

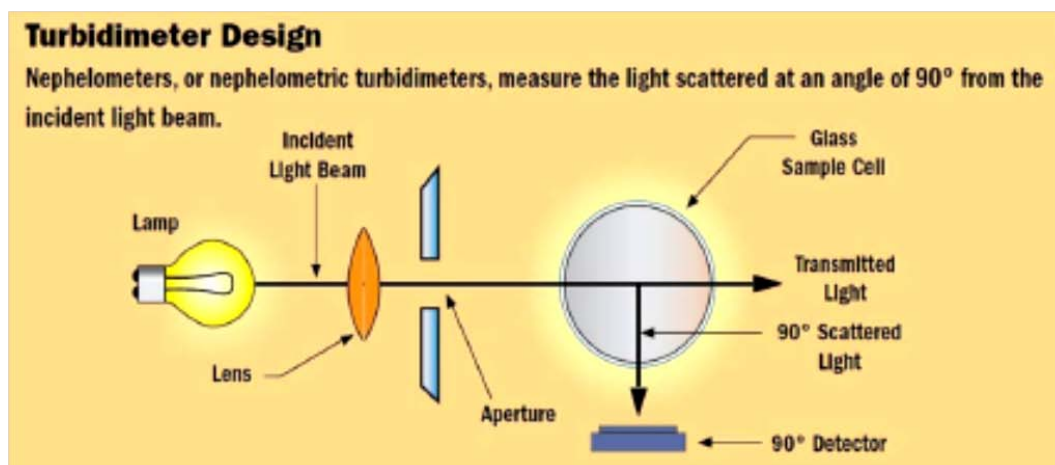


Figura 4.13 Principio del funcionamiento del Turbidímetro nefelométrico utilizado en el laboratorio de Ingeniería Ambiental, FI UNAM. Fuente: Metas & Metrólogos Asociados, Medición de la Turbidez en la Calidad del Agua.



Figura 4.14 Patrones con los que se compara la turbidez del agua de muestra, para realizar la calibración del turbidímetro nefelométrico en el laboratorio de TAR, FI UNAM. Fuente: Metas & Metrólogos Asociados, Medición de la Turbidez en la Calidad del Agua.

En la determinación de este parámetro se procede a realizar la comparación de los patrones con el agua de las diferentes muestras, para determinar el ámbito en el cual los valores UTN se encontrarán posiblemente.

Se calibra hasta el cero mecánico el dispositivo y una vez calibrado se procede a introducir el tubo o contenedor con el agua de la muestra a analizar, se tapa cuidadosamente y se lee los valores en la pantalla de las UTN´s.

Para la determinación de este parámetro se debe de cuidar la limpieza de los tubos utilizando una tela especial. Se debe tener en cuenta que la limpieza del aparato en su interior y el cuidado para evitar la caída de objetos o líquidos a la zona oscura o zona de medición es de extrema importancia.

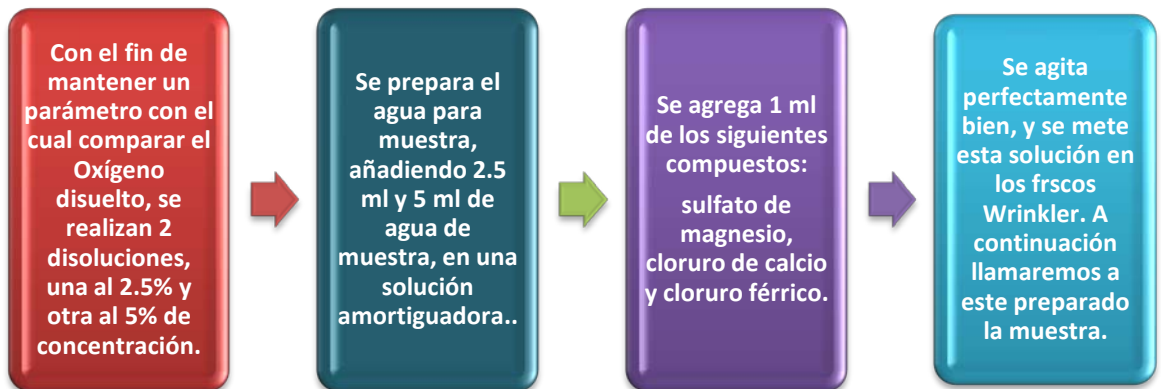
La Determinación del Oxígeno Disuelto y la Dbo₅

La DBO₅ se determina a través de la determinación del oxígeno disuelto el primer día en que se toman las muestras, y el oxígeno disponible después de 5 días de incubación de las muestras, a 20° C.

Para la realización de esta prueba, se realizan diluciones del agua de muestra al 5% y al 10%, para lo cual se agregan los reactivos con el procedimiento que se ilustra en la figura 4.15:

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

Elaboración de la mezcla al 2.5% y al 5%:



Procedimiento:

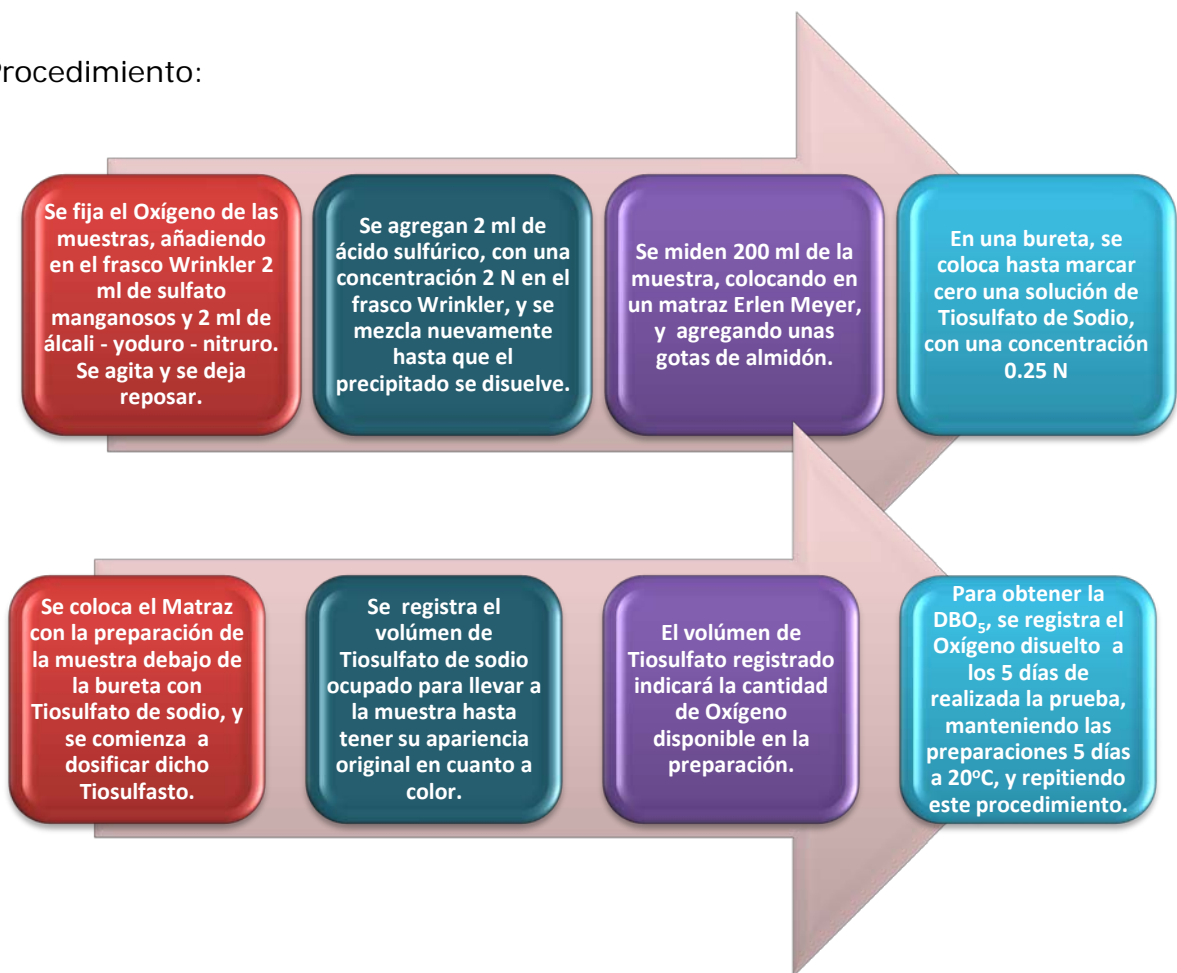


Figura 4.15 Procedimiento para determinar la DBO₅ de una muestra. Fuente: Manual de Prácticas de Laboratorio FI, Vázquez, UNAM.

La Determinación de los Coliformes Totales y los Coliformes Fecales

La determinación de coliformes totales y fecales se realizó empleando el método de filtros de membrana.

El método debe de seguirse con gran cuidado, ya que la contaminación del agua a través de diferentes patógenos y microorganismos presentes en el momento de realizar los análisis, pudieran alterar el resultado de las muestras.

Cabe mencionar que el material de laboratorio debe estar previamente esterilizado, y en todo momento se utilizan en la zona de trabajo donde se realizan las preparaciones dos mecheros bunsen, con el fin de disminuir los riesgos de contaminación y evitar la contaminación de las muestras con algún agente presente en el medio ambiente.

El procedimiento para realizar el conteo de los coliformes es el siguiente:

- ✚ Se coloca un soporte universal, y con mucho cuidado se coloca con las pinzas un filtro.
- ✚ Se pasan 100 ml de la muestra a través del filtro, con ayuda de una bomba de vacío conectada a un matraz en la parte inferior, y un matraz invertido en la parte superior.



Figura 4.16 (arriba) Zona de trabajo, con los dos mecheros bunsen y el matraz de vacío para ayudar al filtrado de las muestras. Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental, FI UNAM.



Figura 4.17 (izquierda) Proceso de filtrado de 100 ,l de agua de muestra con el fin de adaptar el filtro al medio de cultivo. Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental, FI UNAM.



Figura 4.18 La determinación de coliformes totales o coliformes fecales dependerá del medio de cultivo utilizado en el desarrollo de la prueba, ya sea el medio ENDO o el MFC. Los coliformes son una señal del nivel de contaminación por microorganismos presentes en el cuerpo de agua, en este caso el vaso de la Presa de Valle de Bravo. Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental, FI UNAM.

- ✚ En una caja de Petri se prepara, sobre un cojín absorbente, el medio de cultivo; se utiliza el medio de cultivo ENDO para coliformes totales, y el medio de cultivo MFC para coliformes fecales. Los medios de cultivo, en realidad son una mezcla previa de compuestos diversos, como azul de anilina, lactosa, algunas proteínas y sales.
- ✚ El filtro se retira y se coloca sobre un papel cuadriculado previamente colocado en el medio de cultivo de la caja de Petri. Se cierran las cajas de Petri.
- ✚ Se colocan las cajas de Petri en una incubadora a 35°C, durante un periodo de 24 horas.
- ✚ Finalmente, se retiran de la incubación las cajas de Petri, y se procede a realizar el conteo de los coliformes, ya sea totales o fecales, indicado ello por el medio de cultivo.

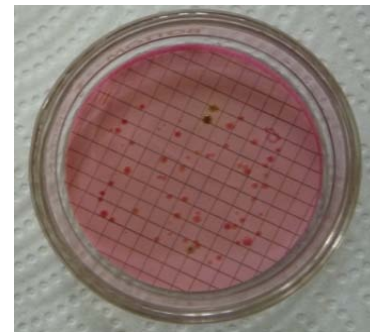
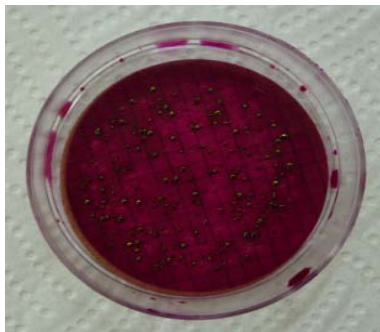


Figura 4.19 El medio de cultivo MFC para coliformes fecales, se muestra en la fotografía izquierda, mientras que el ENDO se ilustra en la fotografía derecha. Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental, FI UNAM.

4.3 Procesamiento y Análisis de la Información

LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO

Las campañas de muestreo llevadas a cabo se realizaron con el poder conocer la variabilidad en la calidad del agua en el Vaso de la Presa de Valle de Bravo durante la época de estiaje, la finalización de la temporada de lluvias y nuevamente la época de estiaje.

Época del año de realización del muestreo	Fecha
Estiaje	24 / abril / 2010
Fin de época de lluvias	02 / octubre /2010
Estiaje	26 / marzo /2011

Tabla 4.2 Temporadas de realización de los muestreos en el vaso de la presa de Valle de Bravo. Fuente: Equipo de Evaluación del Proyecto PAPIIT.

La calidad del agua se determinó a través de los diferentes parámetros mencionados en los apartados anteriores, cada uno de ellos importantes para evaluar el grado trófico del embalse, la evolución de la calidad del agua con respecto al tiempo, las zonas donde se presenta un mayor riesgo debido a la contaminación del agua, que tan aceptable resulta el agua para los diversos usos, que riesgos involucra el uso del agua a la salud, e incluso determinar algunas soluciones sencillas para mitigar los riesgos debidos a la contaminación del embalse.

Finalmente, la evaluación de la calidad del agua se integra a través de lo que se conoce como el Índice de Calidad del Agua, la cual comprende a todos los parámetros determinados en el muestreo.

EL CONCEPTO DEL ICA

El Índice de Calidad del Agua (ICA por sus siglas) indica el grado de contaminación del agua determinada en la fecha de realización del muestreo.

El ICA está expresado como porcentaje del agua pura, es decir el agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100%.

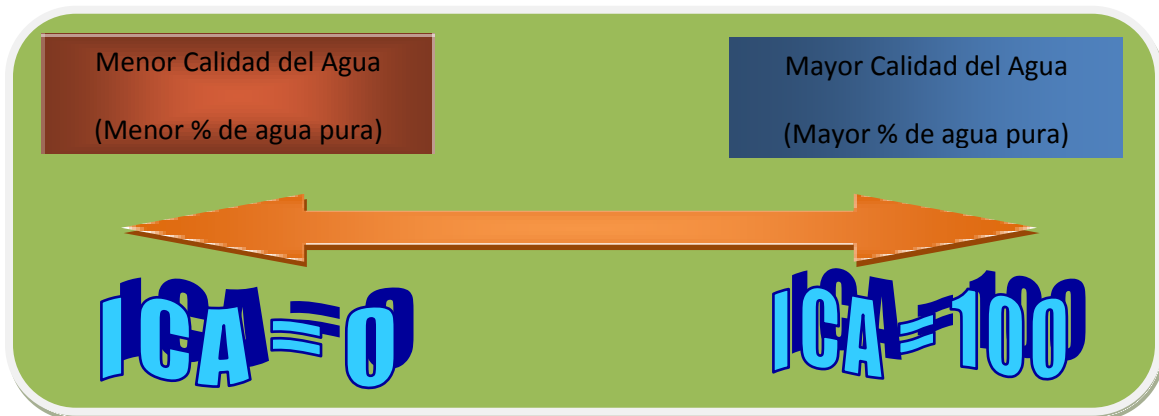


Figura 4.20 Representación gráfica de las escalas de la calidad del agua en el ICA.

El ICA fue desarrollado de acuerdo con los siguientes rubros:

- ✚ Crear una escala sencilla, con el fin de entender fácilmente a través de una escala numérica, en un rango del cero al cien, la calidad del agua.
- ✚ Se crea una calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua, en rangos de no contaminado hasta altamente contaminado.

En la tabla 4.3 se muestran las recomendaciones para los usos del agua, con respecto a la escala numérica del ICA.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

Valor (%)	ICA		USOS DEL AGUA				
	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreacion General	Pesca y Vida Acuatica	Industrial y Agricola	Navegacion	Transporte Desechos Trataods
100	No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuatico	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 Dudoso para especies sensibles	Sin tratamiento para la industria	Aceptable	Aceptable
70	Poco contaminado						
60		Sin contacto con el agua	Con tratamiento en la mayor parte de la industria				
50	Contaminado	Dudoso	Uso muy restringido	Uso muy restringido	Restringido	Restringido	Restringido
40							
30	Altamente Contaminado	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
20							
10							Inaceptable

Tabla 4.3 Calificación del ICA y usos del agua. Fuente: Centro de Investigaciones en Geografía e Informática,

CONACYT:

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

- ✚ Se involucró en la escala de calificación, para cada uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua, una correlación con su respectiva influencia en el grado de contaminación.
- ✚ Se formuló el modelo matemático, para lo cual se convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro (I_i). Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, este hecho se modeló introduciendo pesos o factores de ponderación (W_i) según su orden de importancia respectivo.
- ✚ Finalmente, los índices por parámetro son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua.

Parámetro	Peso (W_i)	Parámetro	Peso (W_i)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5.0	Nitrógeno en nitratos (NO_3^{-1})	2.0
Oxígeno disuelto	5.0	Alcalinidad	1.0
Coliformes fecales	4.0	Color	1.0
Coliformes totales	3.0	Dureza total	1.0
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes)	3.0	Potencial de Hidrógeno (pH)	1.0
Conductividad eléctrica	2.0	Sólidos suspendidos	1.0
Fosfatos totales (PO_4^{-3})	2.0	Cloruros (Cl^{-1})	0.5
Grasas y aceites	2.0	Sólidos disueltos	0.5
Nitrógeno amoniacal (NH_3)	2.0	Turbiedad	0.5

Tabla 4.4 Ponderación de los parámetros del ICA para su promedio en el modelo matemático.
Fuente: SEMARNAT.

La fórmula matemática o el modelo matemático para determinar numéricamente la Calidad del Agua a través de su índice, puede determinarse con la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

El subíndice "i" identifica a cada uno de los 18 parámetros antes presentados, por lo que $i = 1, 2, \dots, 18$, por lo que si se evalúa la calidad del agua con todos los parámetros mencionados, se tendría que $n = 18$.

De no existir la información de todos y cada uno de los parámetros mencionados para la determinación de la calidad del agua en el ICA, se procede a modificar los valores de n en la fórmula, como se realiza en esta evaluación, con el fin de ajustar los parámetros determinados y sus respectivos resultados a nuestro estudio.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO

Para realizar el procesamiento y el análisis de la información, se registraron los valores de los parámetros que se han mencionado con anterioridad, se concentraron los valores en tablas, y se grafican a través de isolíneas o curvas de isovalores, con el fin de mostrar visualmente los diferentes valores para los diferentes sitios de muestreo del vaso de la Presa de Valle de Bravo.

Así mismo, para los parámetros obtenidos, se procedió a realizar el cálculo del ICA, e igualmente se grafican los resultados obtenidos en las tres campañas de muestreo.

En los siguientes apartados se realiza la comparativa para las tres campañas de muestreo.



Figura 4.21 Realización de las campañas de muestreo en el vaso de la Presa de Valle de Bravo por parte del equipo de estudio del Proyecto PAPIIT. Fuente: Equipo PAPIIT.

