



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

**COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**  
**ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO**  
**GERENCIA TÉCNICA**  
**SUBGERENCIA DE CALIDAD DEL AGUA E IMPACTO AMBIENTAL**

**INFORME FINAL**

**“CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA PRESA VALLE DE BRAVO,  
ESTADO DE MÉXICO Y EVALUACIÓN DE DIFERENTES TÉCNICAS DE CONTROL  
DE NUTRIENTES. 2ª. ETAPA”**

**Convenio No. OAVM-DT-MEX-10-441-RF-CC**

Supervisión: Ing. Juan Manuel Martínez Jiménez

Coordinación y Dirección General: Dra. Anne M. Hansen

Participantes: M. en I. Henri Márquez Pacheco

I.Q. Axel Falcón Rojas

Ing. José Trinidad Villanueva Beltrán

M. en I. Arturo Hernández Antonio

M. en I. Carlos Corzo Juárez

Noviembre de 2010



Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivo .....	3
1.2	Productos por obtener.....	3
<b>2</b>	<b>Evaluación de la carga interna de fósforo en la presa y comparación con la carga externa.....</b>	<b>5</b>
2.1	Muestreos.....	5
2.2	Resultados y discusión de parámetros medidos en agua y sedimentos .....	9
2.3	Estimación de la carga interna.....	18
<b>3</b>	<b>Evaluación de las eficiencias y dosis óptimas de adsorbentes naturales para adsorber fósforo e inmovilizarlo en sedimentos .....</b>	<b>27</b>
3.1	Evaluación de dosis óptimas .....	27
3.2	Evaluación de la remoción de P-PO <sub>4</sub> en columnas de agua e inmovilización en sedimentos .....	30
<b>4</b>	<b>Escenarios de control de carga externa y evaluación en la reducción de nutrientes .</b>	<b>33</b>
4.1	Reforestación de pastizales/deforestación de bosques.....	39
4.2	Aumento/Reducción de las actividades porcícolas y trutícolas .....	40
4.3	Separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo .....	42
4.4	Ampliación de las redes de agua y de alcantarillado e incremento de eficiencia de tratamiento.....	43
4.5	Tratamiento descentralizado de aguas residuales en pequeñas localidades .....	45
4.6	Resumen de estimación de escenarios.....	46
<b>5</b>	<b>Estimación de costos de tratamiento .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>57</b>

Anexo 1. Resultados de parámetros medidos en agua

Anexo 2. Distribución de la concentración de parámetros medidos en agua

Anexo 3. Resultados de dosis óptimas para remoción de P-PO<sub>4</sub> y comparación con dos adsorbentes naturales

Anexo 4. Resultados de remoción de  $P-PO_4$  en columnas de agua e inmovilización en sedimentos

Anexo 5. Cotizaciones para la estimación de costos de tratamientos

## TABLAS

Tabla 1. Localización y profundidad promedio del agua en las estaciones de muestreo .....	7
Tabla 2. Fracción extraíble de fósforo en sedimentos (Psenner) .....	17
Tabla 3. Carga interna de fósforo en base a variaciones en potencial redox.....	25
Tabla 4. Carga interna de fósforo en base a concentraciones de campo .....	25
Tabla 5. Carga externa e interna de fósforo .....	26
Tabla 6. Fósforo potencialmente disponible a lixiviar (Extracción Psenner).....	26
Tabla 7. Dosis de adsorbente a evaluar .....	28
Tabla 8. Adsorbentes agregados a las columnas .....	31
Tabla 9. Población y localidades por subcuenca en la presa Valle de Bravo .....	33
Tabla 10. Volumen de descarga de agua residual sin tratamiento y de PTAR Amanalco .....	34
Tabla 11. Coeficiente de escurrimiento (Ce) por subcuenca y por mes .....	36
Tabla 12. Volumen de escurrimiento por subcuenca y uso de suelo.....	37
Tabla 13. Aportación de contaminantes por cargas externas .....	38
Tabla 14. Concentraciones de contaminantes según el uso de suelo (mg/L) .....	39
Tabla 15. Escenario reforestación de pastizales en la subcuenca del Río Molino.....	40
Tabla 16. Concentración de contaminantes en excretas porcinas .....	41
Tabla 17. Aporte de contaminantes por producción de trucha arcoiris.....	41
Tabla 18. Escenario de control de producción de ganado porcino .....	41
Tabla 19. Escenario de control de producción de trucha arcoiris .....	42
Tabla 20. Concentración de contaminantes durante el periodo de lluvia intensa .....	43
Tabla 21. Escenario de separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo .....	43
Tabla 22. Cobertura de servicios en Amanalco y Valle de Bravo .....	44
Tabla 23. Escenario de ampliación de coberturas de servicios en Amanalco y Valle de Bravo .	45
Tabla 24. Escenario de tratamiento descentralizado en pequeñas poblaciones en la cuenca...	46
Tabla 25. Resumen de escenarios de control para la reducción de contaminantes .....	47
Tabla 26. Estimación de Phoslock requerida para el saneamiento de agua y sedimentos en la presa Valle de Bravo .....	50
Tabla 27. Presupuesto base de la obra .....	51
Tabla 28. Presupuesto base para licitaciones .....	52
Tabla 29. Parámetros medidos en agua, semana 7 (Feb 16-18, 2010) .....	A1-1
Tabla 30. Parámetros medidos en agua. Muestreo de 24 h, semana 7 (Feb 16-18, 2010)....	A1-3

Tabla 31. Parámetros medidos en agua, semana 12 (Mar 23-25, 2010) .....	A1-7
Tabla 32. Parámetros medidos en agua y sedimentos. Muestreo de 24 h, semana 12 (Mar 23-25, 2010) .....	A1-9
Tabla 33. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 17 (Abr 27-29, 2010) .....	A1-13
Tabla 34. Parámetros medidos en agua y sedimentos. Muestreo de 24 h, semana 17 (Abr 27-29, 2010) .....	A1-15
Tabla 35. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 22 (Jun 2-3, 2010) .....	A1-19
Tabla 36. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 29 (Jul 20-21, 2010) .....	A1-21
Tabla 37. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 34 (Ago 24-25, 2010) .....	A1-24
Tabla 38. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 39 (Sep 30–Oct 01, 2010) .....	A1-27
Tabla 39. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 45 (Nov 10-11, 2010) .....	A1-30
Tabla 40. Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 50 (Dic 14-15, 2010).....	A1-33
Tabla 41. Evaluación de dosis óptima de Phoslock para remover P-PO <sub>4</sub> en agua .....	A3-1
Tabla 42. Evaluación de dosis óptima de Bentonita cálcica para remover P-PO <sub>4</sub> en agua ....	A3-1
Tabla 43. Resultados de velocidad de remoción de P-PO <sub>4</sub> en columna de agua (Blanco) .....	A4-1
Tabla 44. pH en columna de agua (Blanco) .....	A4-1
Tabla 45. Turbiedad en columna de agua (Blanco) .....	A4-1
Tabla 46. Potencial redox en columna de agua (Blanco).....	A4-1
Tabla 47. Resultados de velocidad de remoción de P-PO <sub>4</sub> en columna de agua con adsorbente Phoslock .....	A4-2
Tabla 48. pH en columna de agua con adsorbente Phoslock.....	A4-2
Tabla 49. Turbiedad en columna de agua con adsorbente Phoslock .....	A4-2
Tabla 50. Potencial redox en columna de agua con adsorbente Phoslock .....	A4-2
Tabla 51. Resultados de velocidad de remoción de P-PO <sub>4</sub> en columnas de agua con adsorbente bentonita cálcica.....	A4-3
Tabla 52. pH en columna de agua con adsorbente bentonita cálcica .....	A4-3
Tabla 53. Turbiedad en columna de agua con adsorbente bentonita cálcica .....	A4-3
Tabla 54. Potencial redox en columna de agua con adsorbente bentonita cálcica.....	A4-3

## FIGURAS

Figura 1. Croquis de la presa Valle de Bravo con estaciones de muestreo .....	6
Figura 2. Medición de parámetros en agua con Hydrolab (Hach DS5) .....	7
Figura 3. Muestreo de agua en la presa valle de Bravo .....	8
Figura 4. Temperatura en la columna de agua.....	9
Figura 5. Potencial redox en el agua de fondo .....	10
Figura 6. Potencial redox en sedimentos.....	11
Figura 7. Fósforo total en agua en función del potencial redox .....	11
Figura 8. Fósforo total en agua de fondo .....	12
Figura 9. Fósforo como fosfatos en agua de fondo .....	13
Figura 10. Nitrógeno como nitratos en agua de fondo .....	13
Figura 11. Nitrógeno amoniacal en agua de fondo.....	14
Figura 12. Potencial redox en agua de fondo durante muestreos de 24h .....	14
Figura 13. Fósforo total en agua en función del potencial redox (Muestreos de 24 h).....	15
Figura 14. Fracción de P en sedimentos (Extracción-Psenner). Cortesía del Instituto de Limnología Dr. Nowak, Alemania .....	16
Figura 15. Perfil de P en sedimentos con respecto al tiempo (Carnero-Bravo, 2008) .....	18
Figura 16. Liberación de fósforo total y nitrógeno total en sedimentos (CONAGUA-IMTA, 2009) .....	19
Figura 17. Potencial redox en sedimentos, semana 17 (Abr 27-29, 2010).....	20
Figura 18. Potencial redox en sedimentos, semana 22 (Jun 2-3, 2010).....	20
Figura 19. Potencial redox en sedimentos, semana 29 (Jul 20-22, 2010).....	21
Figura 20. Potencial redox en sedimentos, semana 34 (Ago 25-26, 2010).....	21
Figura 21. Potencial redox en sedimentos, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010) .....	22
Figura 22. Potencial redox en sedimentos, semana 45 (Nov 10-11, 2010) .....	22
Figura 23. Potencial redox en sedimentos, semana 50 (Dic 14-15, 2010) .....	23
Figura 24. Montaje experimental para evaluar la dosis óptima de remoción de P-PO <sub>4</sub> .....	27
Figura 25. Remoción de P-PO <sub>4</sub> con diferentes dosis de Phoslock.....	29
Figura 26. Remoción de P-PO <sub>4</sub> con diferentes dosis de bentonita cálcica .....	29
Figura 27. Montaje de columnas para evaluar la remoción de P-PO <sub>4</sub> .....	30
Figura 28. Remoción de P-PO <sub>4</sub> en columnas de agua. Relación adsorbente/P-PO <sub>4</sub> 100/1 .....	32
Figura 29. Equipo para el manejo y aplicación del adsorbente natural.....	53



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Figura 30. Aplicación del adsorbente natural.....	54
Figura 31. Potencial redox en agua de superficie, semana 7 (Feb 16-18, 2010) .....	A2-1
Figura 32. Potencial redox en agua de fondo, semana 7 (Feb 16-18, 2010).....	A2-1
Figura 33. Fósforo total en agua de superficie, semana 7 (Feb 16-18, 2010).....	A2-2
Figura 34. Fósforo total en agua de fondo, semana 7 (Feb 16-18, 2010) .....	A2-2
Figura 35. Potencial redox en agua de superficie, semana 12 (Mar 23-25, 2010) .....	A2-3
Figura 36. Potencial redox en agua de fondo, semana 12 (Mar 23-25, 2010).....	A2-3
Figura 37. Fósforo total en agua de superficie, semana 12 (Mar 23-25, 2010) .....	A2-4
Figura 38. Fósforo total en agua de fondo, semana 12 (Mar 23-25, 2010) .....	A2-4
Figura 39. Potencial redox en agua de superficie, semana 17 (Abr 27-29, 2010).....	A2-5
Figura 40. Potencial redox en agua de fondo, semana 17 (Abr 27-29, 2010) .....	A2-5
Figura 41. Fósforo total en agua de superficie, semana 17 (Abr 27-29, 2010) .....	A2-6
Figura 42. Fósforo total en agua de fondo, semana 17 (Abr 27-29, 2010) .....	A2-6
Figura 43. Potencial redox en agua de superficie, semana 22 (Jun 2-3, 2010) .....	A2-7
Figura 44. Potencial redox en agua de fondo, semana 22 (Jun 2-3, 2010) .....	A2-7
Figura 45. Fósforo total en agua de superficie, semana 22 (Jun 2-3, 2010) .....	A2-8
Figura 46. Fósforo total en agua de fondo, semana 22 (Jun 2-3, 2010).....	A2-8
Figura 47. Potencial redox en agua de superficie, semana 29 (Jul 20-22, 2010).....	A2-9
Figura 48. Potencial redox en agua de fondo, semana 29 (Jul 20-22, 2010) .....	A2-9
Figura 49. Fósforo total en agua de superficie, semana 29 (Jul 20-22, 2010).....	A2-10
Figura 50. Fósforo total en agua de fondo, semana 29 (Jul 20-22, 2010) .....	A2-10
Figura 51. Potencial redox en agua de superficie, semana 34 (Ago 25-26, 2010).....	A2-11
Figura 52. Potencial redox en agua de fondo, semana 34 (Ago 25-26, 2010) .....	A2-11
Figura 53. Fósforo total en agua de superficie, semana 34 (Ago 25-26, 2010).....	A2-12
Figura 54. Fósforo total en agua de fondo, semana 34 (Ago 25-26, 2010) .....	A2-12
Figura 55. Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 34 (Ago 25-26, 2010)....	A2-13
Figura 56. Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 34 (Ago 25-26, 2010) .....	A2-13
Figura 57. Potencial redox en agua de superficie, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010) .....	A2-14
Figura 58. Potencial redox en agua de fondo, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010).....	A2-14
Figura 59. Fósforo total en agua de superficie, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010) .....	A2-15
Figura 60. Fósforo total en agua de fondo, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010) .....	A2-15