1ª Campaña de Muestreo

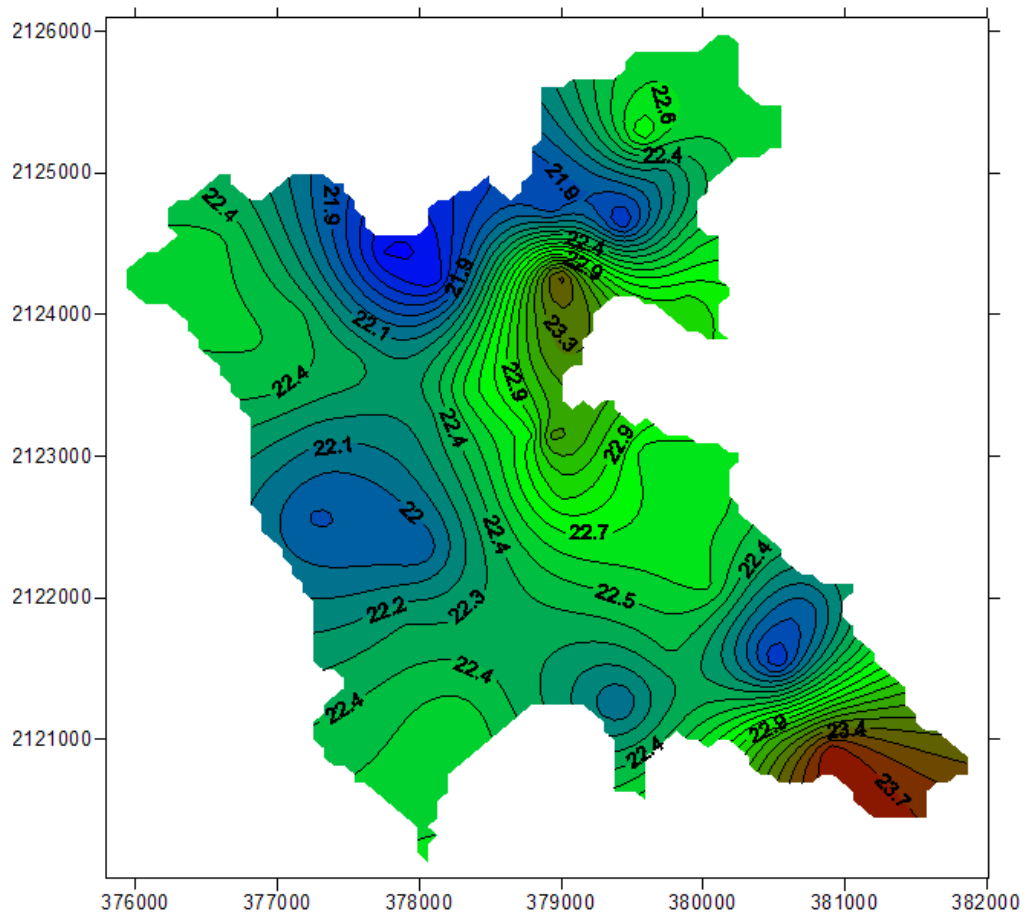
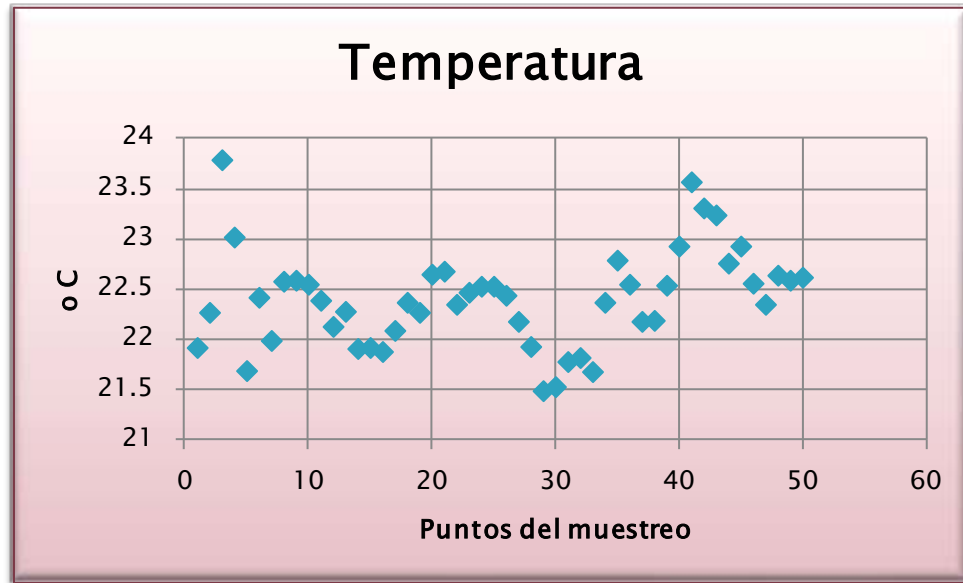


Figura 4.22 Primera Campaña de Muestreo. Temperatura

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

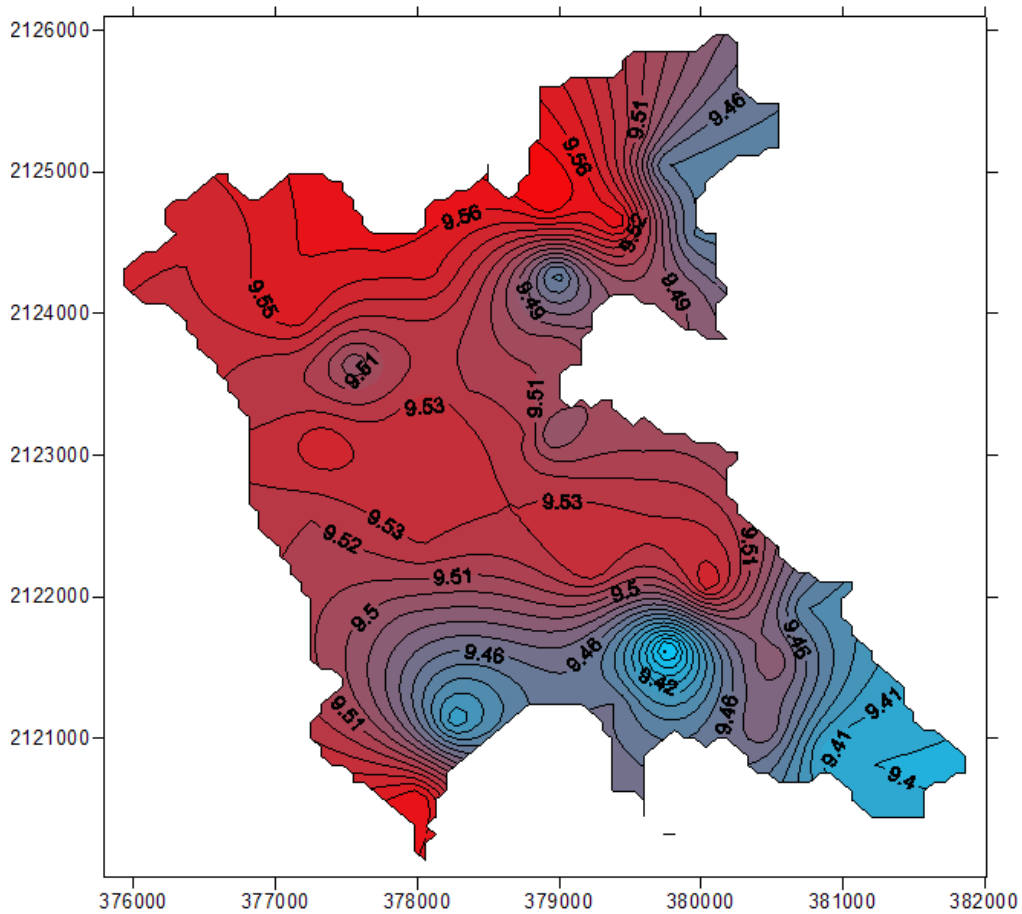
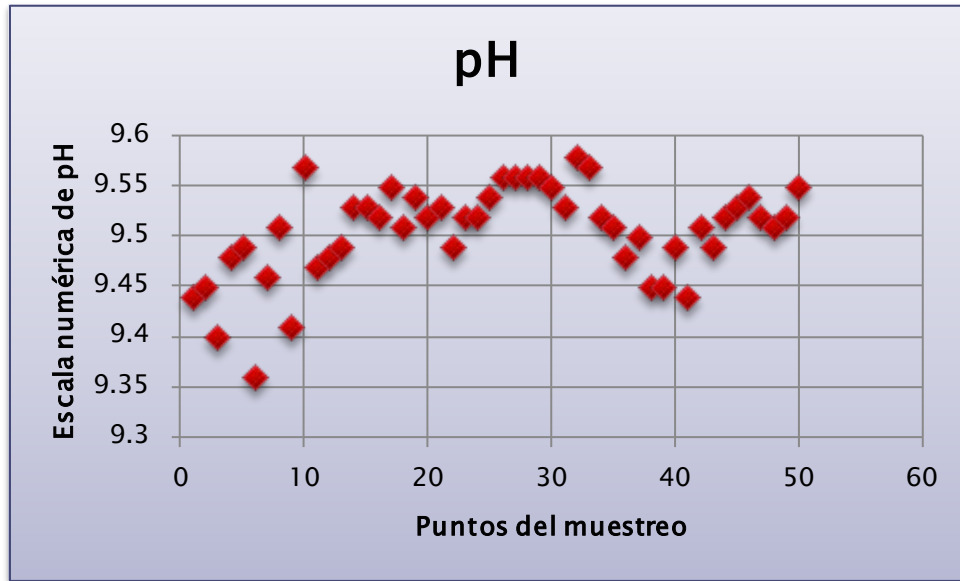


Figura 4.23 Primera Campaña de Muestreo. pH

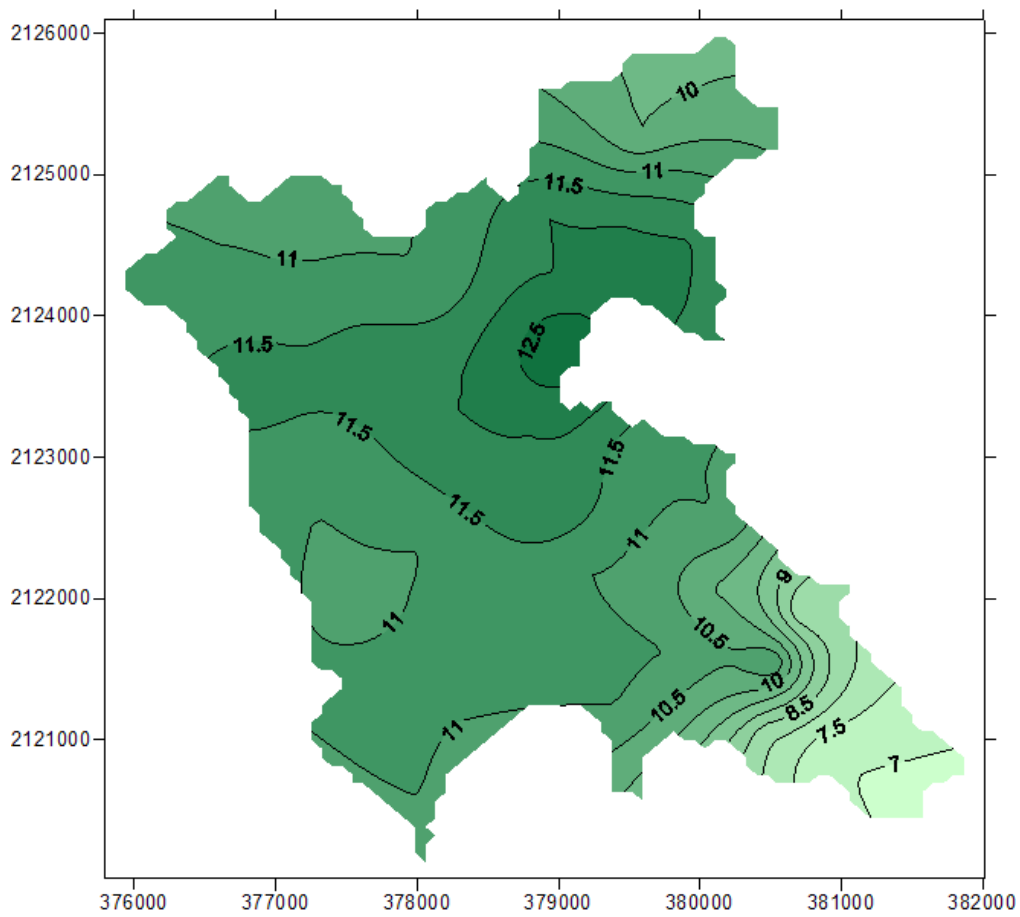
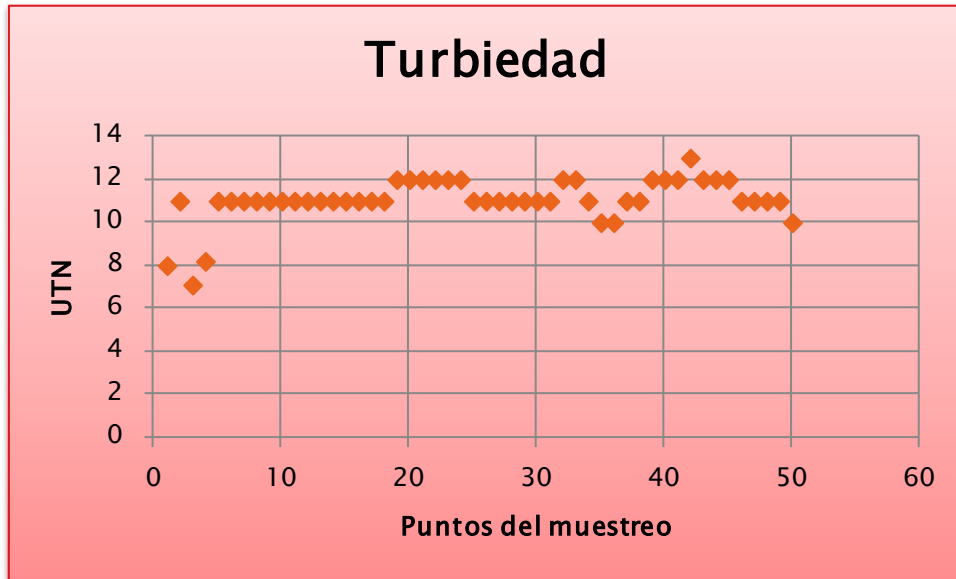


Figura 4.24 Primera Campaña de Muestreo. Turbiedad

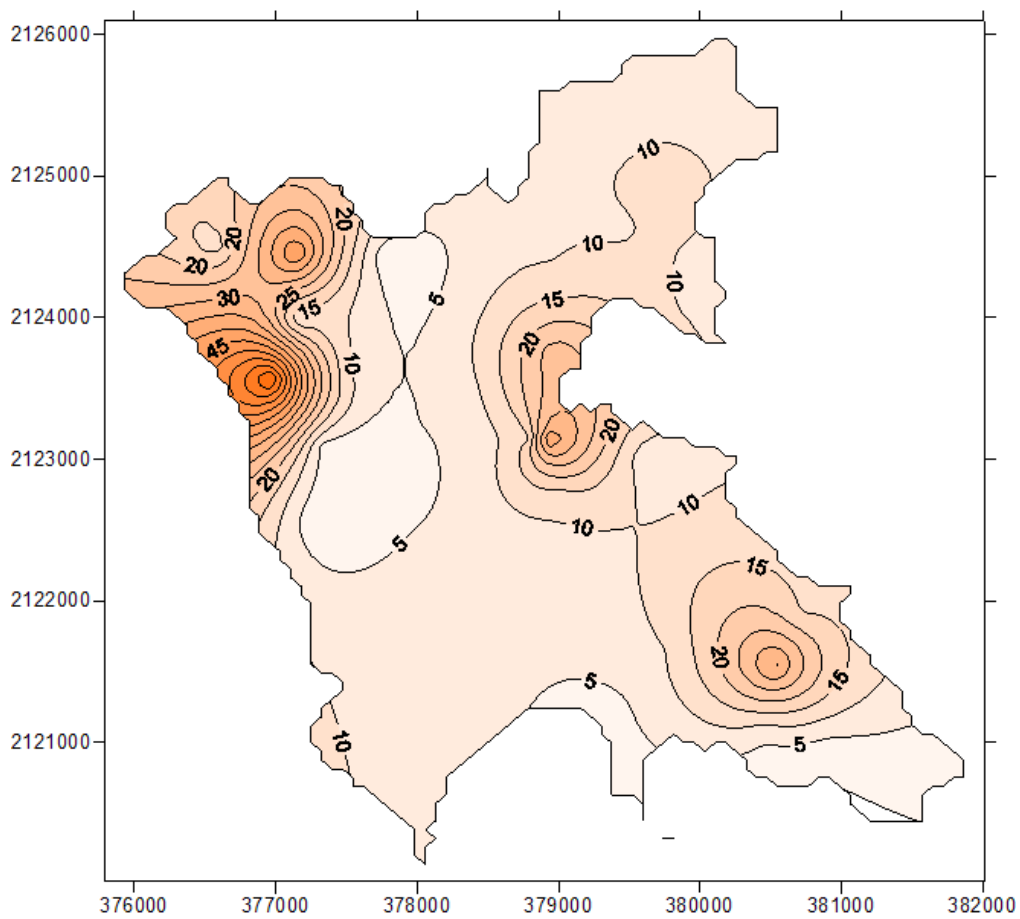
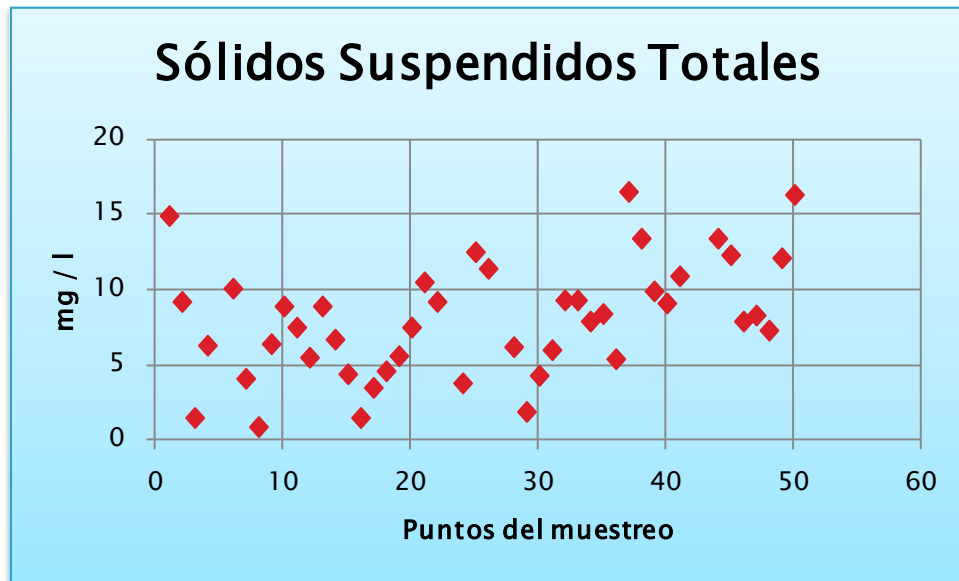


Figura 4.25 Primera Campaña de Muestreo. SST

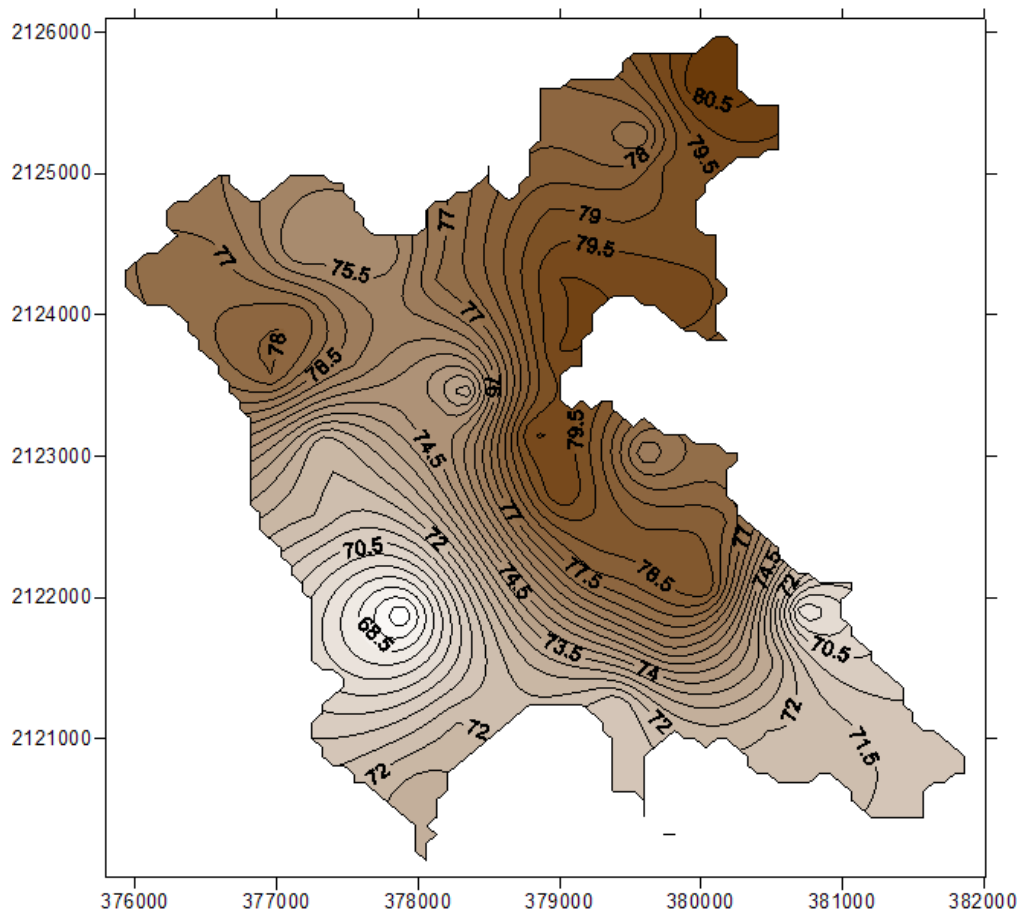
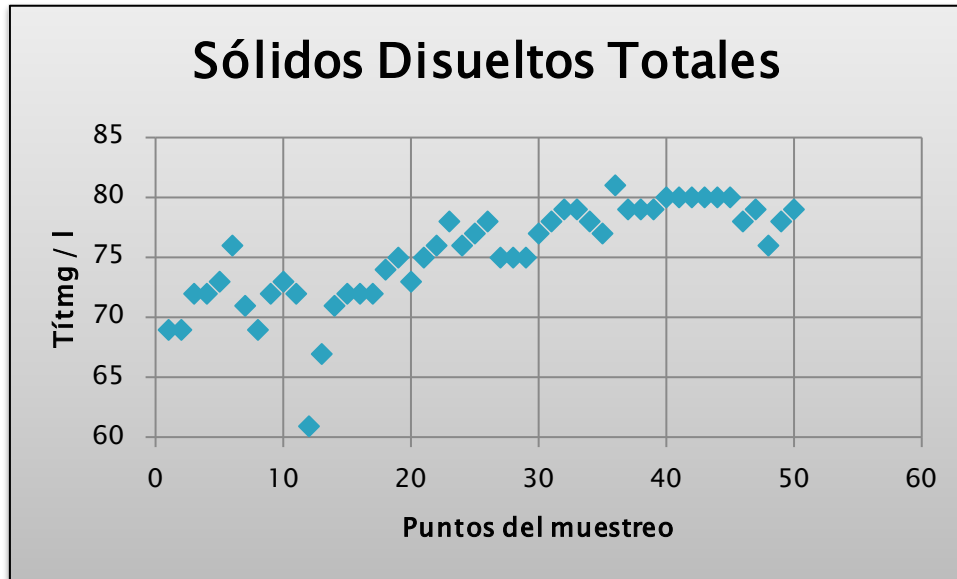