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



Figura 61. Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010) .....	A2-16
Figura 62. Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)....	A2-16
Figura 63. Potencial redox en agua de superficie, semana 45 (Nov 10-11, 2010).....	A2-17
Figura 64. Potencial redox en agua de fondo, semana 45 (Nov 10-11, 2010) .....	A2-17
Figura 65. Fósforo total en agua de superficie, semana 45 (Nov 10-11, 2010).....	A2-18
Figura 66. Fósforo total en agua de fondo, semana 45 (Nov 10-11, 2010) .....	A2-18
Figura 67. Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 45 (Nov 10-11, 2010)....	A2-19
Figura 68. Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 45 (Nov 10-11, 2010) .....	A2-19
Figura 69. Potencial redox en agua de superficie, semana 50 (Dic 14-15, 2010) .....	A2-20
Figura 70. Potencial redox en agua de fondo, semana 50 (Dic 14-15, 2010).....	A2-20
Figura 71. Fósforo total en agua de superficie, semana 50 (Dic 14-15, 2010) .....	A2-21
Figura 72. Fósforo total en agua de fondo, semana 50 (Dic 14-15, 2010) .....	A2-21
Figura 73. Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 50 (Dic 14-15, 2010) ....	A2-22
Figura 74. Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 50 (Dic 14-15, 2010).....	A2-22
Figura 75. Comparación de potencial redox en agua y sedimentos .....	A2-23
Figura 76. Temperatura en agua de superficie.....	A2-23
Figura 77. Temperatura en agua de fondo .....	A2-24
Figura 78. pH en agua de superficie .....	A2-24
Figura 79. pH en agua de fondo.....	A2-25
Figura 80. Oxígeno disuelto en agua de superficie .....	A2-25
Figura 81. Oxígeno disuelto en agua de fondo.....	A2-26
Figura 82. Oxígeno disuelto en la columna de agua, estación 7 .....	A2-26
Figura 83. Conductividad eléctrica en agua de superficie .....	A2-27
Figura 84. Conductividad eléctrica en agua de fondo .....	A2-27
Figura 85. Cloruros en agua de superficie .....	A2-28
Figura 86. Cloruros en agua de fondo .....	A2-28
Figura 87. Sólidos disueltos totales en agua de superficie .....	A2-29
Figura 88. Sólidos disueltos totales en agua de fondo .....	A2-29



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua



## 1 Introducción

Uno de los problemas de contaminación más importantes en cuerpos de agua es el enriquecimiento progresivo de nutrientes o eutroficación, lo que origina un incremento de la productividad primaria, el florecimiento de algas tóxicas, disminución de oxígeno disuelto y otros cambios biológicos no deseables (Cooke *et al.*, 2005). De esta manera los cuerpos de agua eutroficados son afectados en sus usos, tales como: recreación, vida acuática, deportes acuáticos, agricultura y como fuente de abastecimiento de agua, que a su vez trae consigo problemas sanitarios, socioeconómicos y ecológicos (Cooke *et al.*, 2005).

Los nutrientes en un cuerpo de agua son parte de los componentes que llegan por escurrimientos procedentes de la cuenca, ya que se encuentran en los sedimentos arrastrados por las lluvias y por descargas de aguas residuales domésticas, industriales y pecuarias (De Anda y Maniak, 2007). Asimismo, la liberación de nutrientes en los sedimentos del cuerpo de agua constituyen una fuente interna de nutrientes (Nurnberg, 1994).

En lagos eutroficados, la carga interna puede representar una cantidad importante con respecto a la carga total de nutrientes (Moore *et al.*, 1998). En algunos casos, la reducción de carga externa no tiene el efecto deseado sobre la calidad del agua, debido a la cantidad de nutrientes que se liberan de los sedimentos (Schauser *et al.*, 2003; Steinman y Ogdahl, 2008).

Las variables ambientales que regulan la velocidad de liberación de nutrientes de los sedimentos son, temperatura, concentración de oxígeno disuelto, pH y potencial redox (Jensen y Andersen, 1992). Los procesos que conducen a la liberación de fósforo de los sedimentos a la columna de agua, incluyen la desorción y la disolución del nutriente adsorbido en material inorgánico mediante reacciones de óxido-reducción,

mineralización microbiana de la materia orgánica y difusión de fósforo disuelto en el agua intersticial de los sedimentos.

La degradación de materia orgánica que es acumulada en el fondo de los lagos disminuye la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, originando condiciones reducidas lo que da lugar a la liberación de fósforo que se encuentra asociado a partículas de minerales inorgánicos como hierro y manganeso (Moore *et al.*, 1998; Miao *et al.*, 2006; Heggie *et al.*, 2008).

Las principales fuentes de contaminación en la cuenca hidrológica son descargas de aguas residuales, sustancias químicas utilizadas en la agricultura y desechos orgánicos y nutrientes de la acuacultura (CCVB-A, 2010).

De acuerdo a Ramírez-Zierold *et al.* (2010) el 85% del fósforo de la carga externa se acumula en los sedimentos. Asimismo, CONAGUA-IMTA (2009) encontraron que el fósforo se acumula principalmente en los sólidos finos, que se depositan en las zonas más profundas, representando una fuente de carga interna de fósforo durante periodos de estratificación.

Olvera *et al.* (1998) concluyen, que el agua de la presa Valle de Bravo es mesotrófica durante ocho meses y eutrófica durante el verano y que, de acuerdo a la clasificación propuesta por Hutchinson (1975), el embalse es templado-monomítico, con estratificación térmica de febrero a octubre, originando condiciones reducidas en agua de fondo y en sedimentos.

CONAGUA-IMTA (2009) evaluaron las cargas de nutrientes a la presa Valle de Bravo, encontrando que existe una importante aportación de nutrientes por carga externa y que se requiere contar con información de las variaciones en potencial redox durante el año, para poder estimar la carga interna.

## 1.1 Objetivo

Extrapolar los resultados de liberación de nutrientes a las condiciones de la presa y evaluar las eficiencias y dosis óptimas de aplicación de adsorbentes naturales inocuos para reducir el fósforo en la columna de agua e inmovilizarlo en sedimentos de la Presa Valle de Bravo.

## 1.2 Productos por obtener

- Evaluación de la carga interna de fósforo en la presa y comparación con la carga externa
- Estimación de la reducción de nutrientes bajo diferentes escenarios de control de carga externa
- Adsorbente recomendado, dosis óptimas de aplicación y estimación de la reducción de fósforo
- Costos de tratamiento



## **2 Evaluación de la carga interna de fósforo en la presa y comparación con la carga externa**

A continuación se describe la evaluación de carga interna de fósforo por variación en potencial redox y se verifica con los resultados obtenidos por los muestreos periódicos realizados en la presa. Asimismo, se evalúa la carga interna de fósforo respecto a su disponibilidad en los sedimentos.

### **2.1 Muestreos**

Con el objetivo de evaluar la carga interna de fósforo en la presa Valle de Bravo, se realizaron muestreos con una frecuencia de aproximadamente cinco semanas. Con sistema de geoposicionamiento (GPS) se localizaron las 23 estaciones de muestreo (Figura 1 y Tabla 1).

Con equipo multiparamétrico Hydrolab (Hach DS5), se realizaron mediciones en campo (Figura 2) y se tomaron muestras de agua con botella van Dorn horizontal (Figura 3) para medición de fósforo como fosfatos ( $P-PO_4$ ) y fósforo total ( $P_T$ ) con espectrofotómetro Merck (Pharo 300).

El muestreo se realizó a 0.5m de la superficie del agua y a 0.4 m del fondo para determinación de  $P-PO_4$  y fósforo total. En estaciones con profundidades mayores a 17 m, se colectaron muestras a 14 m de profundidad.