Figura 4.26 Primera Campaña de Muestreo. SDT

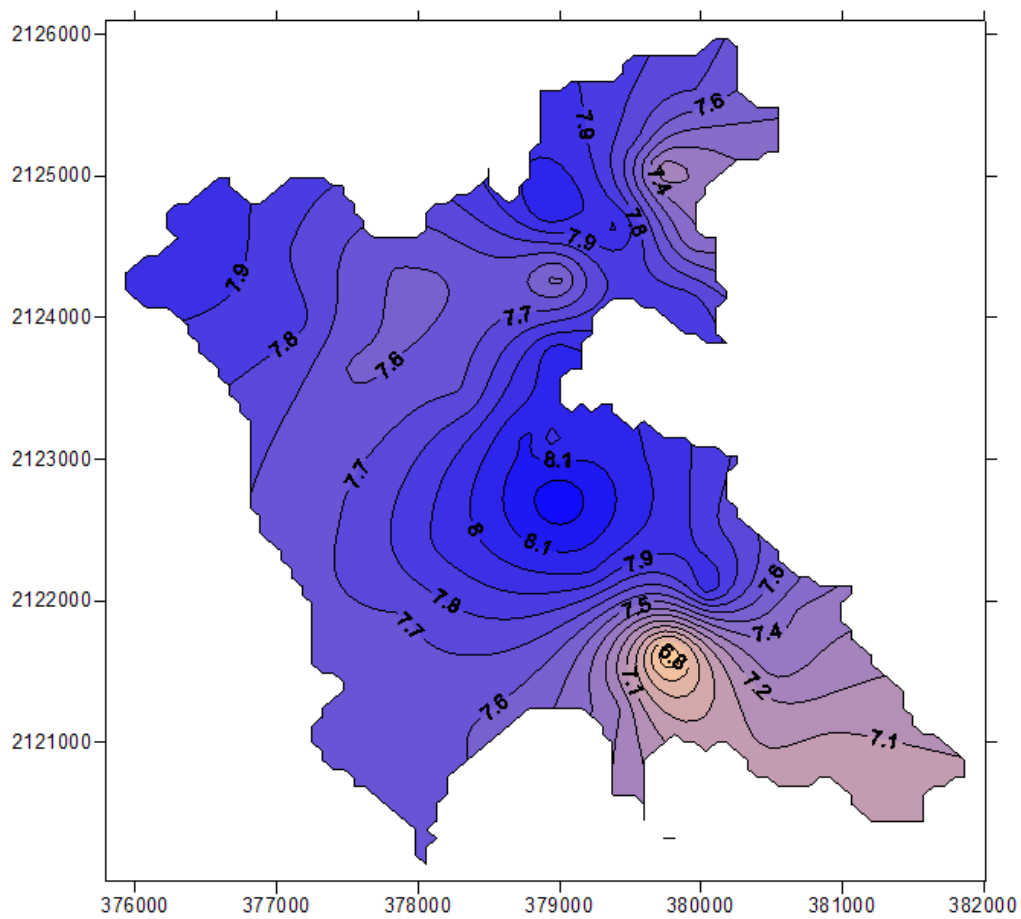
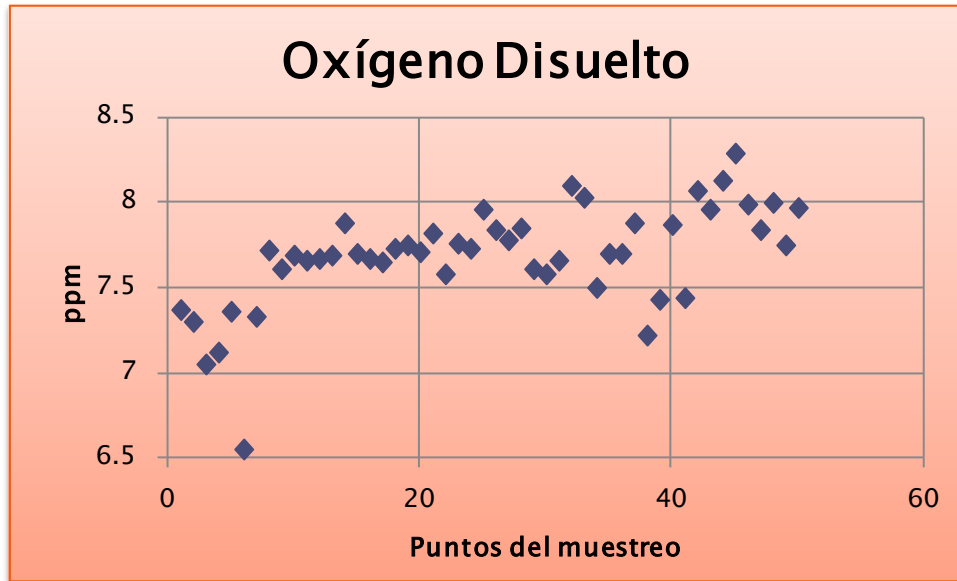


Figura 4.27 Primera Campaña de Muestreo. O2 disuelto

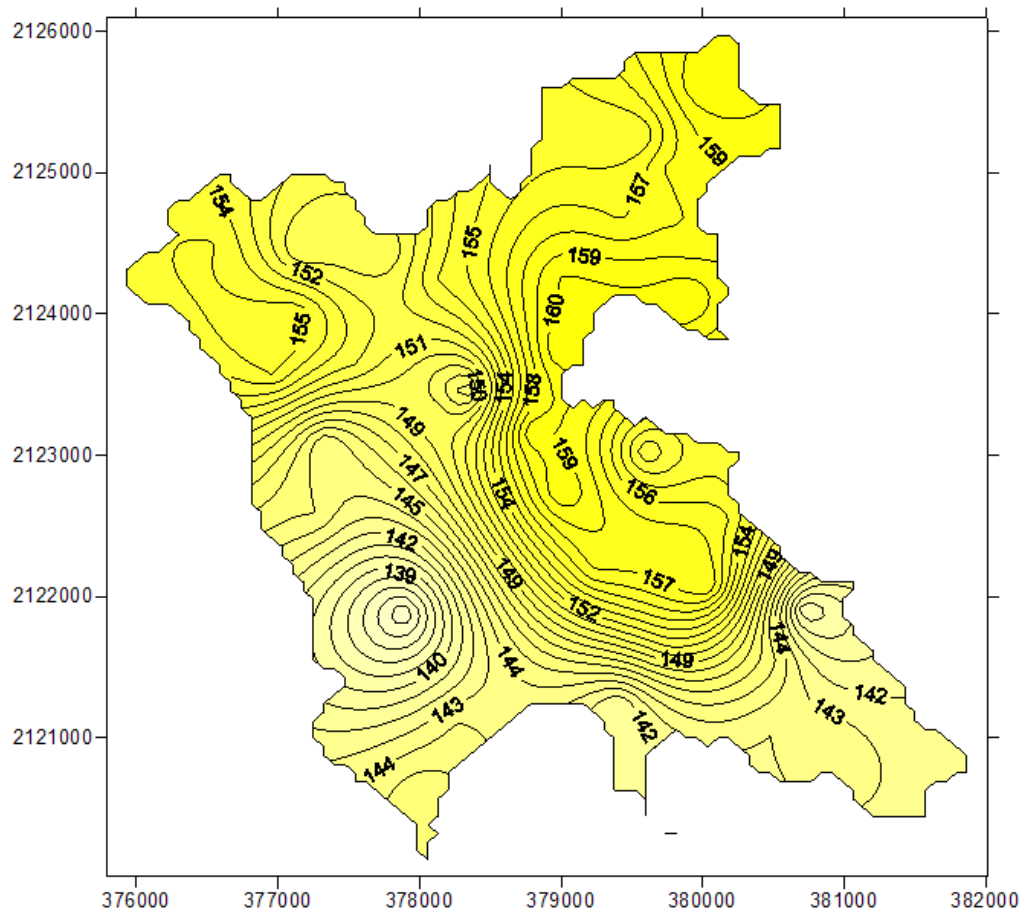


Figura 4.28 Primera Campaña de Muestreo. Conductividad

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

Estación	Temp (°C)	pH	ORP	OD %	OD ppm	μS/cm	μS/cm A	MOhm-c m	TDS (mg/l)	Salinidad	P mbar	Disco secchi (m)	Turb (NTU)	SST (mg/l)
1	21.92	9.44	-564.3	103.7	7.37	138	130	0.0073	69	0.06	827.1	1	8	14.9
2	22.27	9.45	-580.6	103.4	7.3	138	131	0.0073	69	0.06	827.9	1	11	9.2
3	23.79	9.4	-572.9	102.8	7.05	144	141	0.0069	72	0.07	828.1	1	7.1	1.5
4	23.02	9.48	-569.1	102.3	7.12	143	138	0.007	72	0.07	827.9	1.1	8.2	6.3
5	21.69	9.49	-560.1	103.1	7.36	145	136	0.0069	73	0.07	827.8	1.08	11	36.5
6	22.42	9.36	-564	93.1	6.55	151	144	0.0066	76	0.07	827.6	1.07	11	10.08
7	21.99	9.46	-543.1	103.4	7.33	141	133	0.0071	71	0.07	827.4	1.09	11	4.1
8	22.58	9.51	-542.8	110	7.72	139	132	0.0072	69	0.06	827.2	1.21	11	0.9
9	22.59	9.41	-530.2	108.7	7.61	144	138	0.0069	72	0.07	826.9	1.23	11	6.4
10	22.55	9.57	-525.9	109.7	7.69	146	139	0.0069	73	0.07	826.8	1.14	11	8.9
11	22.39	9.47	-522.7	108.8	7.66	144	137	0.0069	72	0.07	826.8	1.17	11	7.5
12	22.13	9.48	-527	108.9	7.67	121	115	0.0082	61	0.06	823.4	1.1	11	5.5
13	22.28	9.49	-524.4	110.2	7.69	134	127	0.0075	67	0.06	818.2	1.28	11	8.9
14	21.91	9.53	-504.2	112.3	7.88	142	134	0.007	71	0.07	817.2	1.05	11	6.7
15	21.92	9.53	-502.8	109.9	7.7	144	136	0.0069	72	0.07	816.5	1.1	11	4.4
16	21.88	9.52	-495.2	109.5	7.67	145	136	0.0069	72	0.07	815.5	1.11	11	1.5
17	22.09	9.55	-509.6	109.7	7.65	144	136	0.007	72	0.07	815.1	1.06	11	3.5
18	22.37	9.51	-495.5	111.6	7.73	148	141	0.0068	74	0.07	814.7	1.03	11	4.6
19	22.27	9.54	-493.1	111.7	7.75	150	142	0.0067	75	0.07	814.2	1.14	12	5.6
20	22.65	9.52	-490.9	112	7.71	146	139	0.0069	73	0.07	814.2	1.09	12	7.5
21	22.68	9.53	-483.8	113.5	7.82	150	144	0.0067	75	0.07	814.3	1.09	12	10.5
22	22.35	9.49	-479.1	109.4	7.58	152	145	0.0066	76	0.07	814	1.06	12	9.2
23	22.47	9.52	-467.9	112.3	7.76	155	148	0.0065	78	0.07	813.9	1	12	791.3
24	22.53	9.52	-469.7	112	7.73	152	145	0.0066	76	0.07	813.8	0.83	12	3.8
25	22.53	9.54	-467.3	115.4	7.96	155	148	0.0065	77	0.07	813.5	0.91	11	12.5
26	22.44	9.56	-460.6	113.4	7.84	156	148	0.0064	78	0.07	813.3	1.07	11	11.4
27	22.18	9.56	-466.9	112.1	7.78	150	142	0.0067	75	0.07	813.1	0.72	11	45.6
28	21.93	9.56	-465.2	112.5	7.85	151	142	0.0066	75	0.07	813.1	1.1	11	6.2
29	21.49	9.56	-473.5	108.1	7.61	150	140	0.0067	75	0.07	813	1.15	11	1.9
30	21.53	9.55	-471.1	107.8	7.58	154	144	0.0065	77	0.07	813	1	11	4.3
31	21.78	9.53	-464.2	109.5	7.66	156	146	0.0064	78	0.07	813	0.95	11	6
32	21.82	9.58	-453.4	115.8	8.1	157	148	0.0064	79	0.07	813.1	1	12	9.3
33	21.68	9.57	-458.8	114.5	8.03	157	148	0.0064	79	0.07	813.4	0.92	12	9.3
34	22.37	9.52	-466.3	108.5	7.5	156	148	0.0064	78	0.07	813.3	1	11	7.9
35	22.79	9.51	-459.9	112.3	7.7	155	149	0.0065	77	0.07	813.3	1	10	8.4
36	22.55	9.48	-446.1	111.6	7.7	161	154	0.0062	81	0.08	813.4	1.03	10	5.4
37	22.18	9.5	-452.1	113.4	7.88	157	149	0.0064	79	0.07	813.5	1	11	16.5
38	22.19	9.45	-455.7	104	7.22	158	150	0.0063	79	0.07	813.4	0.96	11	13.4
39	22.54	9.45	-448.9	107.6	7.43	158	151	0.0063	79	0.07	813.8	1.05	12	9.9
40	22.93	9.49	-442.4	114.9	7.87	161	155	0.0062	80	0.08	813.9	0.86	12	9.1
41	23.57	9.44	-445.7	109.9	7.44	160	156	0.0062	80	0.07	813.9	1	12	10.9
42	23.31	9.51	-437.4	118.8	8.07	161	156	0.0062	80	0.08	813.7	0.89	13	27.8
43	23.24	9.49	-445.4	117	7.96	159	154	0.0063	80	0.07	813.6	0.88	12	109.6
44	22.76	9.52	-437.8	118.4	8.13	160	153	0.0063	80	0.07	813.3	0.97	12	13.4
45	22.93	9.53	-432.4	121.2	8.29	160	154	0.0062	80	0.07	813.1	0.89	12	12.3
46	22.56	9.54	-440.2	116.1	7.99	157	149	0.0064	78	0.07	812.9	0.8	11	7.9
47	22.35	9.52	-431.5	113.3	7.84	159	151	0.0063	79	0.07	812.9	1	11	8.3
48	22.64	9.51	-448.1	116	8	152	145	0.0066	76	0.07	815.1	1	11	7.3
49	22.59	9.52	-437.7	112.2	7.75	156	149	0.0064	78	0.07	814.8	1	11	12.1
50	22.62	9.55	-430.3	115.6	7.97	158	151	0.0063	79	0.07	814.5	0.86	10	16.3

Tabla 4.5 Parámetros obtenidos en la Primera Campaña de Muestreo.

2ª Campaña de Muestreo

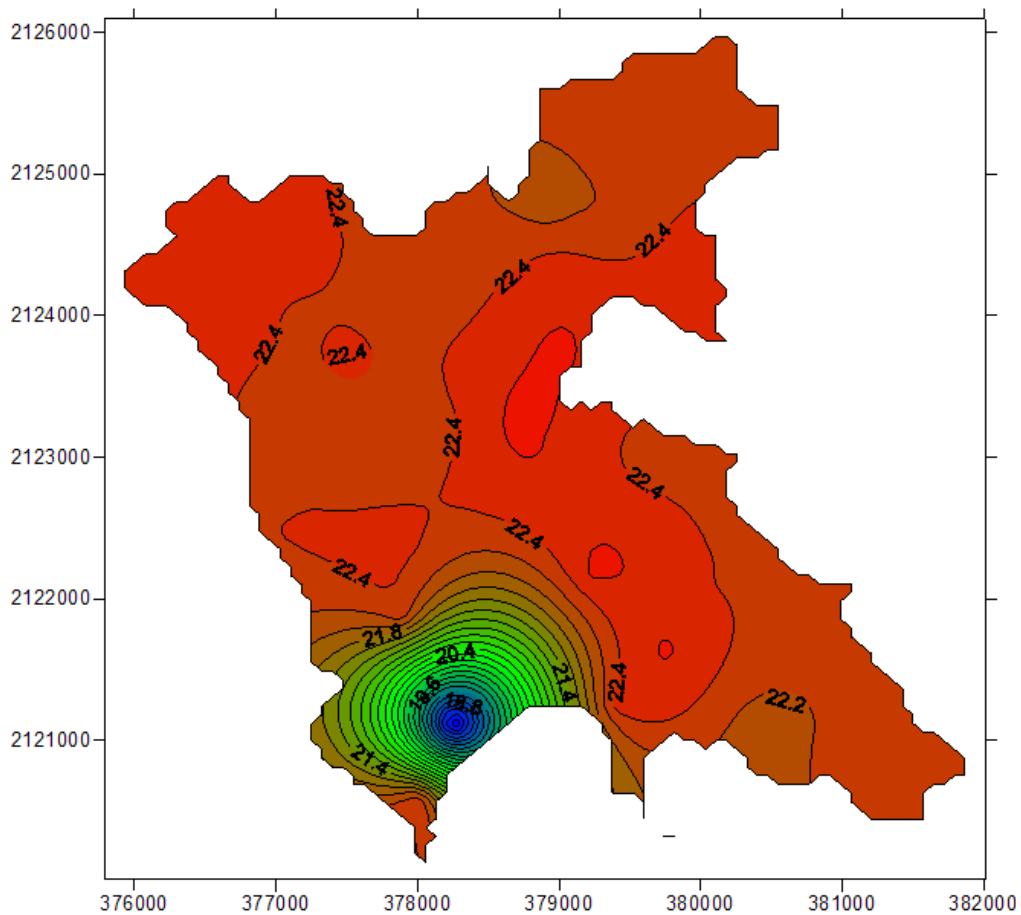
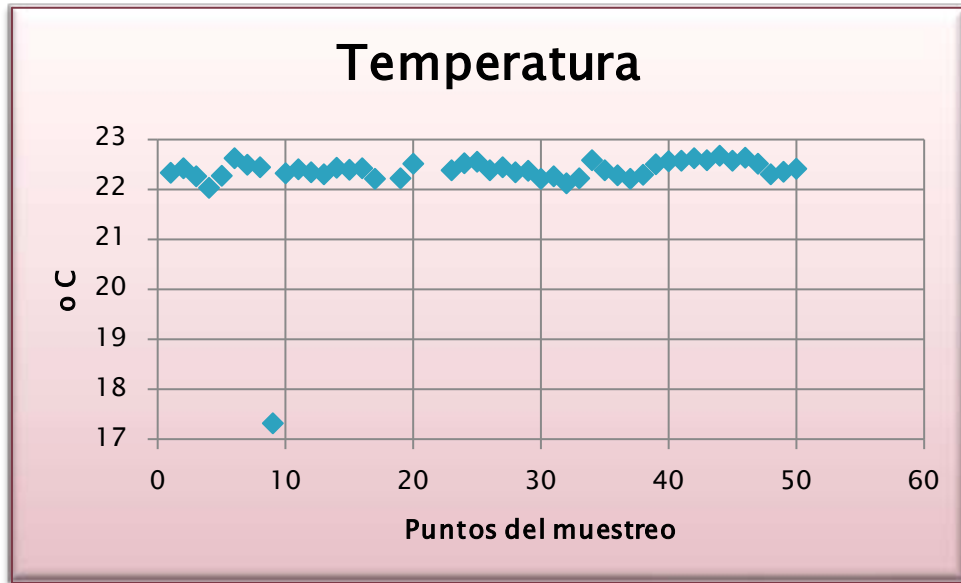


Figura 4.29 Segunda Campaña de Muestreo. Temperatura

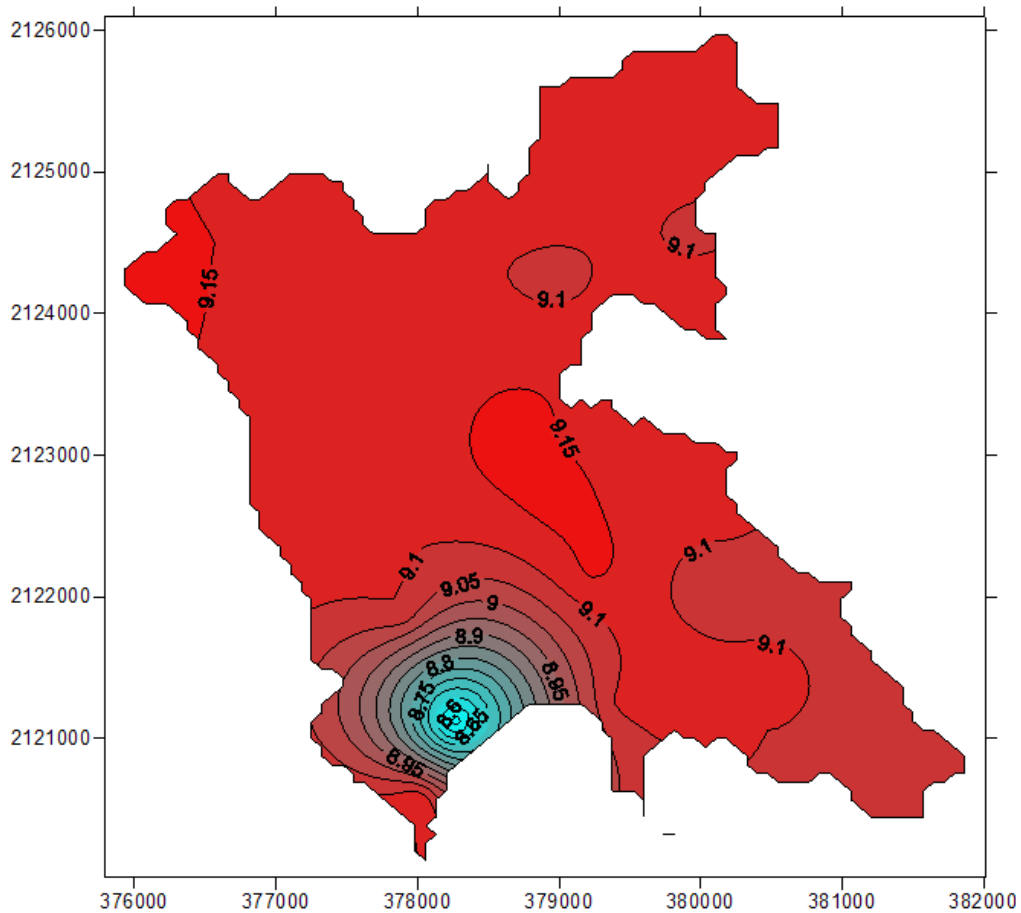
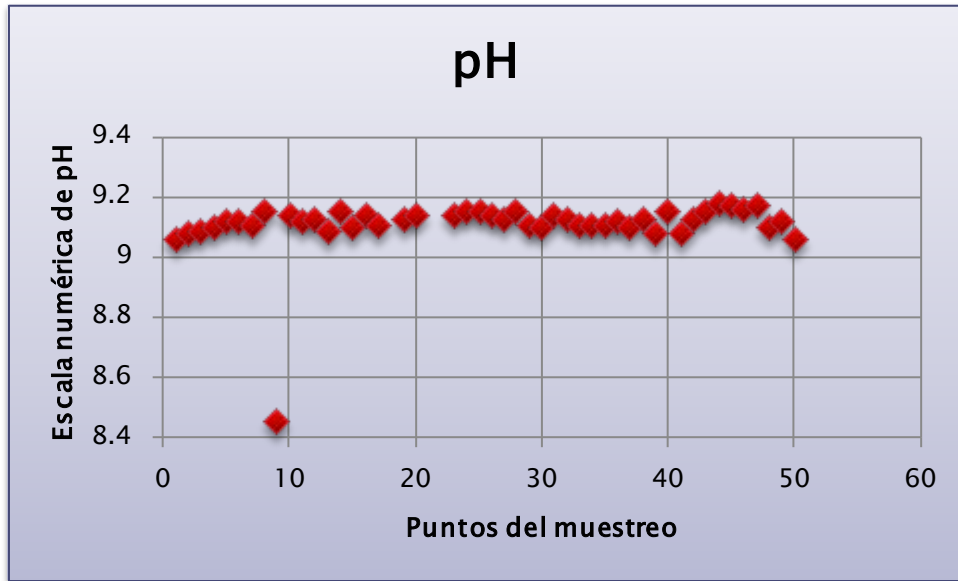