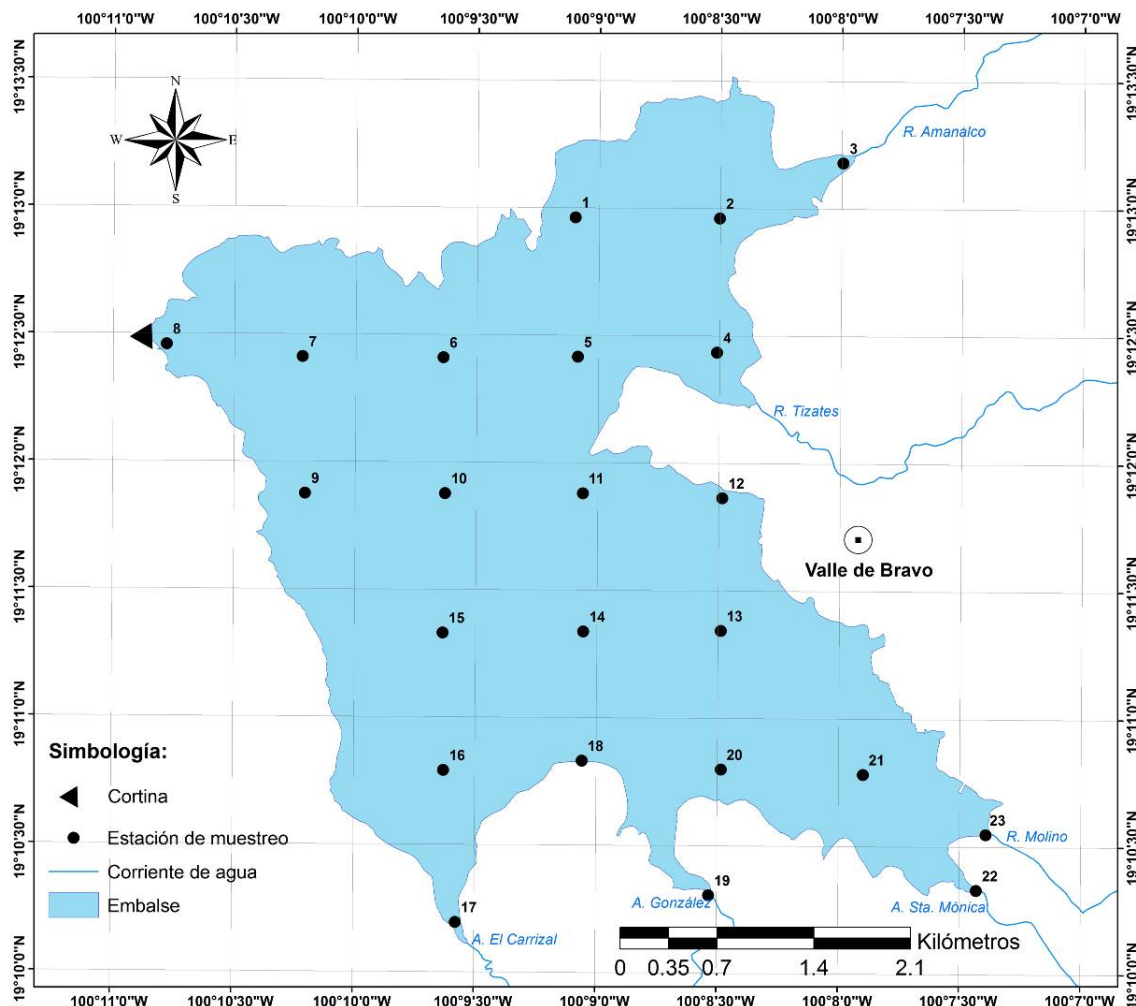
En cada nivel de muestreo se midió pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), sólidos disueltos totales (SDT), nitrógeno en sus formas amoniacal ( $N-NH_4$ ) y de nitratos ( $N-NO_3$ ), cloruros (Cl), potencial redox (Eh), profundidad y salinidad. La determinación de  $P-PO_4$  en las muestras de agua se realizó mediante el método fotométrico Spectroquant® 14848 y el fósforo total, mediante el método Spectroquant® 14543 (Merck, 2010).



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



**Figura 1.** Croquis de la presa Valle de Bravo con estaciones de muestreo

Para evaluar si existen variaciones diurnas de potencial redox en la columna de agua, en los muestreos de febrero a abril, se realizaron muestreos cada 2 h durante 24 h en las estaciones 2, 7 y 14. Asimismo, para observar las variaciones en estratificación del embalse, a partir de junio se muestrearon todos los parámetros cada 4 m de profundidad en la estación 7, que es la más profunda. Hasta marzo, se tomaron lecturas en la columna de agua y a partir de abril se midió también potencial redox en sedimentos.



**Tabla 1.** Localización y profundidad promedio del agua en las estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Latitud	Longitud	Profundidad promedio (m)	Desviación estándar
1	19°12'57.84"	100°09'05.79"	20.9	1.8
2	19°12'57.74"	100°08'30.07"	13.5	1.5
3	19°13'02.64"	100°08'10.59"	3.4	1.1
4	19°12'26.14"	100°08'30.55"	7.2	2.6
5	19°12'25'00"	100°09'05.00"	21.7	1.6
6	19°12'24.71"	100°09'38.22"	30.4	2.0
7	19°12'24.75"	100°10'13.06"	32.8	2.7
8	19°12'27.52"	100°10'46.70"	9.8	2.3
9	19°11'52.59"	100°10'12.27"	21.8	2.7
10	19°11'52.70"	100°09'37.61"	27.4	1.7
11	19°11'52.82"	100°09'03.56"	28.9	2.3
12	19°11'51.92"	100°08'29.03"	10.4	2.4
13	19°11'20.65"	100°08'29.21"	25.6	2.0
14	19°11'20.31"	100°09'03.22"	21.9	2.0
15	19°11'19.86"	100°09'38.00"	20.6	1.9
16	19°10'47.56"	100°09'37.66"	11.8	2.6
17	19°10'17.27"	100°09'35.83"	1.1	0.2
18	19°10'49.91"	100°09'03.40"	1.3	1.1
19	19°10'20.21"	100°08'32.71"	3.2	0.7
20	19°10'29.00"	100°08'48.00"	18.6	2.3
21	19°10'46.94"	100°07'53.84"	21.5	1.9
22	19°10'21.50"	100°07'29.64"	4.0	1.3
23	19°10'37.67"	100°07'27.98"	3.2	1.2



**Figura 2.** Medición de parámetros en agua con Hydrolab (Hach DS5)



**Figura 3.** Muestreo de agua en la presa valle de Bravo

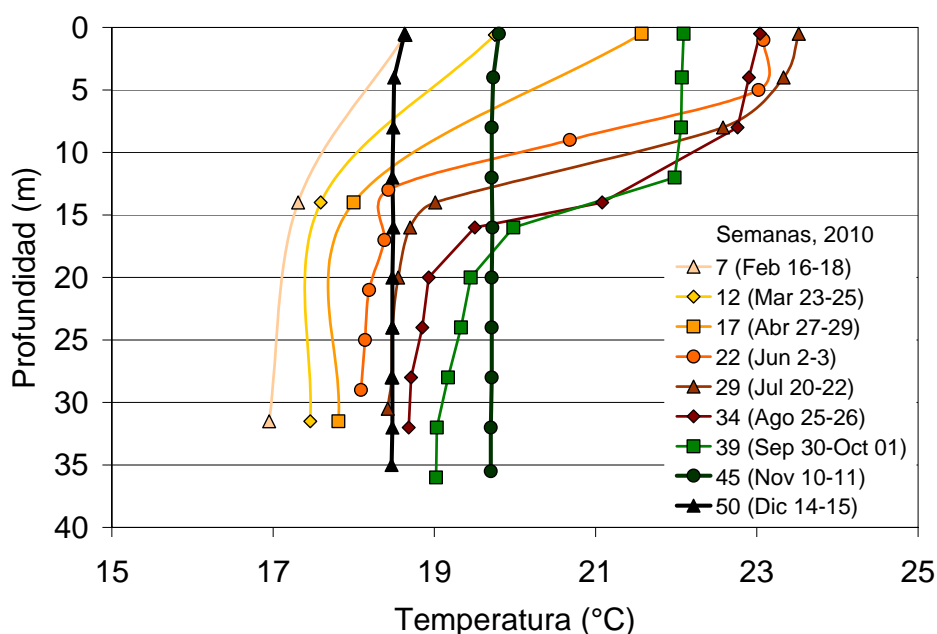
Usando el programa Surfer v. 8 y aplicando el método de interpolación “Kriging” con malla de 1 m, se realizaron isolíneas para analizar la distribución de la concentración de los parámetros medidos en agua y sedimentos.

Para determinar el potencial de lixiviación de fósforo en sedimentos de la presa, mediante extracciones secuenciales (Psenner *et al.*, 1984) se caracterizó su distribución entre los componentes que constituyen estos sólidos en muestras de las estaciones 7, 13 y 21.

## 2.2 Resultados y discusión de parámetros medidos en agua y sedimentos

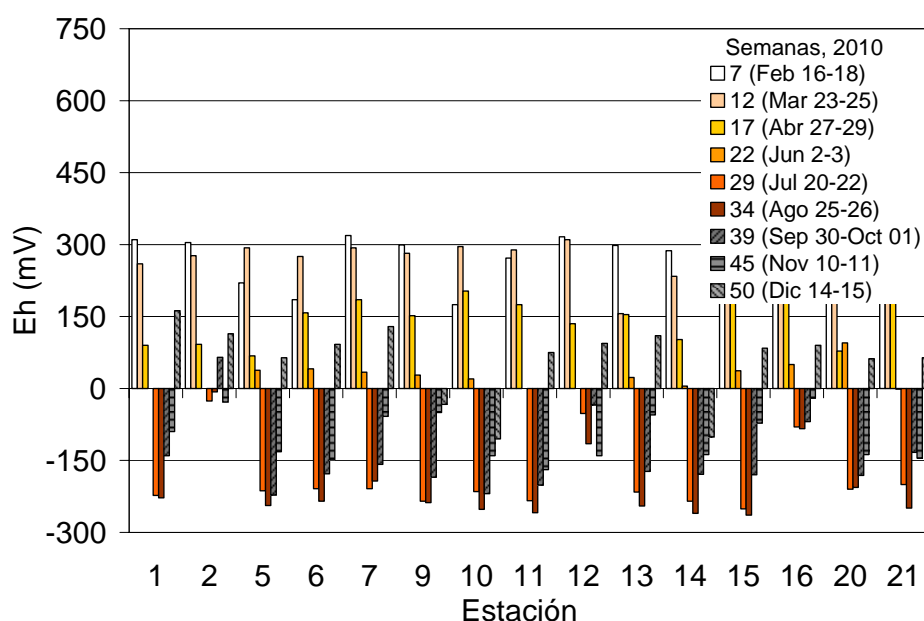
Se presentan los resultados de parámetros medidos durante los muestreos en el Anexo 1. Las figuras de los parámetros en agua y en sedimentos son discutidas a continuación. En el Anexo 2 se presentan las figuras adicionales, que no se discuten en el texto.

En el periodo entre las semanas 7 y 17 (de febrero a abril) se observa la formación de la termoclina y en la semana 39 (de finales de septiembre a principios de octubre), su desintegración (Figura 4). La temperatura del agua en la estación más profunda (estación 7) presenta estratificación con diferencias en temperatura de 5 °C entre superficie y fondo en el periodo comprendido entre las semanas 22 y 34 (junio a agosto) mientras que en las semanas 45 y 50 se observa mezcla completa de la columna de agua. El mayor cambio en temperatura se presenta entre 5 y 15 m de profundidad durante el periodo de máxima estratificación.



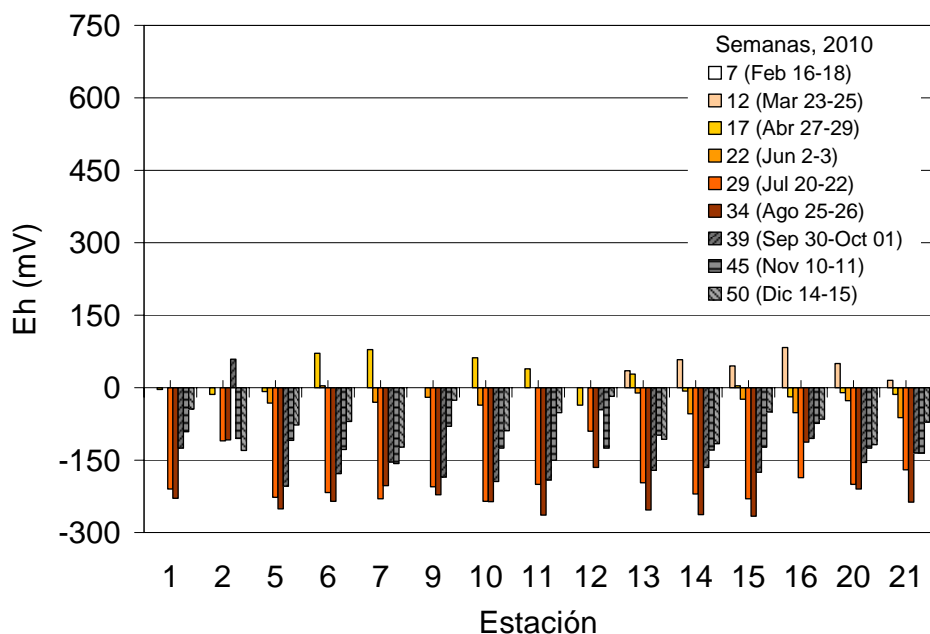
**Figura 4.** Temperatura en la columna de agua

Los resultados de potencial redox en agua de fondo y en sedimentos se presentan en las Figura 5 y Figura 6. No incluyen los resultados obtenidos en estaciones de entradas de los ríos, donde la mezcla provoca oxidación. Se observa que el potencial redox en el agua de fondo y en los sedimentos es principalmente negativo en periodo entre la semana 29 y la 45 (de julio a noviembre). En diciembre se obtienen valores positivos en el agua, aunque el potencial redox en sedimentos sigue siendo negativo.