Figura 4.30 Segunda Campaña de Muestreo. pH

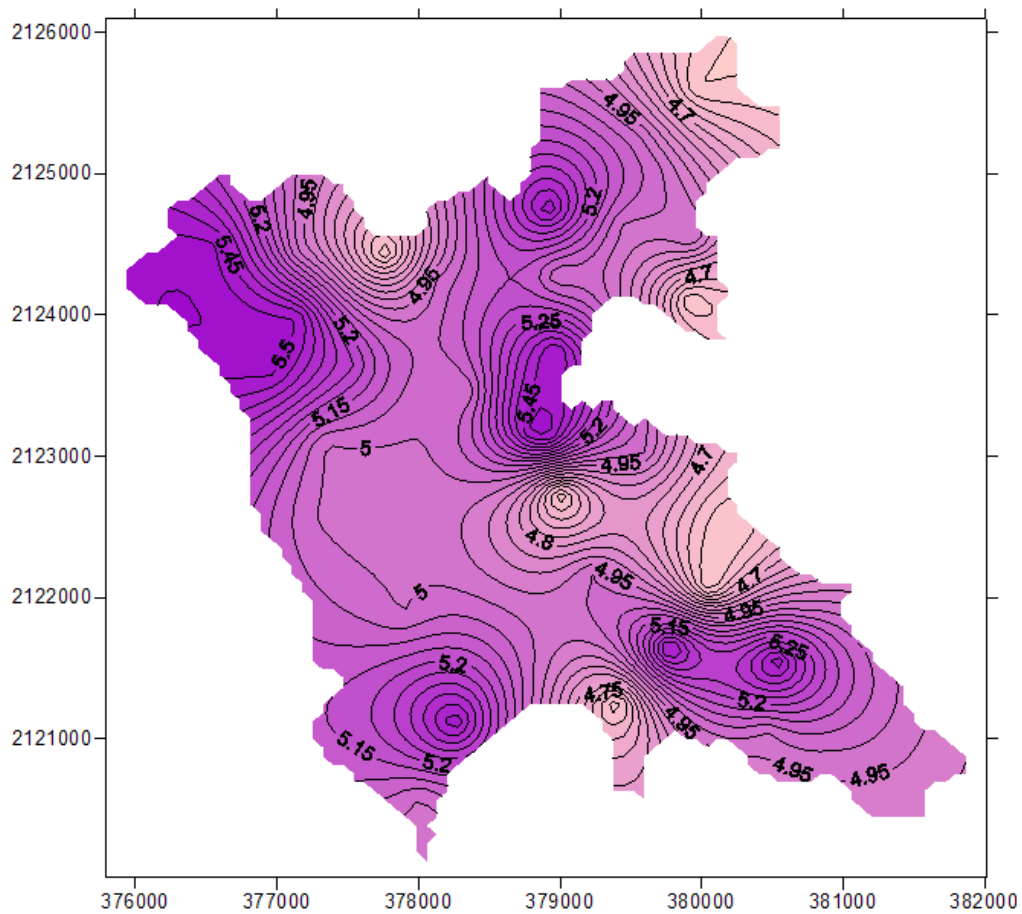
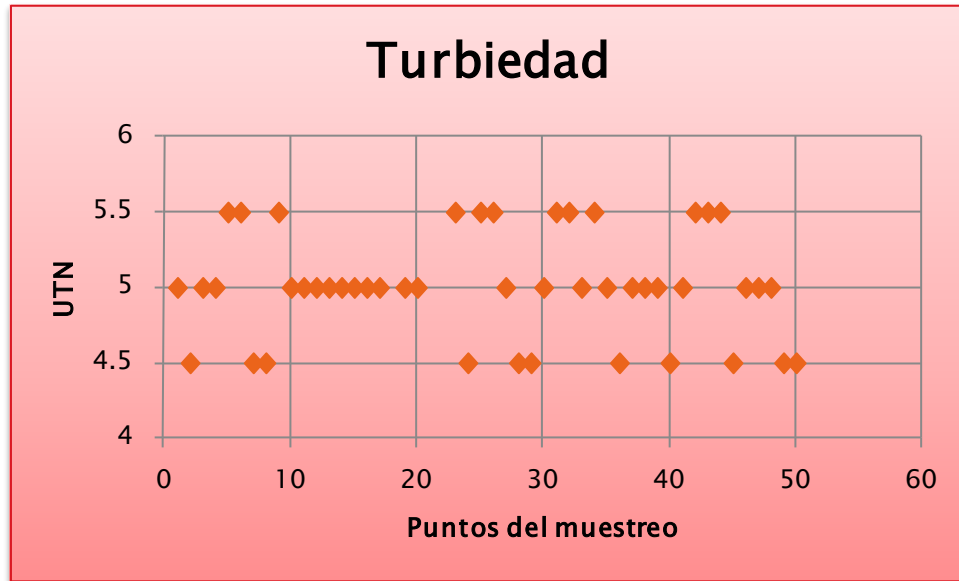


Figura 4.31 Segunda Campaña de Muestreo. Turbiedad

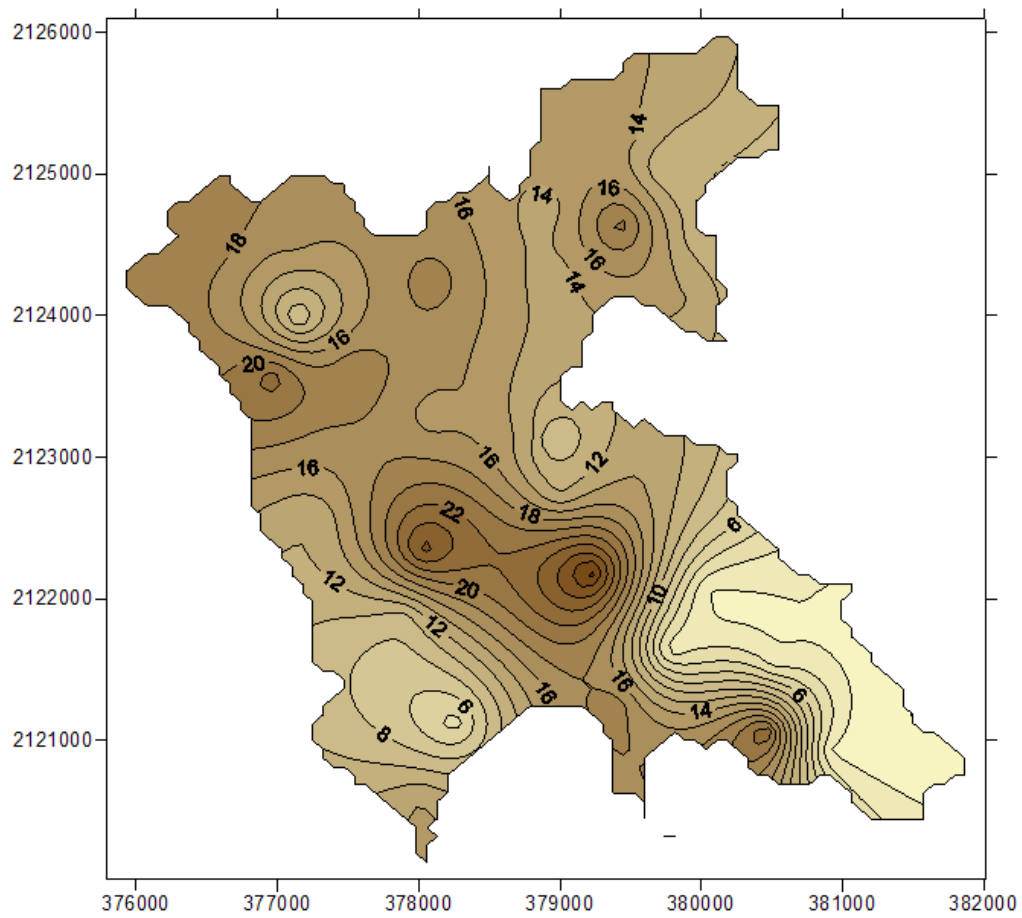
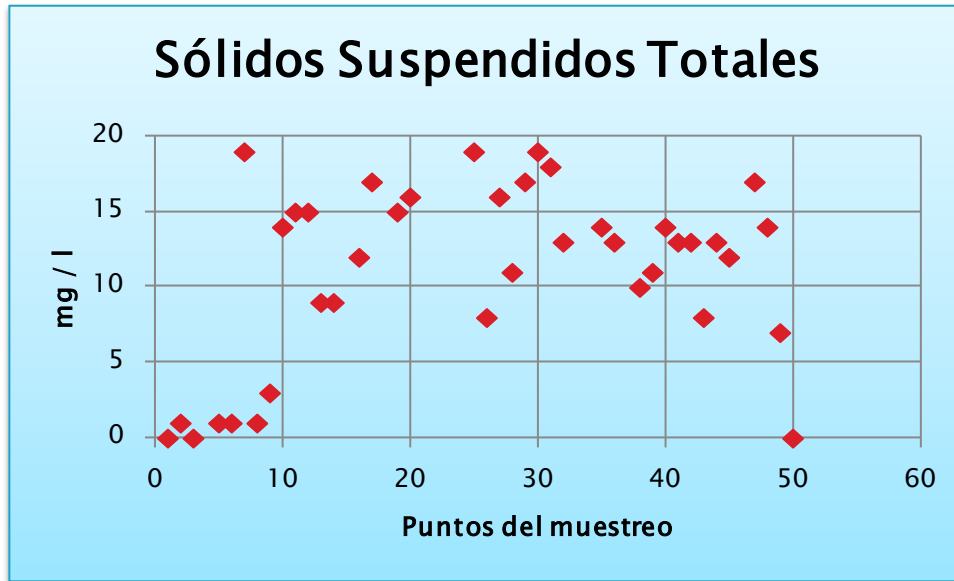


Figura 4.32 Segunda Campaña de Muestreo. SST

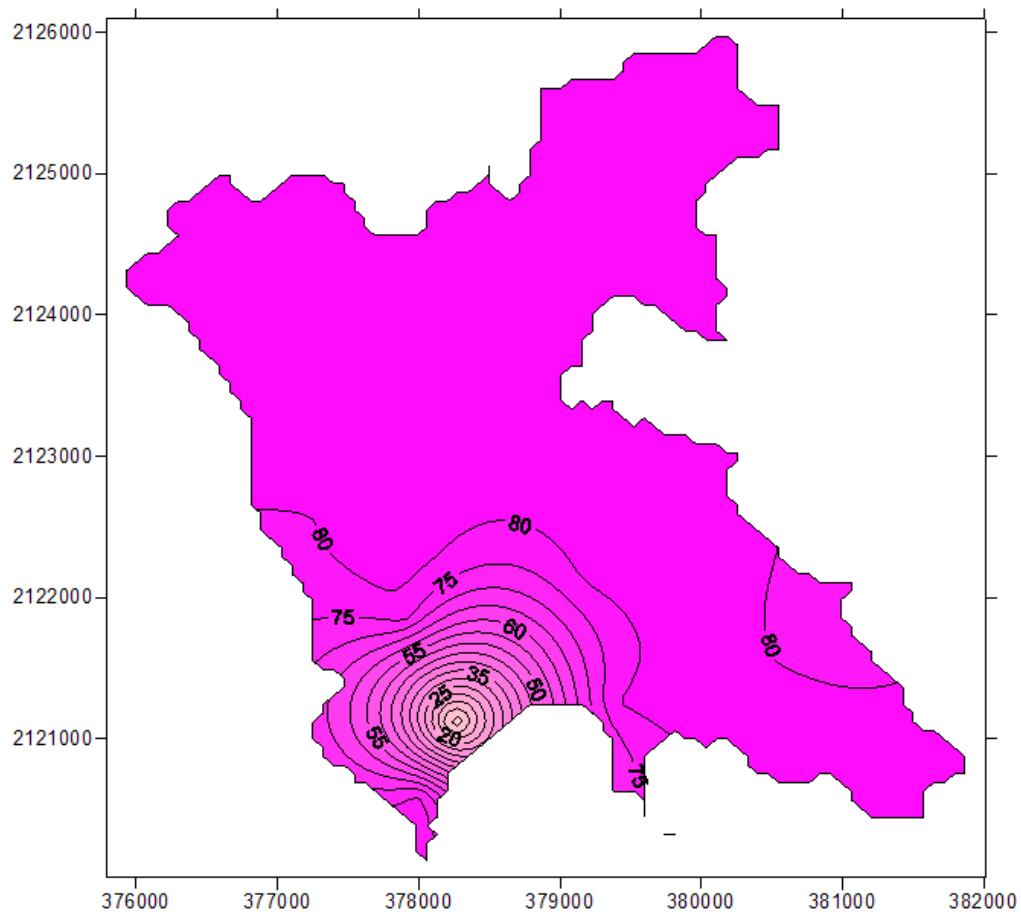
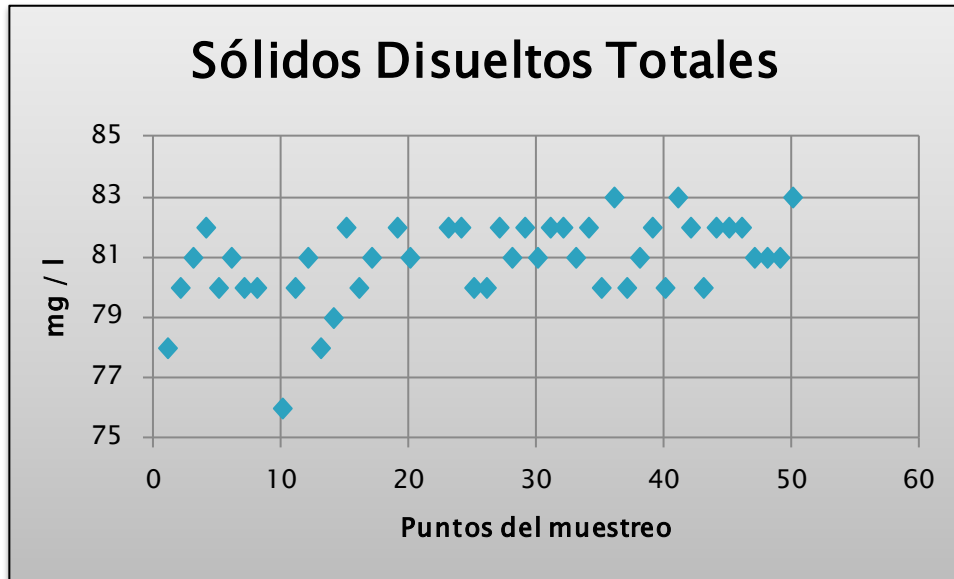


Figura 4.33 Segunda Campaña de Muestreo. SDT

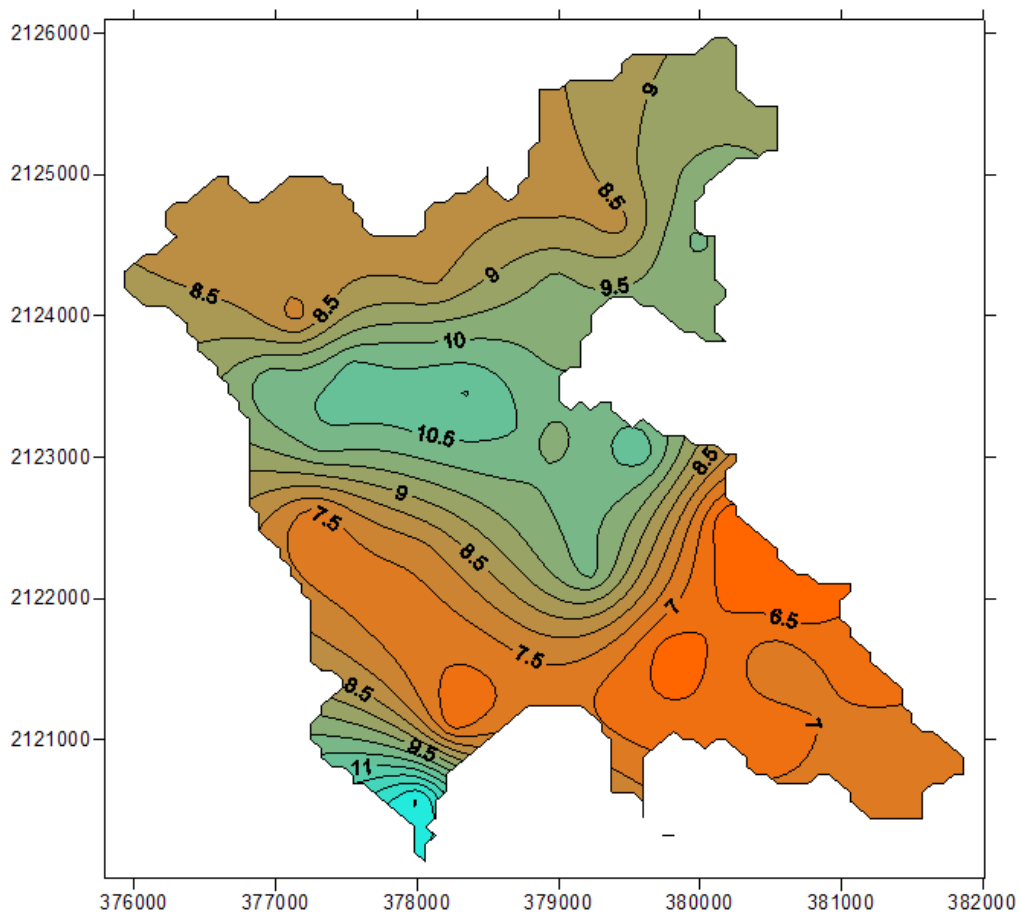
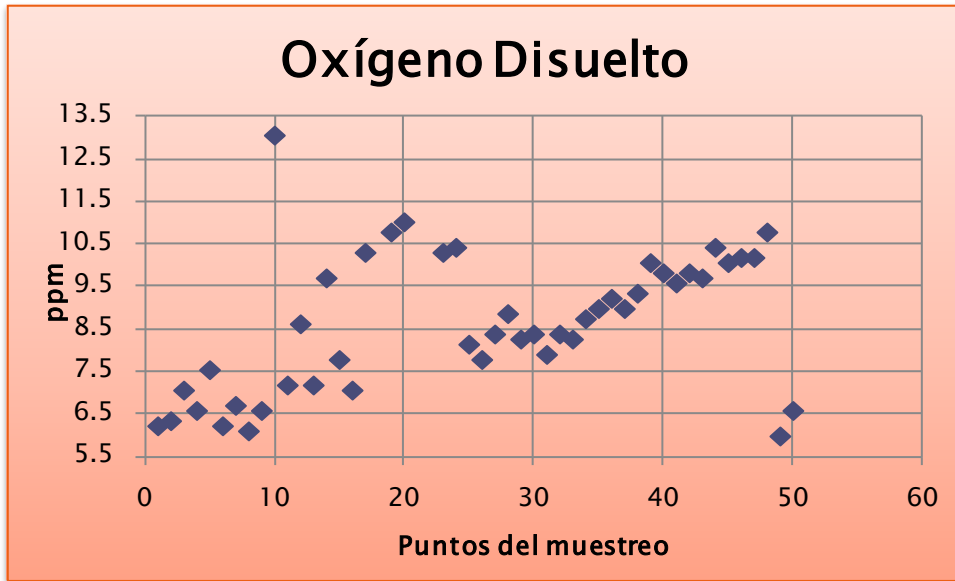


Figura 4.34 Segunda Campaña de Muestreo. O2 disuelto

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

Estación	Temp (°C)	pH	ORP	OD %	OD ppm	µS/cm	µS/cm A	MOhm-c m	TDS (mg/l)	Salinidad	P mbar	Disco secchi (m)	Turb (NTU)	SST (mg/l)
1	22.33	9.06	-507	89.68	6.24	156	148	0.0064	78	0.07	828.3	1.69	5	0
2	22.42	9.08	-436.4	91.41	6.36	161	153	0.0062	80	0.08	828.8	1.97	4.5	1
3	22.26	9.09	-445.1	101.75	7.08	163	154	0.0061	81	0.08	828.6	2.03	5	0
4	22.03	9.1	-438	94.85	6.6	165	155	0.0061	82	0.08	828.8	1.57	5	24
5	22.27	9.12	-421.7	108.65	7.56	161	153	0.0062	80	0.08	827.7	1.86	5.5	1
6	22.62	9.12	-414	89.68	6.24	162	155	0.0062	81	0.08	827.1	1.69	5.5	1
7	22.49	9.11	-422	96.58	6.72	160	152	0.0063	80	0.07	826.6	1.77	4.5	19
8	22.44	9.15	-424.1	87.96	6.12	161	153	0.0062	80	0.08	827.3	1.88	4.5	1
9	17.34	8.46	-21.6	94.85	6.6	1	1	1	0	0	827.4	1.72	5.5	3
10	22.32	9.14	-441.1	187.99	13.08	152	145	0.0066	76	0.07	826.1	1.69	5	14
11	22.4	9.12	-427.9	103.48	7.2	159	151	0.0063	80	0.07	825.3	1.74	5	15
12	22.34	9.13	-413.1	124.17	8.64	162	154	0.0062	81	0.08	815.2	1.96	5	15
13	22.3	9.09	-415.8	103.48	7.2	157	149	0.0064	78	0.07	814.4	1.82	5	9
14	22.43	9.15	-425.4	139.7	9.72	158	150	0.0063	79	0.07	813.7	1.83	5	9
15	22.39	9.1	-408.5	112.1	7.8	164	156	0.0061	82	0.08	816.6	1.71	5	27
16	22.42	9.14	-423.6	101.75	7.08	160	152	0.0062	80	0.07	824.2	1.78	5	12
17	22.21	9.11	-389.9	148.32	10.32	162	153	0.0062	81	0.08	813	1.65	5	17
19	22.22	9.13	-382.9	155.22	10.8	164	155	0.0061	82	0.08	813	1.43	5	15
20	22.51	9.14	-386.6	158.67	11.04	163	155	0.0061	81	0.08	812.7	1.49	5	16
23	22.38	9.14	-394.1	148.32	10.32	164	156	0.0061	82	0.08	813.1	1.61	5.5	23
24	22.52	9.15	-388.4	150.04	10.44	163	156	0.0061	82	0.08	812.5	1.49	4.5	24
25	22.55	9.15	-406.2	117.28	8.16	161	153	0.0062	80	0.08	812.5	1.69	5.5	19
26	22.38	9.14	-419.4	112.1	7.8	160	152	0.0063	80	0.07	812.8	1.8	5.5	8
27	22.44	9.13	-404.4	120.72	8.4	164	156	0.0061	82	0.08	811.9	1.83	5	16
28	22.34	9.15	-407.6	127.62	8.88	162	154	0.0062	81	0.08	811.4	1.91	4.5	11
29	22.37	9.11	-398.9	119	8.28	165	157	0.0061	82	0.08	811.1	1.79	4.5	17
30	22.21	9.1	-404.6	120.72	8.4	163	154	0.0061	81	0.08	810.8	1.88	5	19
31	22.26	9.14	-404.5	113.83	7.92	165	156	0.0061	82	0.08	810.8	1.58	5.5	18
32	22.12	9.13	-398.6	120.72	8.4	165	156	0.0061	82	0.08	811	1.7	5.5	13
33	22.22	9.11	-393.9	119	8.28	162	154	0.0062	81	0.08	810.8	1.81	5	21
34	22.58	9.11	-386.3	125.9	8.76	164	157	0.0061	82	0.08	810.8	1.88	5.5	21
35	22.38	9.11	-403.5	129.35	9	159	151	0.0063	80	0.07	810.9	1.48	5	14
36	22.28	9.12	-391.4	132.8	9.24	165	157	0.0061	83	0.08	811	1.73	4.5	13
37	22.21	9.1	-410.6	129.35	9	160	151	0.0063	80	0.07	811.2	1.96	5	38
38	22.29	9.13	-396.7	134.52	9.36	162	154	0.0062	81	0.08	811.2	1.8	5	10
39	22.5	9.08	-403.8	144.87	10.08	165	157	0.0061	82	0.08	811.4	1.83	5	11
40	22.56	9.15	-402.7	141.42	9.84	160	153	0.0062	80	0.07	811.5	1.59	4.5	14
41	22.57	9.08	-393.3	137.97	9.6	166	158	0.006	83	0.08	812.1	1.67	5	13
42	22.62	9.13	-397.4	141.42	9.84	165	157	0.0061	82	0.08	812.2	1.61	5.5	13
43	22.58	9.15	-415.8	139.7	9.72	160	153	0.0062	80	0.08	812.5	1.58	5.5	8
44	22.67	9.18	-398.3	150.04	10.44	164	157	0.0061	82	0.08	812.7	1.38	5.5	13
45	22.57	9.17	-387.5	144.87	10.08	164	157	0.0061	82	0.08	811.2	1.56	4.5	12
46	22.63	9.16	-385.4	146.59	10.2	164	157	0.0061	82	0.08	813.2	1.38	5	31
47	22.51	9.17	-394.8	146.59	10.2	163	155	0.0061	81	0.08	812.4	1.43	5	17
48	22.3	9.1	-387.2	155.22	10.8	163	154	0.0061	81	0.08	812.7	1.6	5	14
49	22.35	9.12	-424.7	86.23	6	161	153	0.0062	81	0.08	828.1	1.94	4.5	7
50	22.41	9.06	-442.1	94.85	6.6	167	158	0.006	83	0.08	828.6	1.94	4.5	0

Tabla 4.6 Parámetros obtenidos en la Segunda Campaña de Muestreo.

3^{era} Campaña de Muestreo

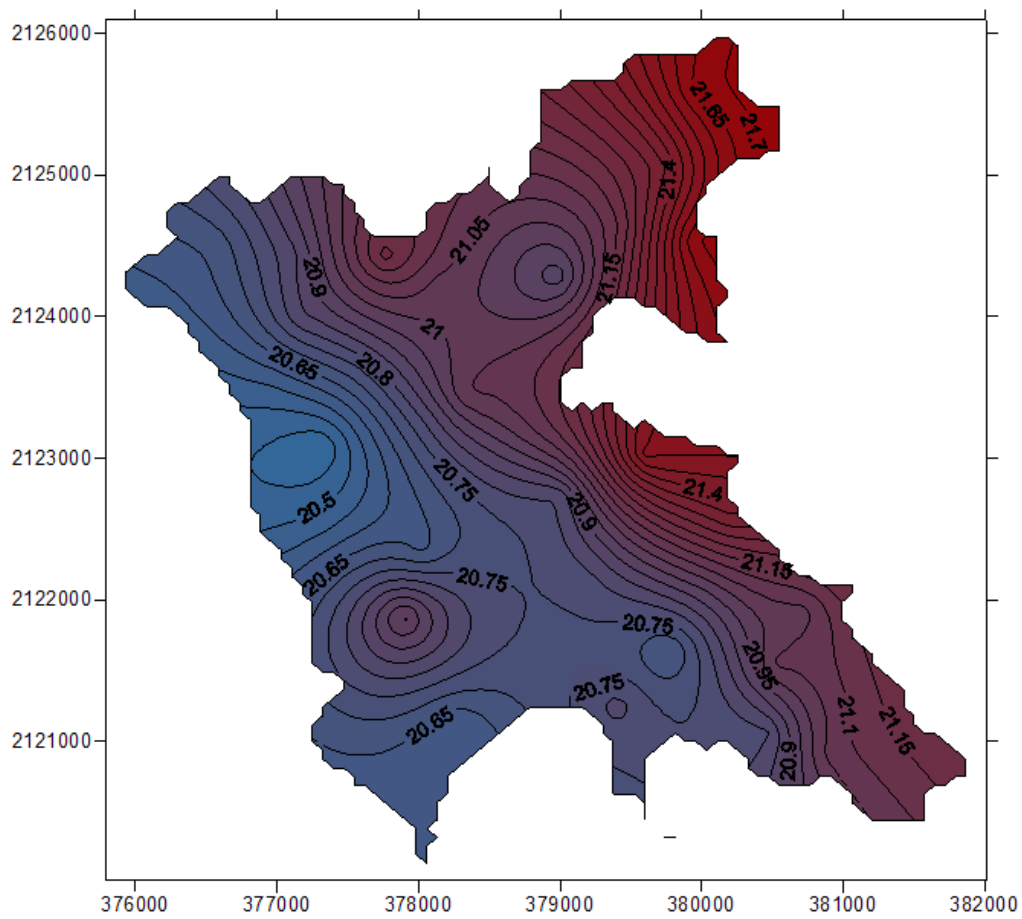
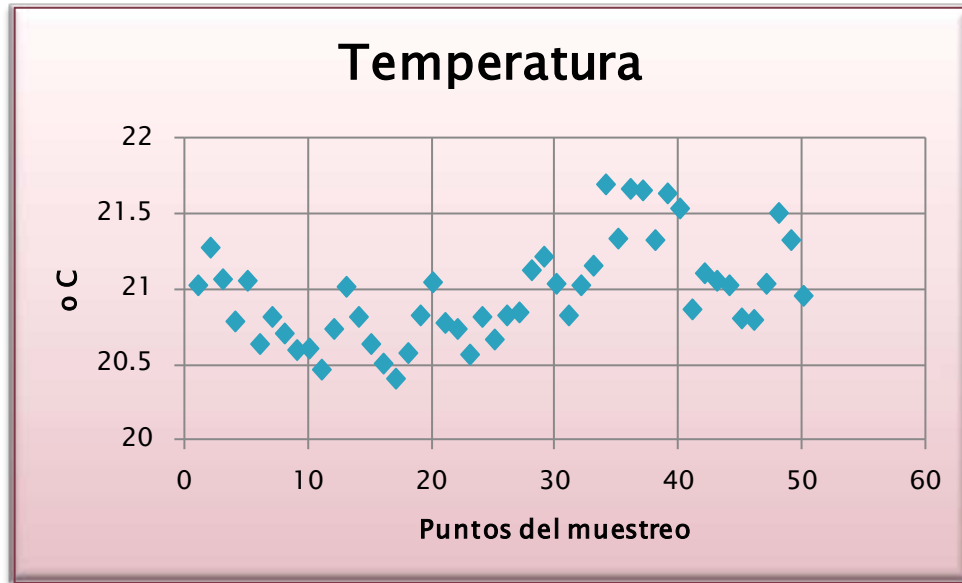


Figura 4.36 Tercera Campaña de Muestreo. Temperatura

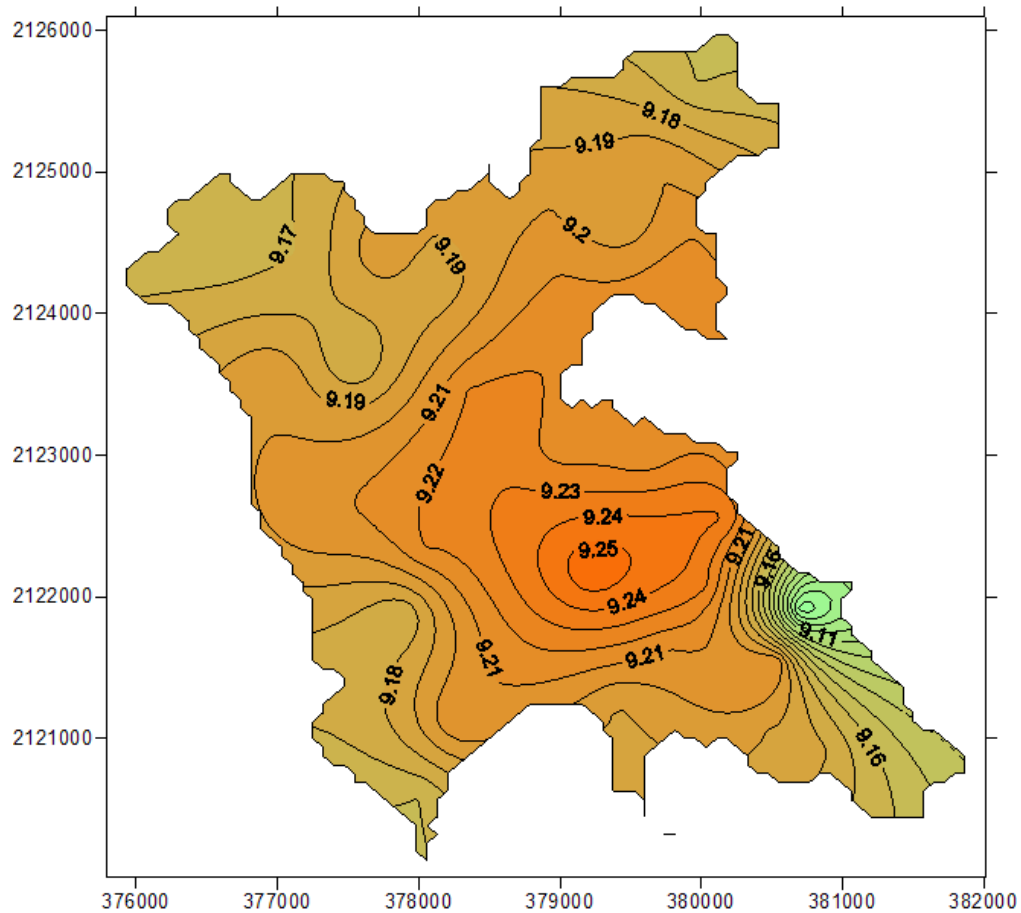
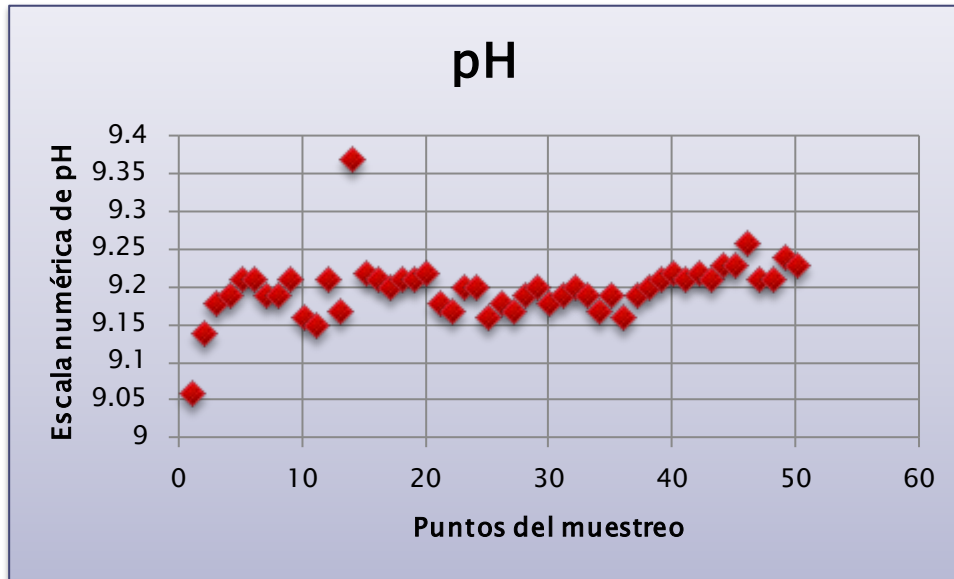


Figura 4.37 Tercera Campaña de Muestreo. pH

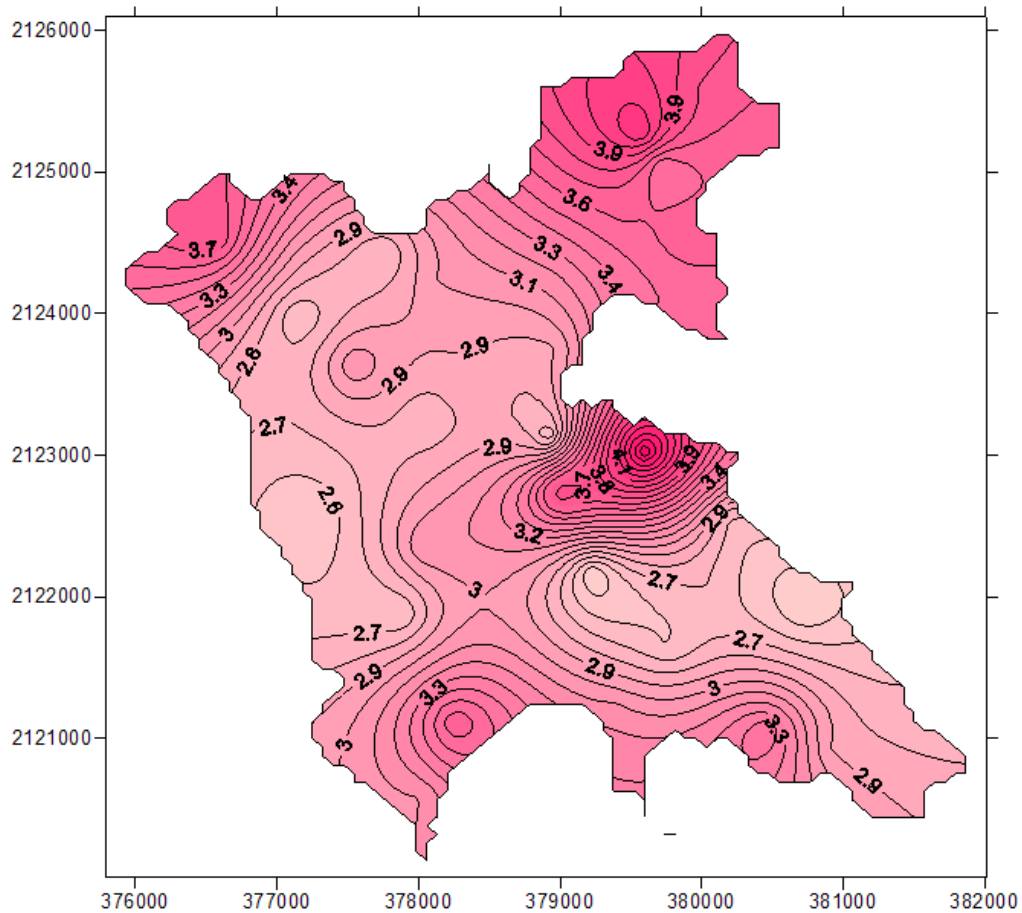
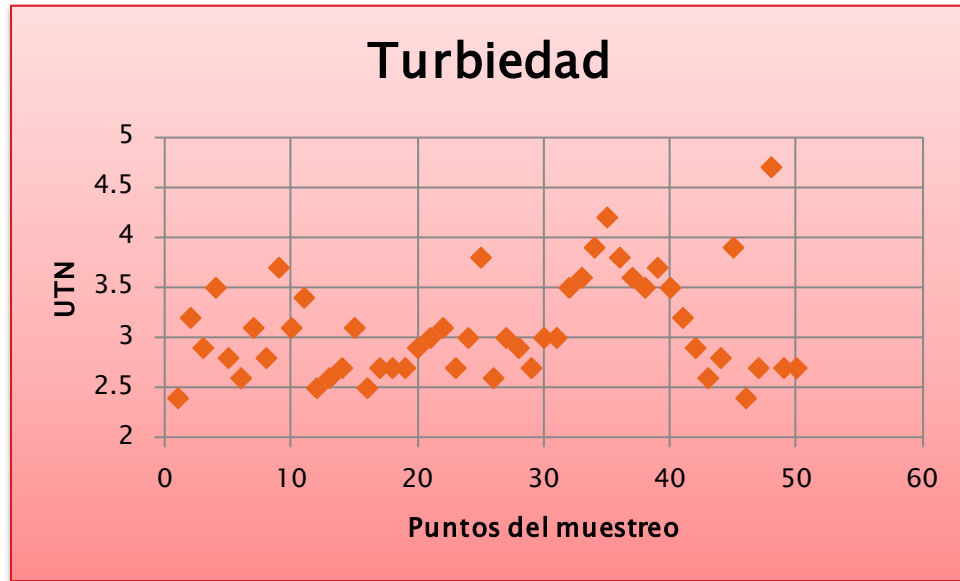