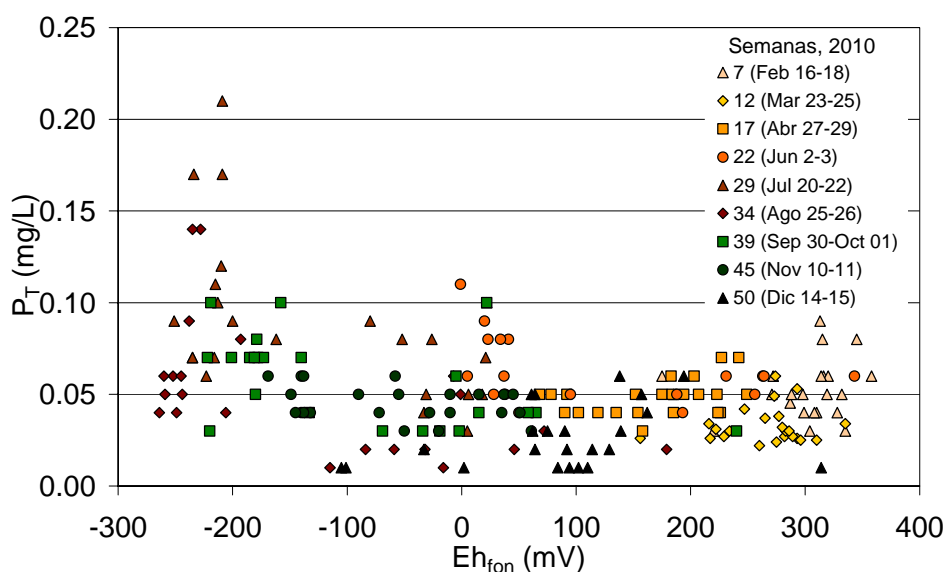


**Figura 5.** Potencial redox en el agua de fondo

Las condiciones reducidas en el fondo de la presa durante la estratificación, ocasionan la liberación de fósforo de los sedimento (Miao *et al.*, 2006 y CONAGUA-IMTA, 2009). En la Figura 7 se confirma este resultado, al observar que las concentraciones de  $P_T$  aumentan a potenciales redox negativos. En la Figura 8 se observa que las concentraciones de  $P_T$  clasificaban al cuerpo de agua entre mesotrófico y eutrófico (OECD, 1982) durante el inicio de la estratificación en el mes de marzo, mientras que aumentan las concentraciones de  $P_T$  hasta el mes de julio, clasificando al cuerpo de agua entre eutrófico e hipereutrófico. Posteriormente vuelven a disminuir las concentraciones de  $P_T$  debido a la mezcla y la oxigenación del agua.



**Figura 6.** Potencial redox en sedimentos

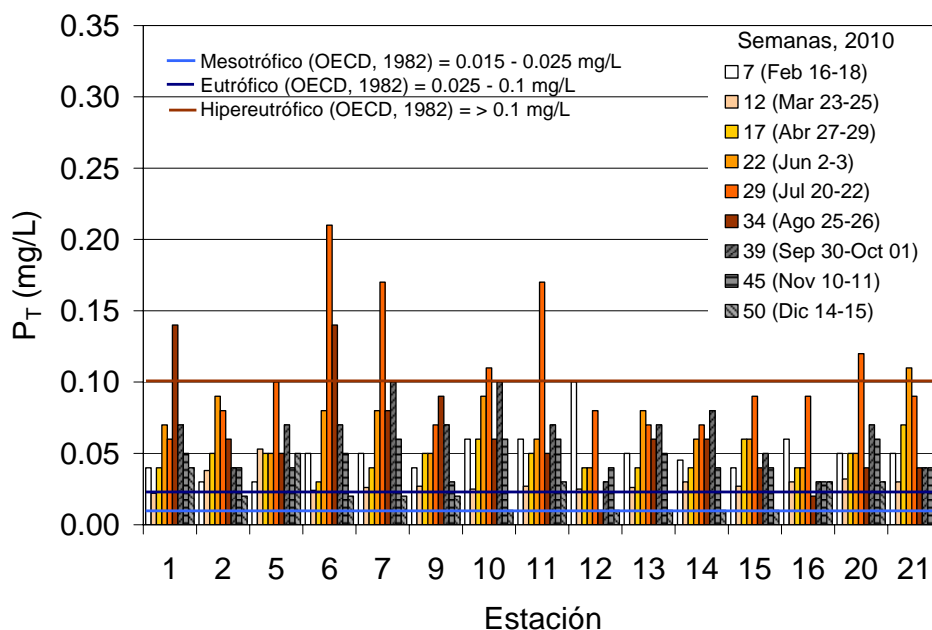


**Figura 7.** Fósforo total en agua en función del potencial redox

Analizando los resultados presentados en las Tablas del Anexo 1, se obtiene que en el periodo de febrero a julio, la concentración promedio de fósforo total en agua de fondo



incrementó un 77%, mientras que en agua de superficie y agua de profundidad media, el incremento de la concentración de fósforo fue de 76 y 65%, respectivamente.



**Figura 8.** Fósforo total en agua de fondo

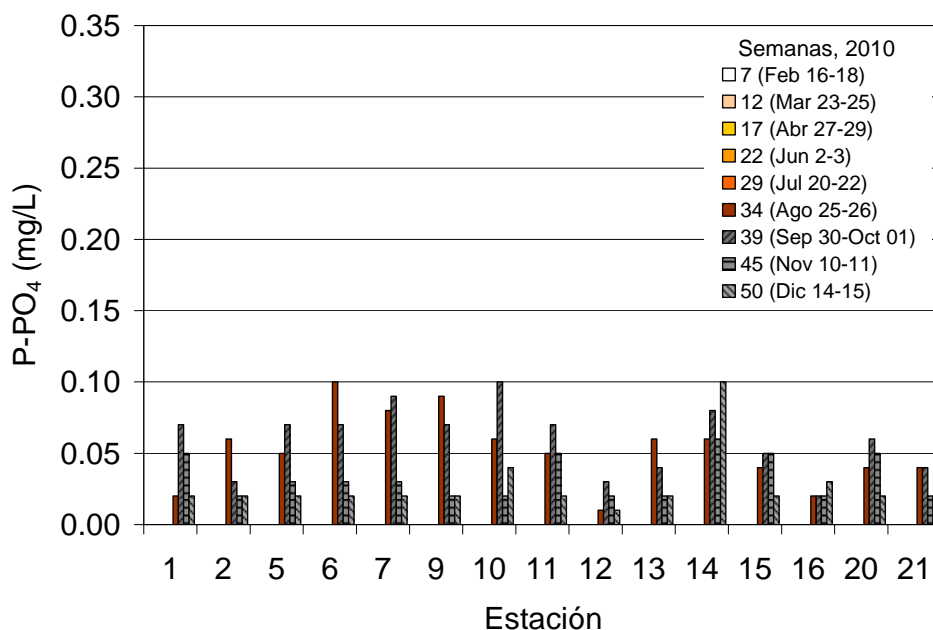
También las concentraciones de P-PO<sub>4</sub> presentan mayores concentraciones en el periodo de estratificación (Figura 9).

Al contrario del fósforo, las concentraciones de N-NO<sub>3</sub> disminuyen en el periodo de febrero a junio (Figura 10), presentándose valores entre 0.76 y 2.65 mg/L en febrero y entre 0.01 y 0.03 mg/L en junio.

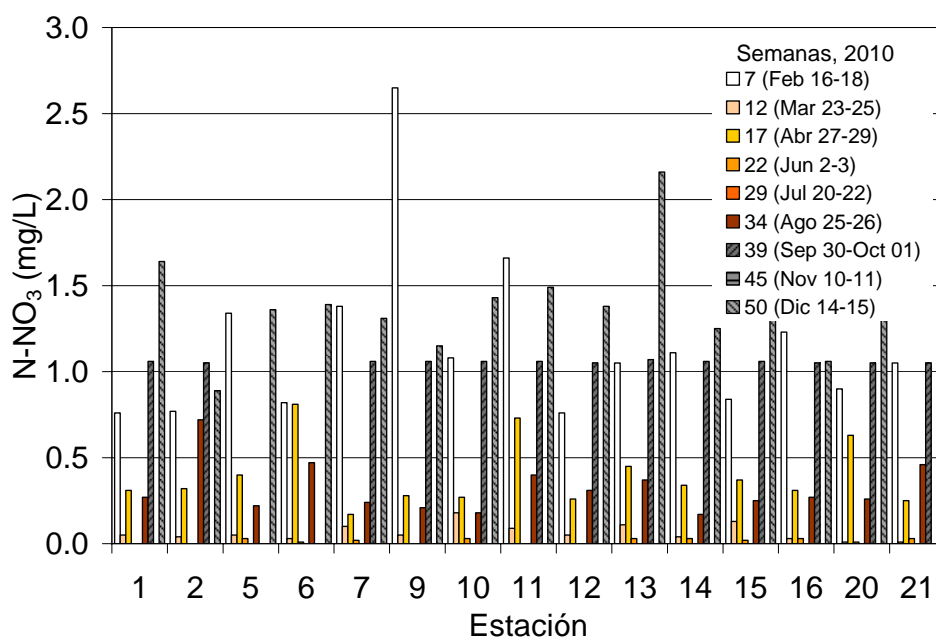
A partir de agosto, las concentraciones nuevamente aumentan, alcanzando promedios de  $1.43 \pm 0.31$  mg/L en agua de fondo. Por otra parte, las concentraciones promedio de N-NH<sub>4</sub> en agua de fondo aumentan (Figura 11) de 0.06 a 1.22 mg/L en el periodo de febrero a agosto.

Durante el monitoreo de 24 h el Eh en el agua de fondo presentó una oscilación de ~100 mV, disminuyendo de las 8 h a las 14 h para posteriormente aumentar de nuevo

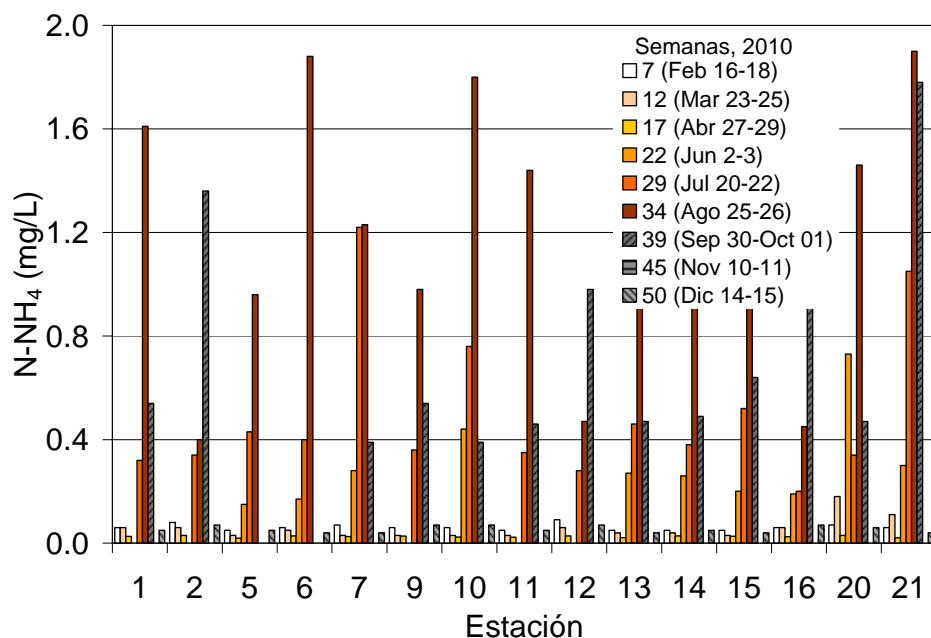
(Figura 12). Sin embargo, las concentraciones de fósforo no muestran relación alguna con los cambios en potencial redox medidos durante las 24 h (Figura 13).



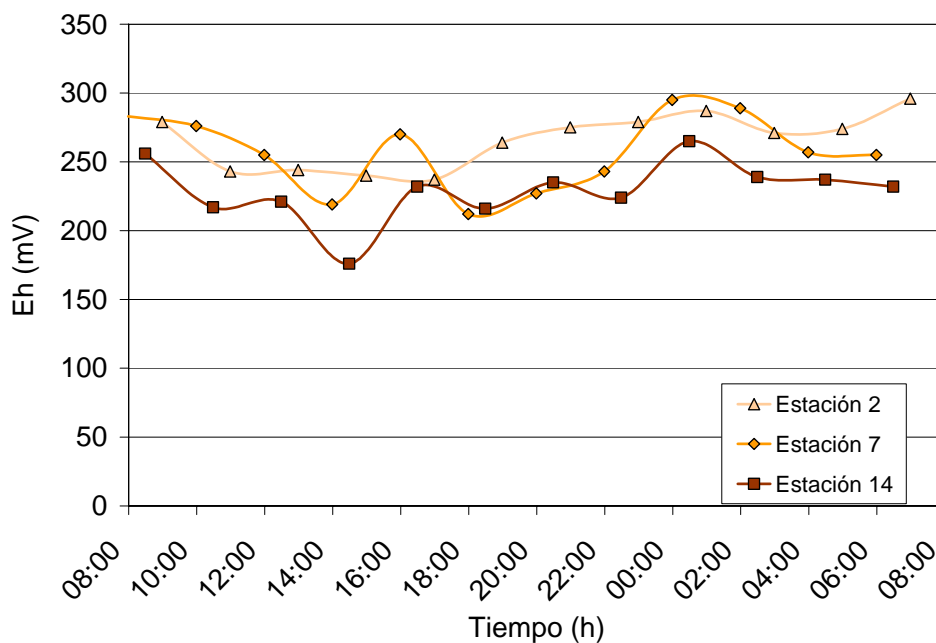
**Figura 9.** Fósforo como fosfatos en agua de fondo