Figura 4.38 Tercera Campaña de Muestreo. Turbiedad

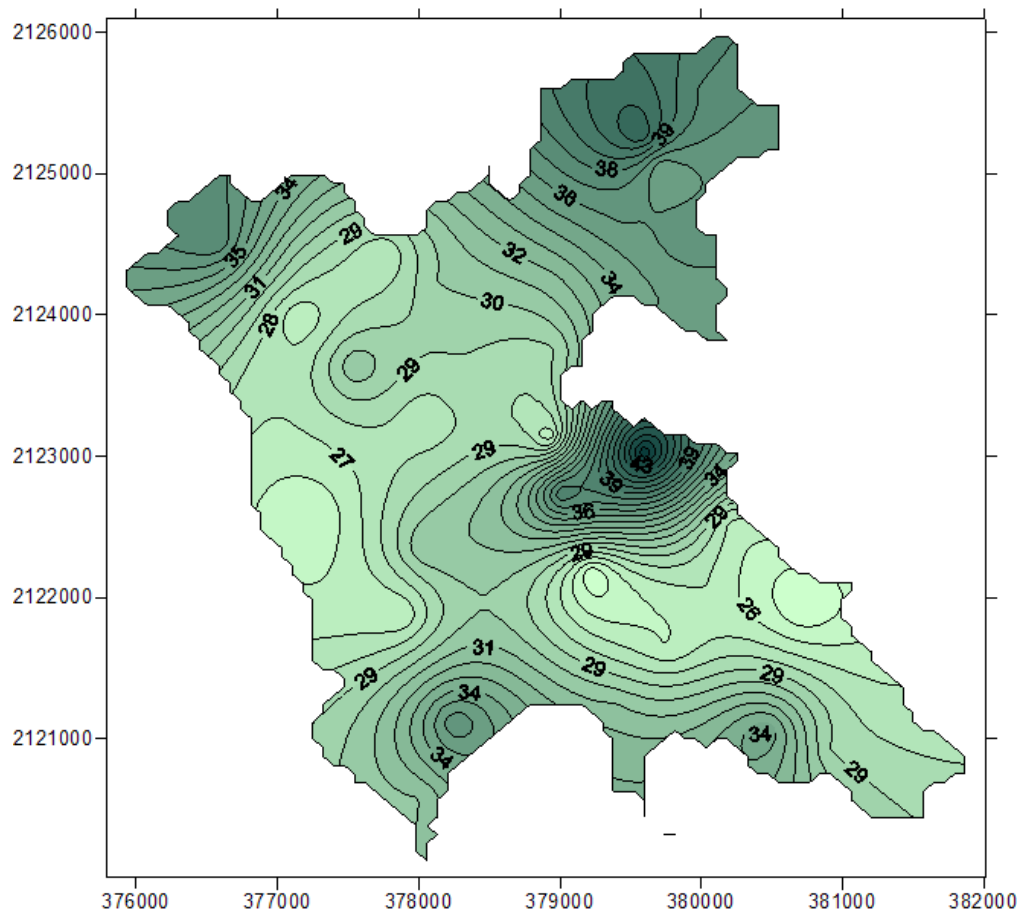
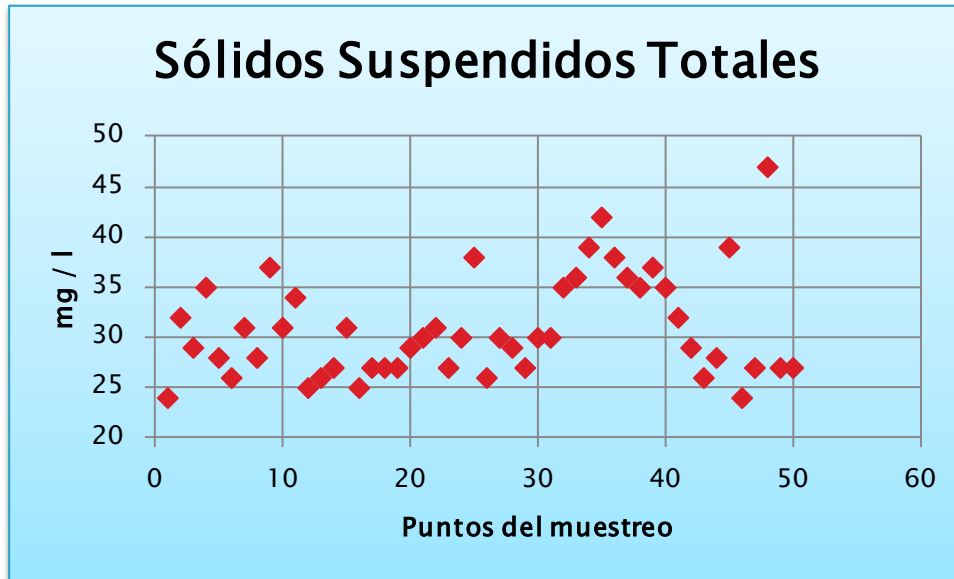


Figura 4.39 Tercera Campaña de Muestreo. SST

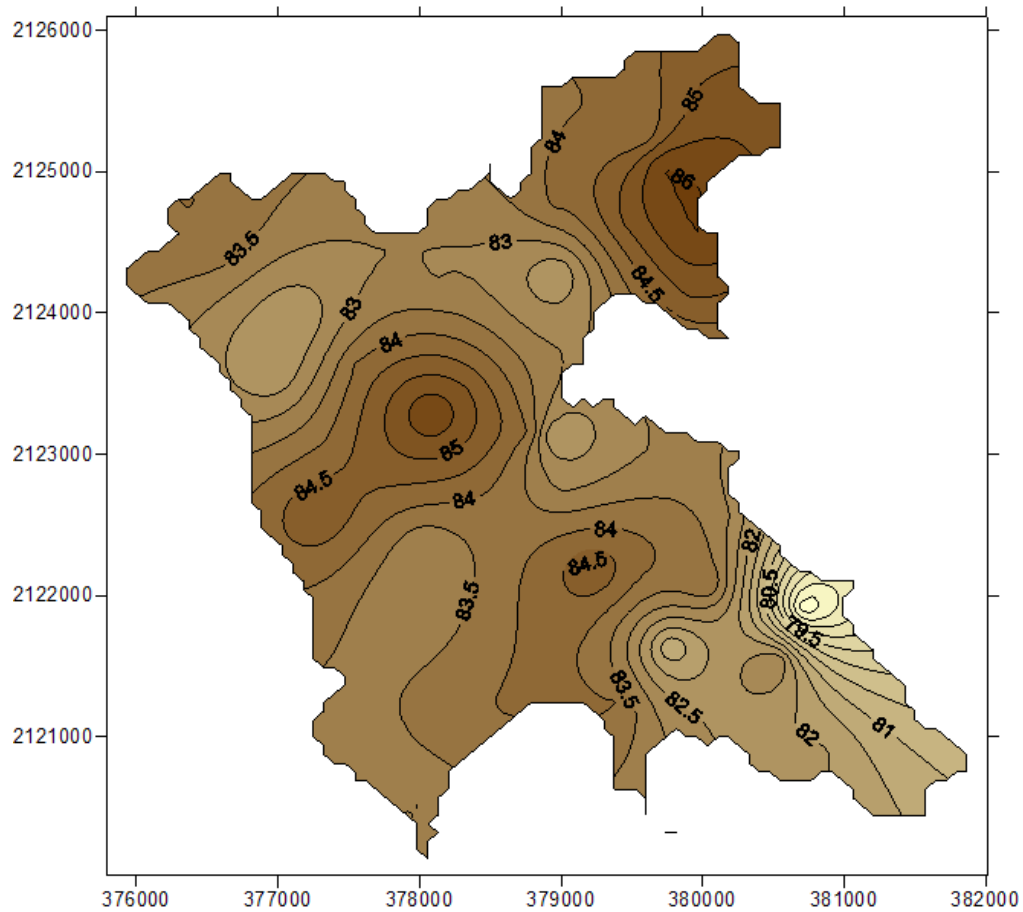
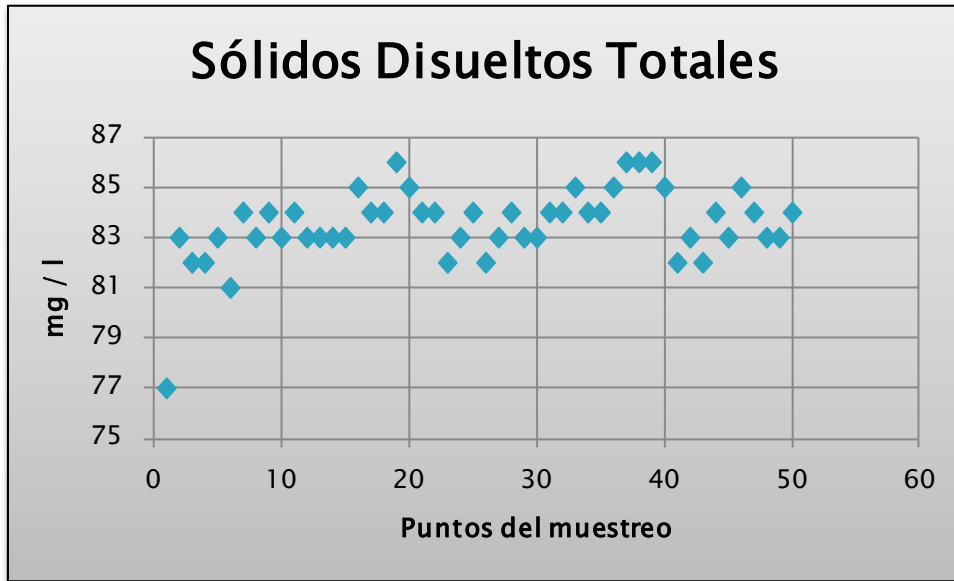


Figura 4.40 Tercera Campaña de Muestreo. SDT

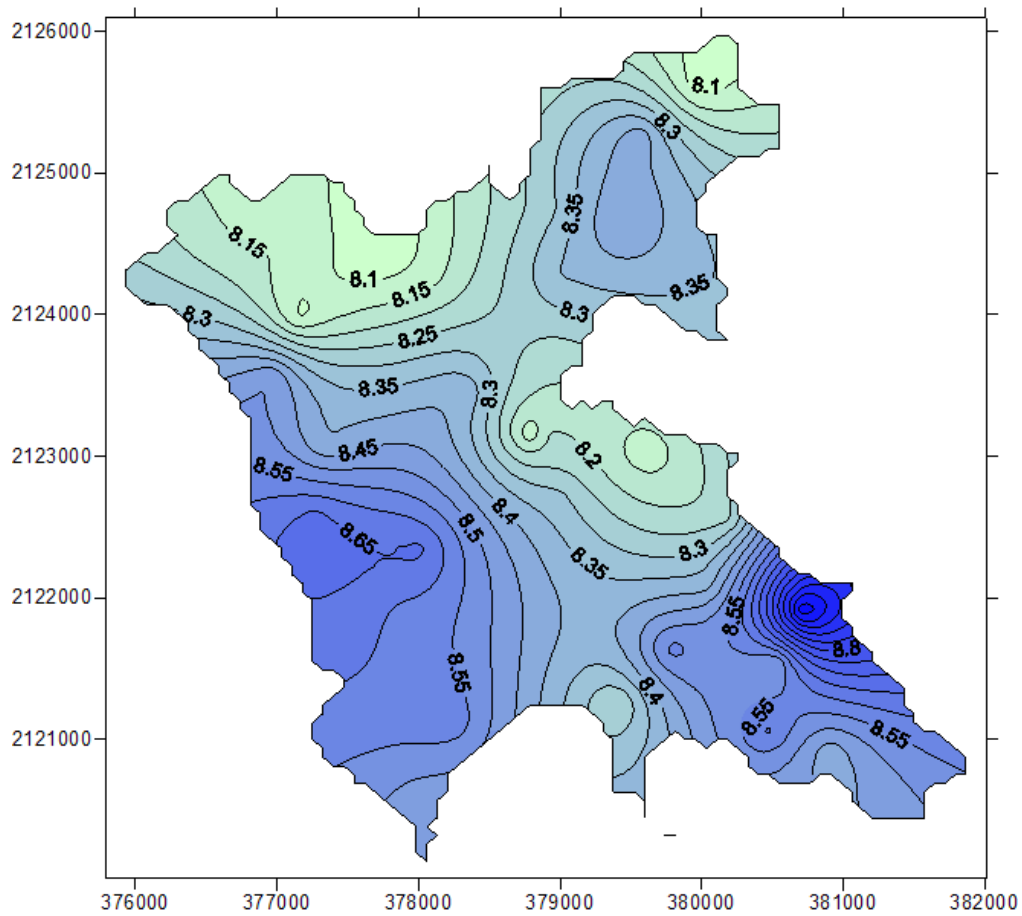
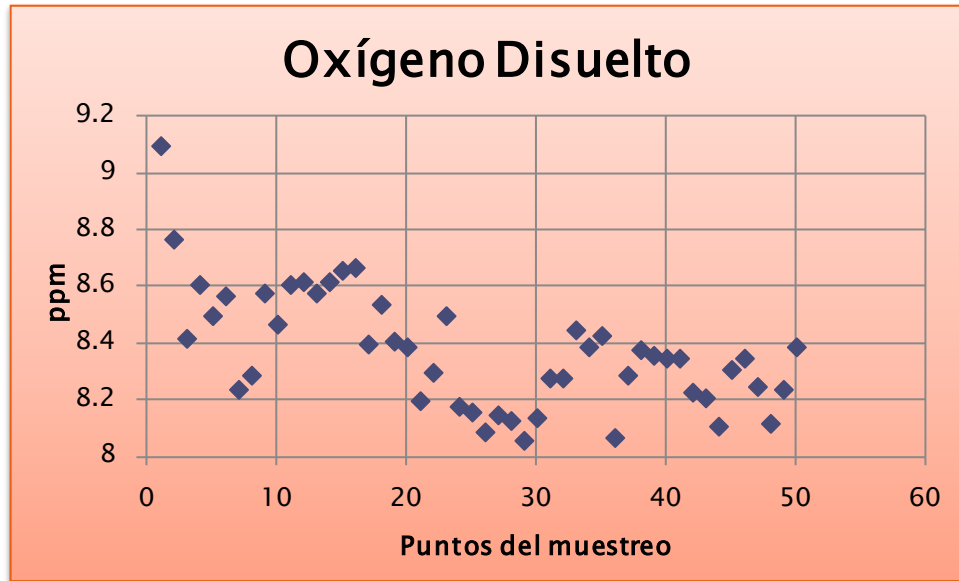


Figura 4.41 Tercera Campaña de Muestreo. O₂ disuelto

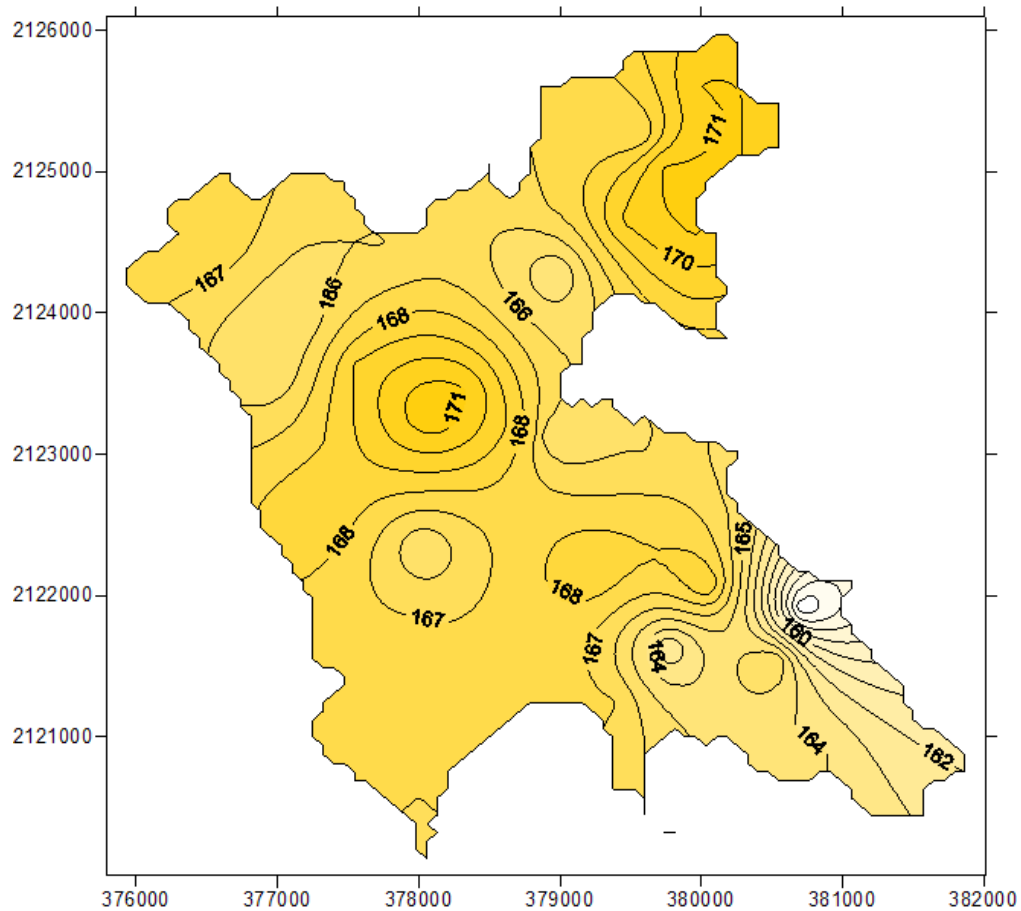
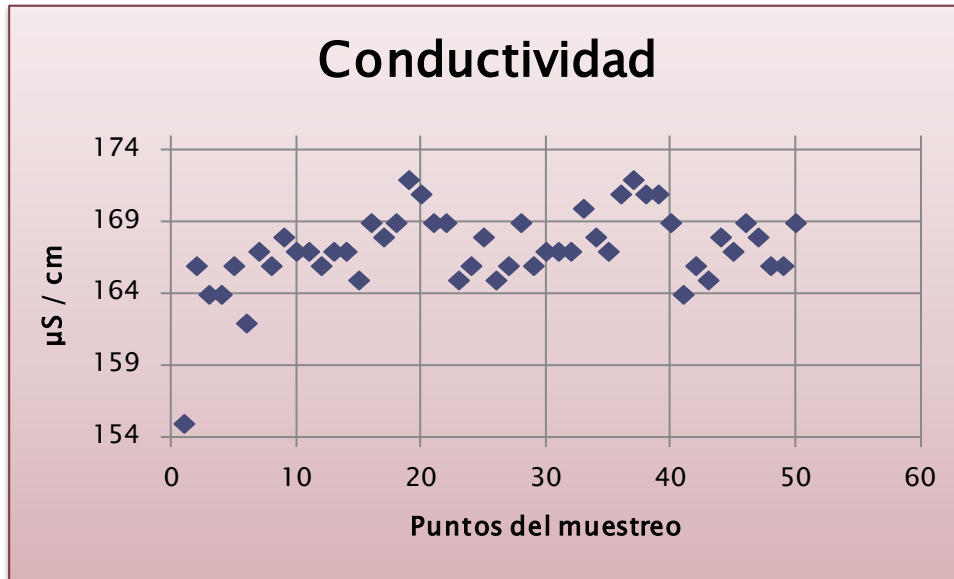


Figura 4.42 Tercera Campaña de Muestreo. Conductividad

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL VASO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO A PARTIR DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO (PROYECTO PAPIIT 2010 - 2011)

Estación	Temp (°C)	pH	ORP	OD %	OD ppm	µS/cm	µS/cm A	MOhm-c m	TDS (mg/l)	Salinidad	P mbar	Disco secchi (m)	Turb (NTU)	SST (mg/l)
1	21.03	9.06	-499	125.9	9.1	155	143	0.0065	77	0.07	827.1	827.1	2.4	24
2	21.28	9.14	-420.2	122.1	8.77	166	154	0.006	83	0.08	826	826	3.2	32
3	21.07	9.18	-405.1	116.8	8.42	164	152	0.0061	82	0.08	825.7	825.7	2.9	29
4	20.79	9.19	-400.8	118.9	8.61	164	151	0.0061	82	0.08	824.8	824.8	3.5	35
5	21.06	9.21	-394.7	118	8.5	166	154	0.006	83	0.08	824.5	824.5	2.8	28
6	20.64	9.21	-400	118.1	8.57	162	149	0.0062	81	0.08	823.9	823.9	2.6	26
7	20.82	9.19	-392.8	114	8.24	167	154	0.006	84	0.08	823.7	823.7	3.1	31
8	20.71	9.19	-395	114.5	8.29	166	153	0.006	83	0.08	823.5	823.5	2.8	28
9	20.6	9.21	-393.1	118.3	8.58	168	154	0.006	84	0.08	823.2	823.2	3.7	37
10	20.61	9.16	-393.1	116.8	8.47	167	153	0.006	83	0.08	823.1	823.1	3.1	31
11	20.47	9.15	-399.3	118.5	8.61	167	153	0.006	84	0.08	822.8	822.8	3.4	34
12	20.74	9.21	-412.1	119.3	8.62	166	152	0.006	83	0.08	822.5	822.5	2.5	25
13	21.02	9.17	-397.8	119.4	8.58	167	154	0.006	83	0.08	822.3	822.3	2.6	26
14	20.82	9.37	-397	119.5	8.62	167	153	0.006	83	0.08	822.4	822.4	2.7	27
15	20.64	9.22	-403	119.7	8.66	165	152	0.006	83	0.08	822.2	822.2	3.1	31
16	20.51	9.21	-402.6	119.4	8.67	169	155	0.0059	85	0.08	822.1	822.1	2.5	25
17	20.41	9.2	-395.1	115.5	8.4	168	154	0.0059	84	0.08	822	822	2.7	27
18	20.58	9.21	-395.6	117.9	8.54	169	155	0.0059	84	0.08	821.8	821.8	2.7	27
19	20.83	9.21	-384.8	116.7	8.41	172	159	0.0058	86	0.08	821.9	821.9	2.7	27
20	21.05	9.22	-390.1	116.8	8.39	171	158	0.0059	85	0.08	821.9	821.9	2.9	29
21	20.78	9.18	-398	113.6	8.2	169	155	0.0059	84	0.08	821.9	821.9	3	30
22	20.74	9.17	-395	114.9	8.3	169	155	0.0059	84	0.08	821.8	821.8	3.1	31
23	20.57	9.2	-420.4	117.3	8.5	165	151	0.0061	82	0.08	821.7	821.7	2.7	27
24	20.82	9.2	-409.2	113.4	8.18	166	153	0.006	83	0.08	821.8	821.8	3	30
25	20.67	9.16	-402.8	112.9	8.16	168	154	0.006	84	0.08	821.8	821.8	3.8	38
26	20.83	9.18	-414.7	112.2	8.09	165	152	0.0061	82	0.08	822	822	2.6	26
27	20.85	9.17	-408.3	113.1	8.15	166	153	0.006	83	0.08	822.1	822.1	3	30
28	21.13	9.19	-403.3	113.3	8.13	169	156	0.0059	84	0.08	822.4	822.4	2.9	29
29	21.22	9.2	-406.2	112.5	8.06	166	154	0.006	83	0.08	822.5	822.5	2.7	27
30	21.04	9.18	-407	113.4	8.14	167	154	0.006	83	0.08	822.3	822.3	3	30
31	20.83	9.19	-401.1	114.8	8.28	167	154	0.006	84	0.08	822.2	822.2	3	30
32	21.03	9.2	-404.4	115.2	8.28	167	154	0.006	84	0.08	822.4	822.4	3.5	35
33	21.16	9.19	-411	117.8	8.45	170	157	0.0059	85	0.08	823.1	823.1	3.6	36
34	21.7	9.17	-403.7	118.2	8.39	168	157	0.006	84	0.08	823.3	823.3	3.9	39
35	21.34	9.19	-405	117.9	8.43	167	156	0.006	84	0.08	823.4	823.4	4.2	42
36	21.67	9.16	-400.7	113.7	8.07	171	160	0.0059	85	0.08	823.4	823.4	3.8	38
37	21.66	9.19	-396.4	116.6	8.29	172	161	0.0058	86	0.08	823.2	823.2	3.6	36
38	21.33	9.2	-398.1	117.3	8.38	171	159	0.0058	86	0.08	822.5	822.5	3.5	35
39	21.64	9.21	-398.4	118.8	8.36	171	160	0.0058	86	0.08	815.5	815.5	3.7	37
40	21.54	9.22	-395.9	118.6	8.35	169	158	0.0059	85	0.08	814.5	814.5	3.5	35
41	20.87	9.21	-412.8	117.2	8.35	164	151	0.0061	82	0.08	813.4	813.4	3.2	32
42	21.11	9.22	-407.9	116.1	8.23	166	154	0.006	83	0.08	813.2	813.2	2.9	29
43	21.06	9.21	-409.2	115.7	8.21	165	152	0.0061	82	0.08	812.7	812.7	2.6	26
44	21.03	9.23	-394.9	114.4	8.11	168	155	0.006	84	0.08	812.4	812.4	2.8	28
45	20.81	9.23	-390.5	116.6	8.31	167	154	0.006	83	0.08	812.1	812.1	3.9	39
46	20.8	9.26	-389.3	117.3	8.35	169	156	0.0059	85	0.08	811.8	811.8	2.4	24
47	21.04	9.21	-392.7	116.4	8.25	168	156	0.0059	84	0.08	811.5	811.5	2.7	27
48	21.51	9.21	-397.3	115.6	8.12	166	155	0.006	83	0.08	811.9	811.9	4.7	47
49	21.33	9.24	-398.8	116.9	8.24	166	154	0.006	83	0.08	811.7	811.7	2.7	27
50	20.96	9.23	-389.4	118.2	8.39	169	156	0.0059	84	0.08	811.4	811.4	2.7	27

Tabla 4.7 Parámetros obtenidos en la Tercera Campaña de Muestreo.

*Comparativa de los seis
Parámetros Evaluados
Parcialmente en las
Campañas de Muestreo*

Primera Campaña

Estación	DBO (mg/l)	N NH3 (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	CT (UFC) NMP	CF (UFC) NMP
3	22	0.06	0.4	0.18	Inc	Inc
10	25	0.01	0.7	0.11	Inc	Inc
25	25.5	0.01	0.4	0.09	Inc	Inc
37	26.5	0.06	0.5	0.1	Inc	Inc
40	25.5	0	0.6	0.09	Inc	Inc
44	27.5	0.01	0.6	0.11	Inc	Inc

Segunda Campaña

Estación	DBO (mg/l)	N NH3 (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	CT (UFC) NMP	CF (UFC) NMP
3	1	0.05	2.2	0.18	Inc	Inc
10	7	0.01	3	0.12	Inc	Inc
25	1.5	0	3.1	0.79	Inc	Inc
37	2	0	3	0.14	Inc	Inc
40	3	0.02	2.8	0.11	Inc	Inc
44	10	0.02	3.2	0.14	Inc	Inc

Tercera Campaña

Estación	DBO (mg/l)	N NH3 (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	CT (UFC) NMP	CF (UFC) NMP
3	4	0.1	2.7	0.17	Inc	Inc
10	4	0.05	2.4	0.14	Inc	Inc
25	4	0.09	2	0.18	Inc	Inc
37	5	0.06	2	0.16	Inc	Inc
40	4	0.01	2.4	0.16	Inc	Inc
44	2	0.08	2.5	0.15	Inc	Inc

Tabla 4.8 Comparativa de parámetros evaluados en los diferentes puntos de cada campaña de muestreo.

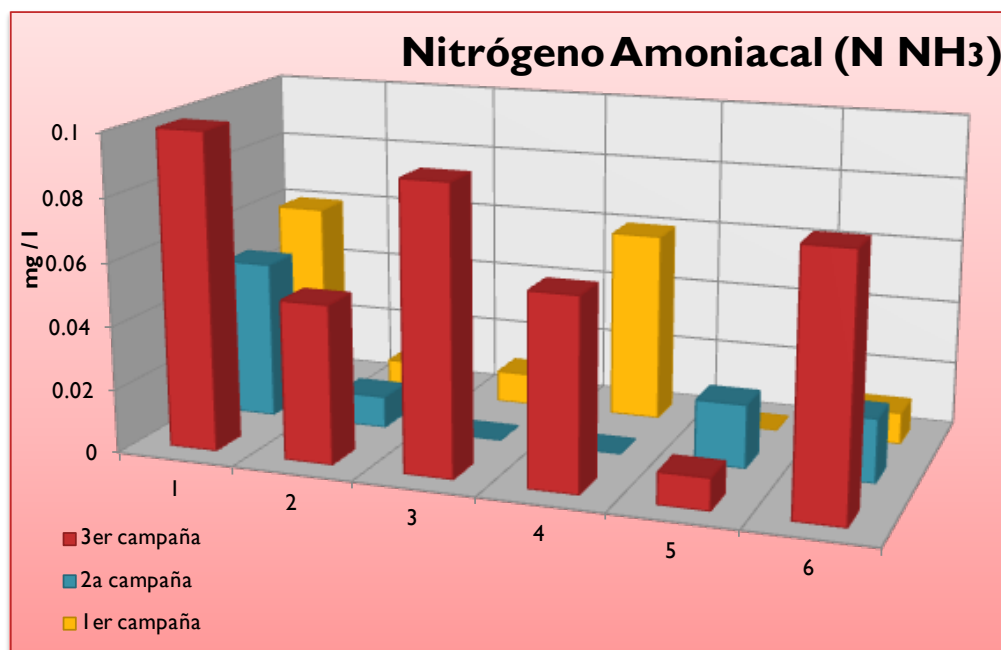
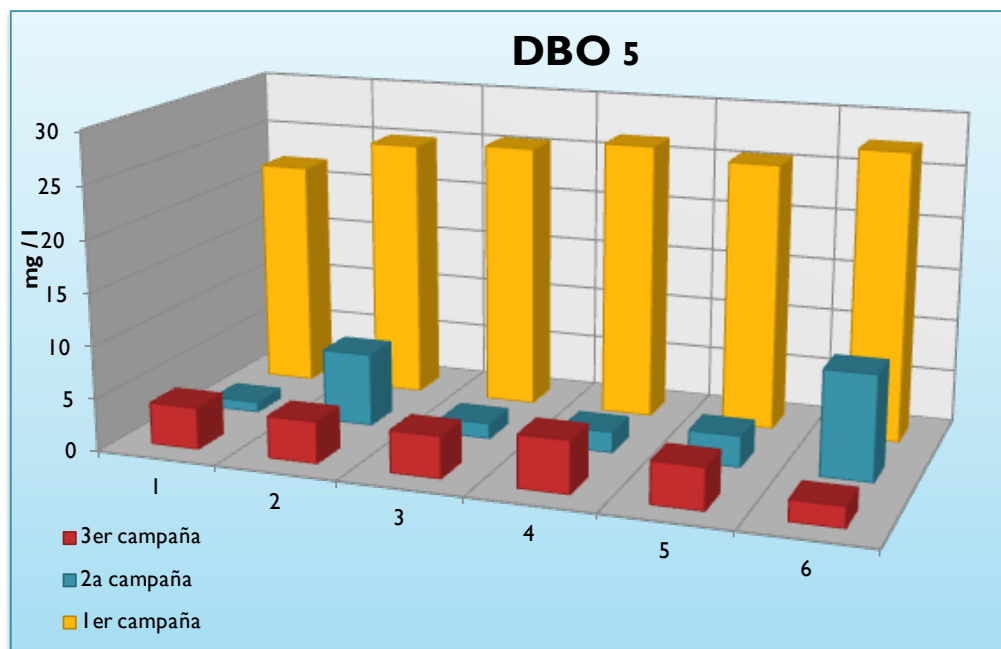


Figura 4.43 Comparativas DBO-5 y Nitrógeno Amoniacal de las campañas de muestreo para las estaciones 3, 10, 25, 37,40 y 44

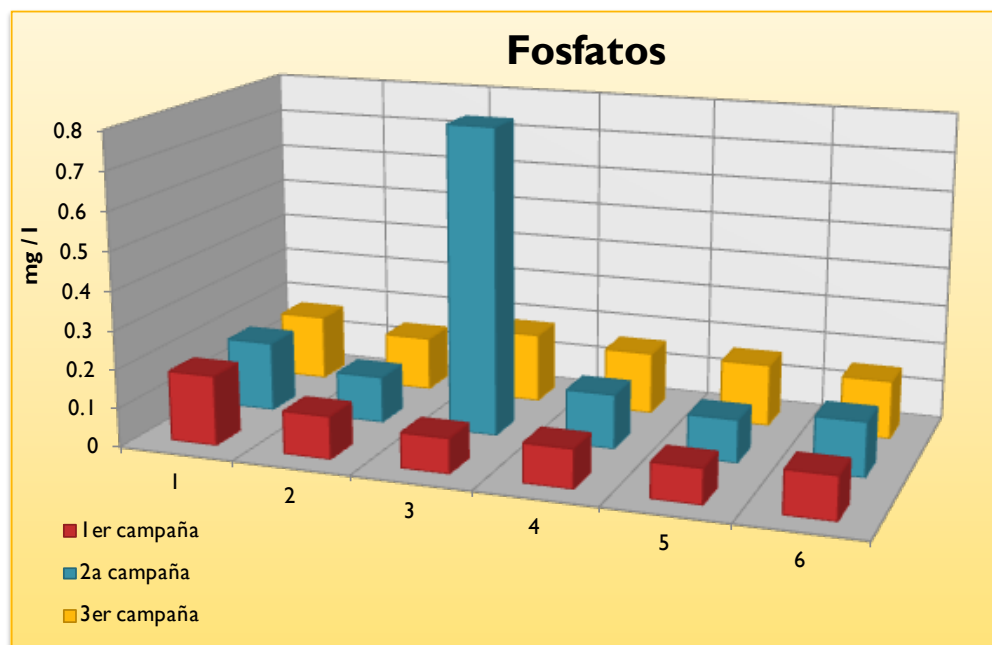
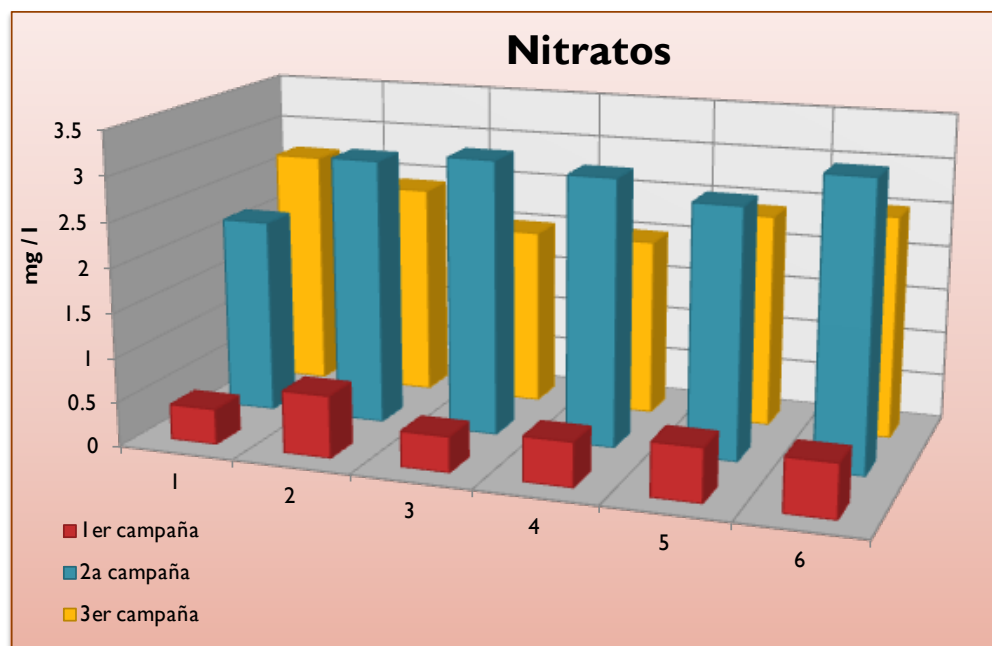


Figura 4.44 Comparativas Nitratos y Fosfatos de las campañas de muestreo para las estaciones 3, 10, 25, 37,40 y 44

Coliformes

Para fines de evaluación de calidad, durante los tres muestreos se mantienen los valores de coliformes, tanto fecales como totales, incontables.



Figura 4.45 Comparativas Coliformes de las campañas de muestreo para las estaciones 3, 10, 25, 37,40 y 44

*El ICA para los diferentes
puntos del muestreo y su
Evaluación*

PRIMER CAMPAÑA DE MUESTREO

Estación	ICA	EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO SEGÚN EL CRITERIO GENERAL	Estación	ICA	EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO SEGÚN EL CRITERIO GENERAL
1	76.82	ACEPTABLE	25	80.47	ACEPTABLE
2	78.59	ACEPTABLE	26	79.98	ACEPTABLE
3	89.38	ACEPTABLE	27	75.31	ACEPTABLE
4	79.63	ACEPTABLE	28	82.54	ACEPTABLE
5	73.40	ACEPTABLE	29	88.29	ACEPTABLE
6	73.61	ACEPTABLE	30	82.53	ACEPTABLE
7	82.47	ACEPTABLE	31	81.35	ACEPTABLE
8	97.10	NO CONTAMINADO	32	81.70	ACEPTABLE
9	82.14	ACEPTABLE	33	81.20	ACEPTABLE
10	80.64	ACEPTABLE	34	79.61	ACEPTABLE
11	81.38	ACEPTABLE	35	80.90	ACEPTABLE
12	83.86	ACEPTABLE	36	82.67	ACEPTABLE
13	81.10	ACEPTABLE	37	78.67	ACEPTABLE
14	82.75	ACEPTABLE	38	75.71	ACEPTABLE
15	83.86	ACEPTABLE	39	78.41	ACEPTABLE
16	91.16	NO CONTAMINADO	40	81.46	ACEPTABLE
17	85.04	ACEPTABLE	41	78.85	ACEPTABLE
18	84.03	ACEPTABLE	42	78.94	ACEPTABLE
19	82.85	ACEPTABLE	43	75.25	ACEPTABLE
20	81.71	ACEPTABLE	44	81.23	ACEPTABLE
21	80.70	ACEPTABLE	45	82.63	ACEPTABLE
22	79.59	ACEPTABLE	46	82.53	ACEPTABLE
23	71.08	ACEPTABLE	47	81.21	ACEPTABLE
24	85.09	ACEPTABLE	48	83.27	ACEPTABLE
25	80.47	ACEPTABLE	49	79.43	ACEPTABLE
26	79.98	ACEPTABLE	50	79.49	ACEPTABLE

Tabla 4.9 Índice de calidad del Agua y su Evaluación en la Primera Campaña de Muestreo

PRIMER CAMPAÑA DE MUESTREO

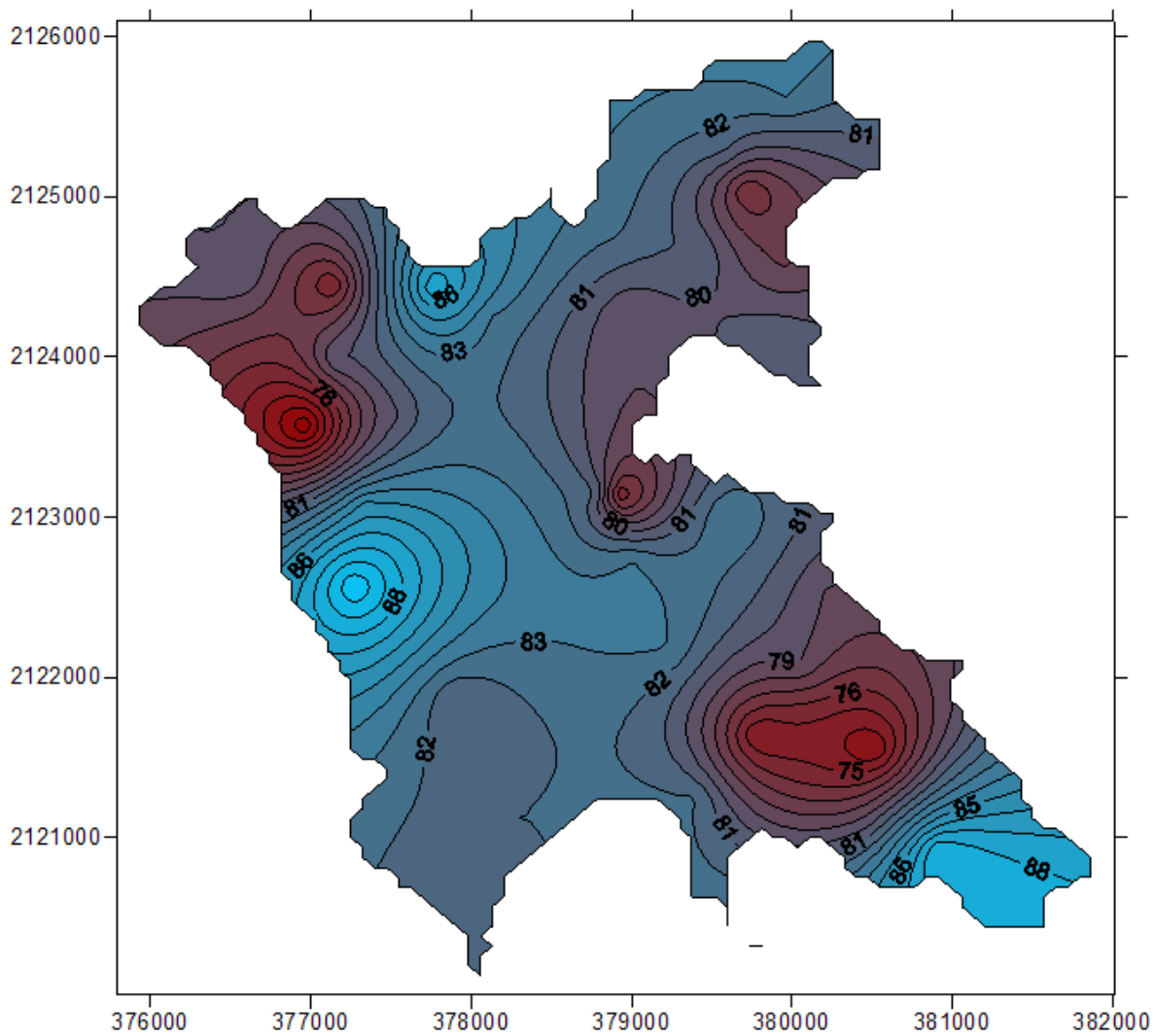


Figura 4.46(a) ICA en la Primera Campaña de Muestreo

PRIMER CAMPAÑA DE MUESTREO

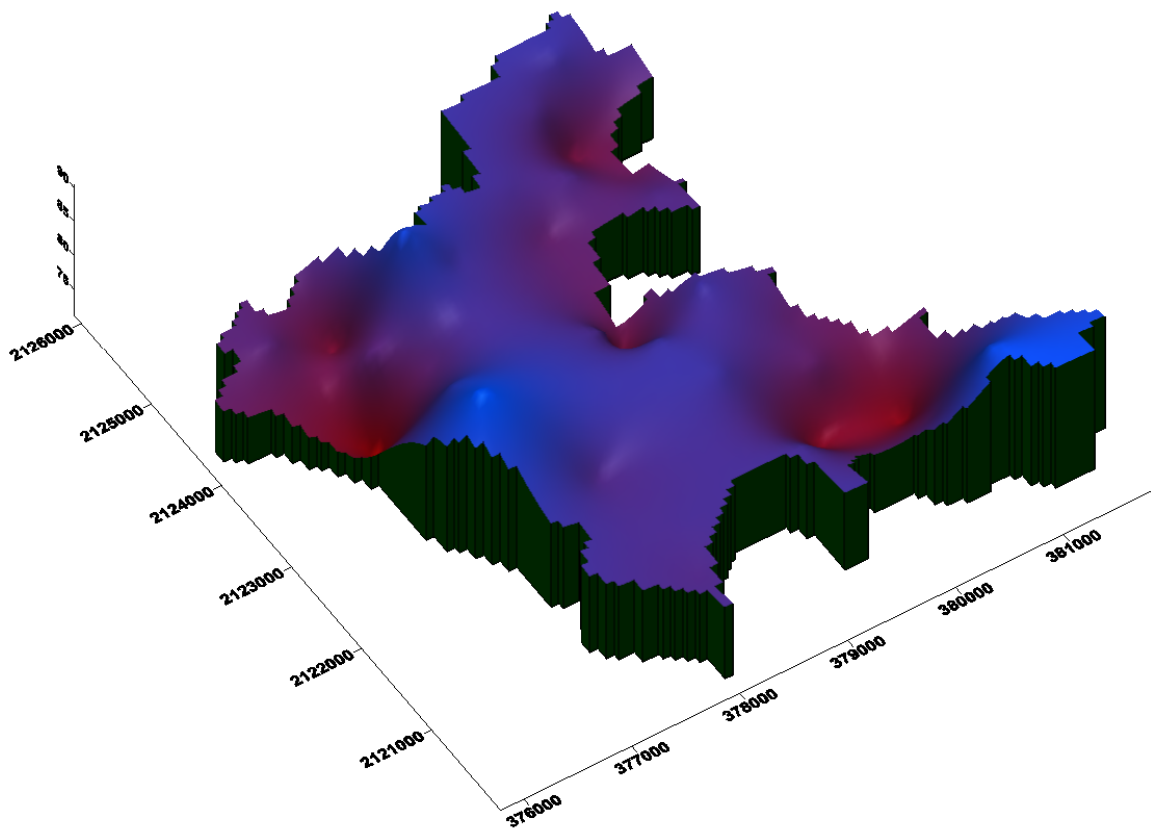


Figura 4.46(b) ICA en la Primera Campaña de Muestreo

SEGUNDA CAMPAÑA DE MUESTREO

Estación	ICA	EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO SEGÚN EL CRITERIO GENERAL	Estación	ICA	EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO SEGÚN EL CRITERIO GENERAL
1	87.55	ACEPTABLE	25	80.71	ACEPTABLE
2	88.07	ACEPTABLE	26	81.92	ACEPTABLE
3	91.99	NO CONTAMINADO	27	82.52	ACEPTABLE
4	70.54	ACEPTABLE	28	86.63	ACEPTABLE
5	94.76	NO CONTAMINADO	29	81.56	ACEPTABLE
6	87.38	ACEPTABLE	30	81.82	ACEPTABLE
7	72.47	ACEPTABLE	31	79.12	ACEPTABLE
8	86.53	ACEPTABLE	32	82.95	ACEPTABLE
9	84.3	ACEPTABLE	33	80.83	ACEPTABLE
10	82.4	ACEPTABLE	34	83.86	ACEPTABLE
11	76.01	ACEPTABLE	35	86.64	ACEPTABLE
12	84.11	ACEPTABLE	36	87.95	ACEPTABLE
13	78.11	ACEPTABLE	37	83.35	ACEPTABLE
14	92.56	NO CONTAMINADO	38	89.79	ACEPTABLE
15	77.40	ACEPTABLE	39	93.78	NO CONTAMINADO
16	76.09	ACEPTABLE	40	91.54	NO CONTAMINADO
17	93.24	NO CONTAMINADO	41	90.39	NO CONTAMINADO
18	94.77	NO CONTAMINADO	42	91.74	NO CONTAMINADO
19	96.33	NO CONTAMINADO	43	93.17	NO CONTAMINADO
20	97.84	NO CONTAMINADO	44	95.19	NO CONTAMINADO
21	97.84	NO CONTAMINADO	45	93.33	NO CONTAMINADO
22	92.30	NO CONTAMINADO	46	90.97	NO CONTAMINADO
23	92.30	NO CONTAMINADO	47	92.71	NO CONTAMINADO
24	93.03	NO CONTAMINADO	48	96.78	NO CONTAMINADO
25	80.71	ACEPTABLE	49	72.17	ACEPTABLE
26	81.92	ACEPTABLE	50	89.27	ACEPTABLE

Tabla 4.10 Índice de calidad del Agua y su Evaluación en la Segunda Campaña de Muestreo

SEGUNDA CAMPAÑA DE MUESTREO

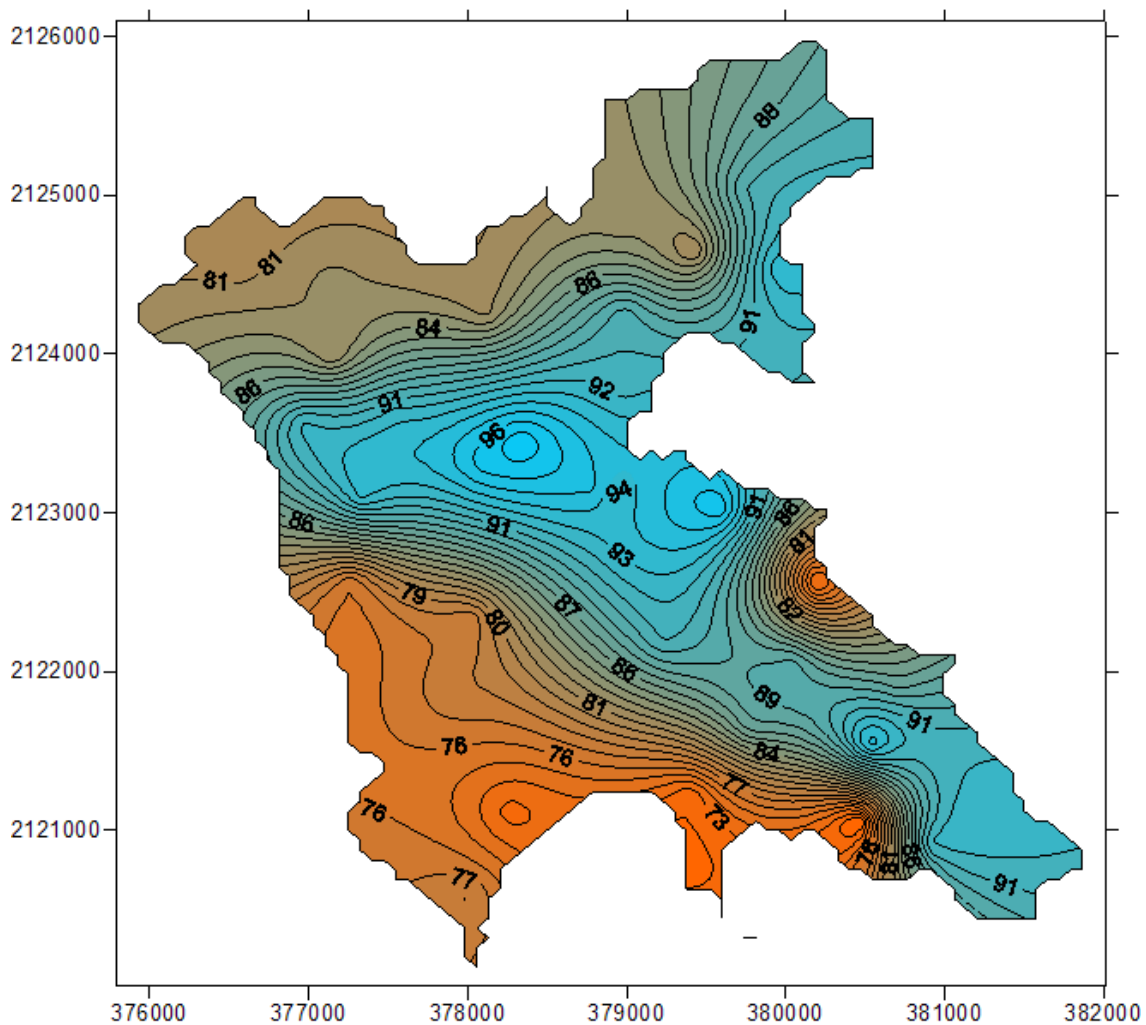


Figura 4.47(a) ICA en la Segunda Campaña de Muestreo

SEGUNDA CAMPAÑA DE MUESTREO

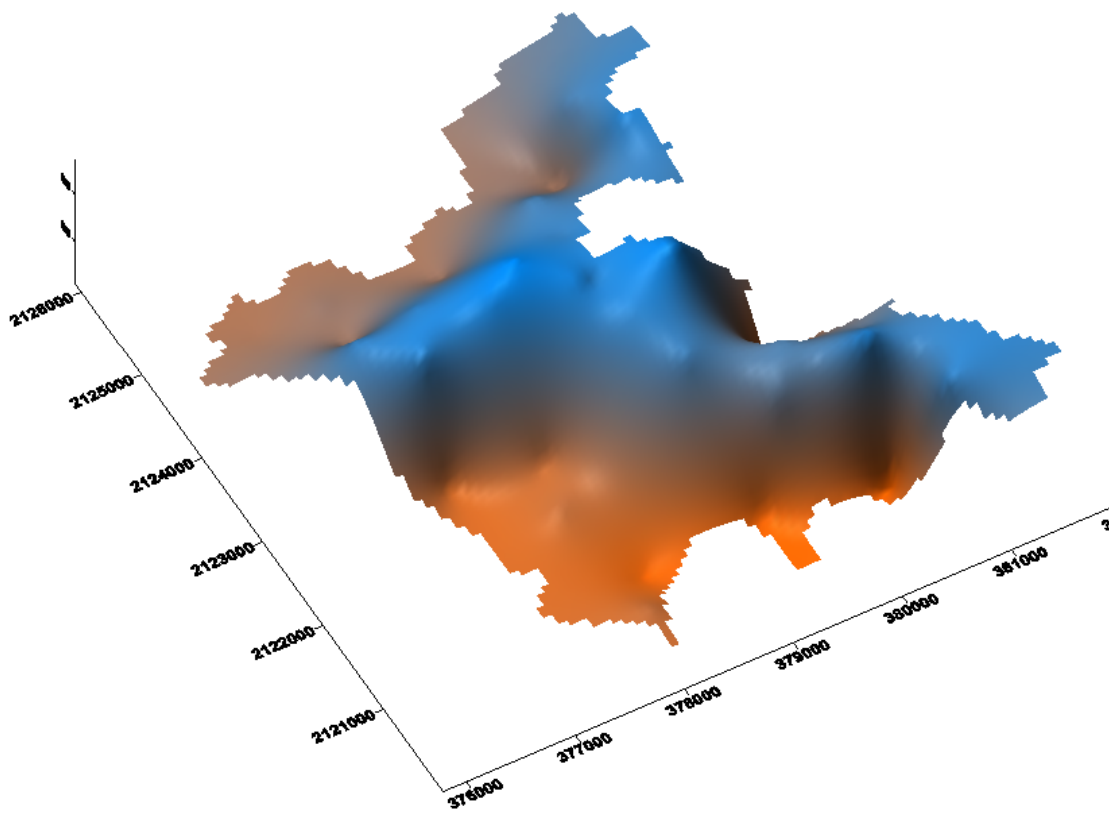


Figura 4.47(b) ICA en la Segunda Campaña de Muestreo

TERCER CAMPAÑA DE MUESTREO

Estación	ICA	EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO SEGÚN EL CRITERIO GENERAL	Estación	ICA	EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO SEGÚN EL CRITERIO GENERAL
1	84.32	ACEPTABLE	25	76.71	ACEPTABLE
2	81.27	ACEPTABLE	26	77.57	ACEPTABLE
3	79.36	ACEPTABLE	27	77.50	ACEPTABLE
4	79.62	ACEPTABLE	28	77.58	ACEPTABLE
5	79.76	ACEPTABLE	29	77.56	ACEPTABLE
6	80.12	ACEPTABLE	30	77.56	ACEPTABLE
7	77.81	ACEPTABLE	31	78.13	ACEPTABLE
8	78.31	ACEPTABLE	32	77.87	ACEPTABLE
9	78.94	ACEPTABLE	33	78.79	ACEPTABLE
10	78.97	ACEPTABLE	34	78.86	ACEPTABLE
11	79.38	ACEPTABLE	35	78.55	ACEPTABLE
12	80.46	ACEPTABLE	36	76.99	ACEPTABLE
13	80.44	ACEPTABLE	37	78.27	ACEPTABLE
14	79.94	ACEPTABLE	38	78.56	ACEPTABLE
15	79.99	ACEPTABLE	39	78.57	ACEPTABLE
16	80.42	ACEPTABLE	40	78.61	ACEPTABLE
17	78.66	ACEPTABLE	41	78.44	ACEPTABLE
18	79.53	ACEPTABLE	42	78.17	ACEPTABLE
19	78.94	ACEPTABLE	43	78.38	ACEPTABLE
20	78.83	ACEPTABLE	44	77.43	ACEPTABLE
21	77.59	ACEPTABLE	45	77.49	ACEPTABLE
22	78.04	ACEPTABLE	46	78.92	ACEPTABLE
23	79.47	ACEPTABLE	47	78.37	ACEPTABLE
24	77.57	ACEPTABLE	48	76.67	ACEPTABLE
25	76.71	ACEPTABLE	49	78.58	ACEPTABLE
26	77.57	ACEPTABLE	50	79.00	ACEPTABLE

Tabla 4.11 Índice de calidad del Agua y su Evaluación en la Tercera Campaña de Muestreo

TERCER CAMPAÑA DE MUESTREO

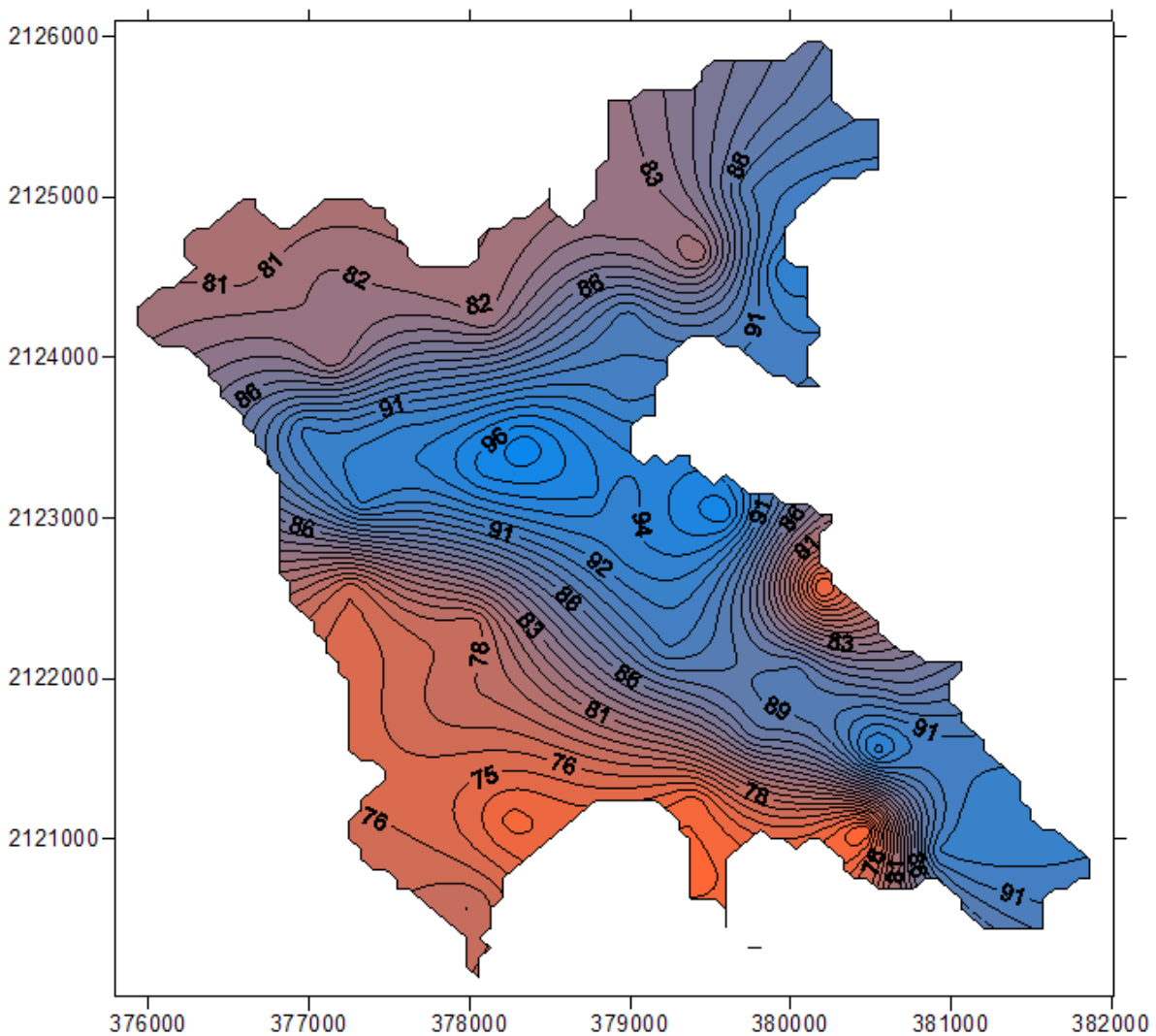


Figura 4.48(a) ICA en la Tercera Campaña de Muestreo

TERCER CAMPAÑA DE MUESTREO

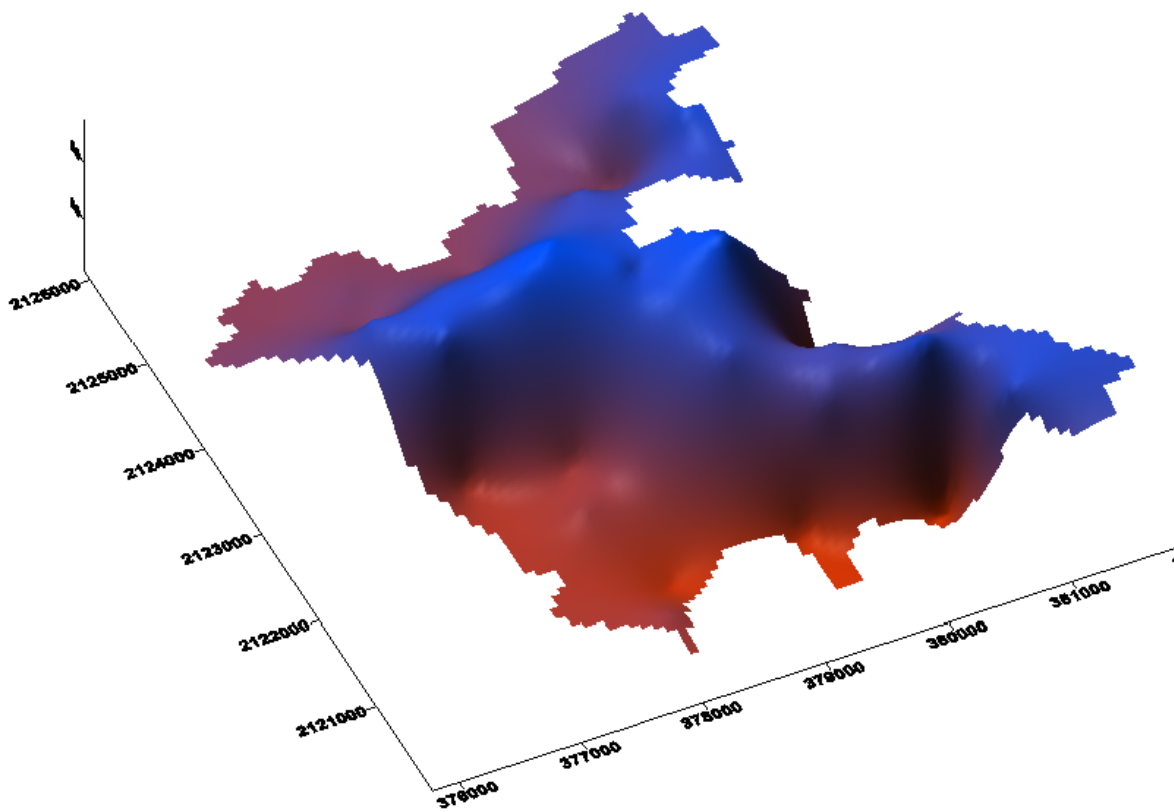


Figura 4.48(b) ICA en la Tercera Campaña de Muestreo

4.4 Discusión de Resultados

Respecto a los parámetros y la calidad del agua observados en los tres diferentes muestreos, se tiene que durante la época de lluvias las concentraciones de contaminantes resultan menores, por lo cual se deduce que existe una dilución del agua de lluvias con el agua del embalse, lo que es positivo en el sentido que cada ciclo de lluvias y estiajes existe en cierta medida un nivel de purificación del agua.

Así mismo, a través de los datos de lluvias de la CONAGUA, se tiene que el 2010 fue un muy buen año en cuanto a recuperación de niveles en la presa, por haberse presentado lluvias, y corroborando dicha información, se tiene que incluso las precipitaciones durante el año 2010 en la zona sobrepasaron el promedio existente en los últimos años. Ello coadyuvó a que la calidad del agua correspondiente a la época de estiaje del 2011 estuviera con una mejor calidad que la reportada durante el mismo periodo del año 2010, y una calificación del ICA en donde todos los puntos de muestreo aparecen como aceptables.

Así mismo, se observa que la calidad del agua en el embalse resulta menos favorable cerca de la zona donde se encuentra el embarcadero o muelle en la población de Valle de Bravo, y cerca de la desembocadura de los ríos Amanalco y Tizates. Ello corrobora que existen todavía descargas de aguas residuales crudas, lo cual es motivo de alerta.