**Figura 10.** Nitrógeno como nitratos en agua de fondo

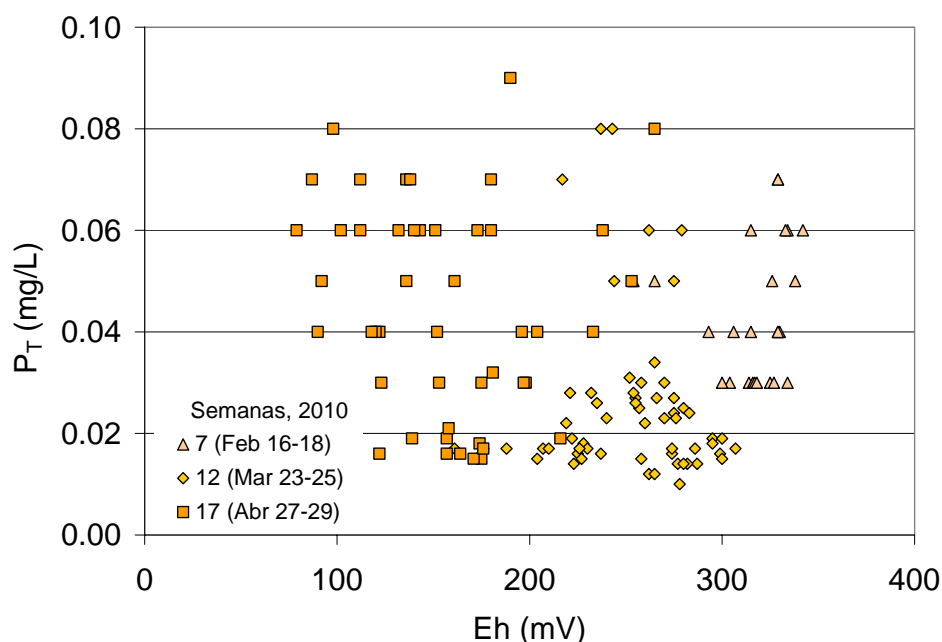


**Figura 11.** Nitrógeno amoniacal en agua de fondo



**Figura 12.** Potencial redox en agua de fondo durante muestreos de 24h





**Figura 13.** Fósforo total en agua en función del potencial redox (Muestreos de 24 h)

Los resultados de la extracción secuencial de fósforo en el perfil de sedimentos (Tabla 2 y Figura 14) muestran que aproximadamente 35 % puede potencialmente liberarse por procesos de reducción y biodegradación (fracciones representadas con puntos). En el perfil de sedimentos de la estación 13 se observa que a partir de una profundidad de 6 cm, la concentración de fósforo potencialmente disponible se mantiene constante mientras que en el perfil de la estación 7 se observa una concentración de fósforo potencialmente disponible semejante a la concentración en sedimento superficial. Por lo anterior se consideró que la interacción de los sedimentos ocurre hasta que el sedimento tenga 6 cm de profundidad.

Resultados de núcleos de sedimentos reportados por Carnero-Bravo (2008), confirman esta suposición, dado que la concentración de fósforo disminuye de 1 g/kg en la superficie a aproximadamente 0.6 g/kg en el periodo de 2003 a 2007 (Figura 15). Siendo la velocidad de sedimentación de ~1.4 cm/año, este estrato corresponde a aproximadamente 6 cm de profundidad.



**CONAGUA**

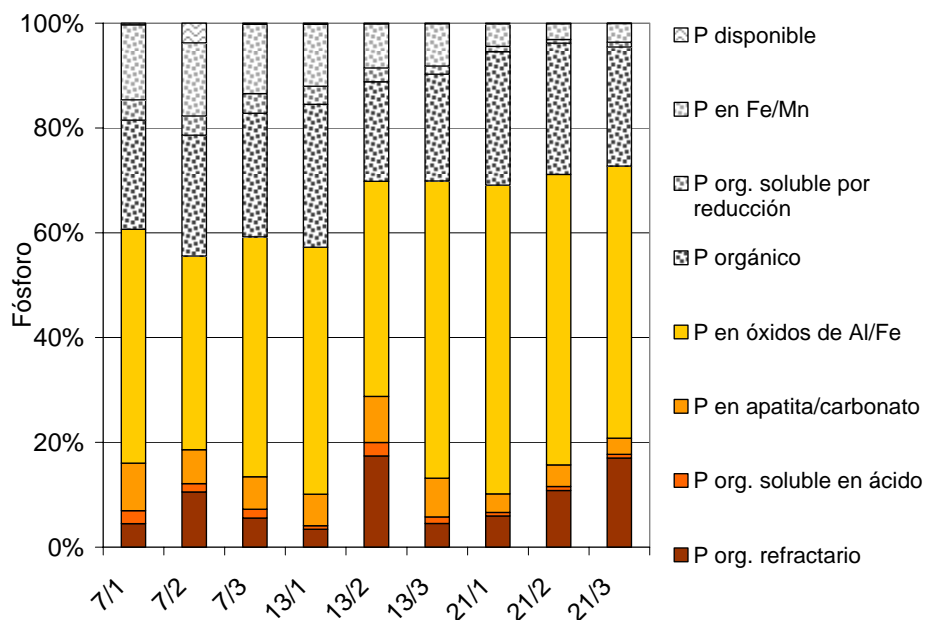
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 14.** Fracción de P en sedimentos (Extracción-Psenner). Cortesía del Instituto de Limnología Dr. Nowak, Alemania

Considerando los primeros 6 cm de sedimento, con concentración promedio de fósforo de 951 mg/kg (CONAGUA-IMTA, 2009) y con peso seco de  $0.07 \text{ t/m}^3$ , se estimó que la cantidad de fósforo que potencialmente puede lixiviarse de los sedimentos, es de 27.57 t.

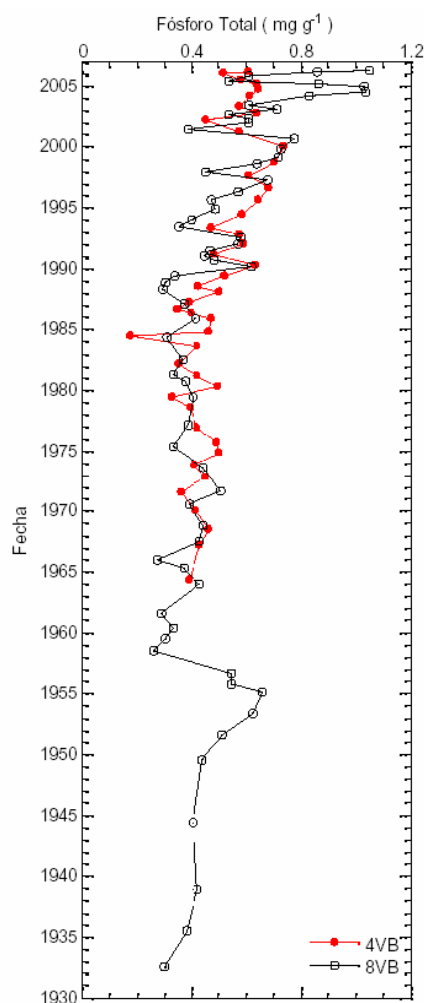


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

**Tabla 2.** Fracción extraíble de fósforo en sedimentos (Psenner)

Núcleo/sección (profundidad)		7/1 (0-3cm)	7/2 (4-6cm)	7/3 (7-9cm)	13/1 (0-3cm)	13/2 (4-6cm)	13/3 (7-9cm)	21/1 (0-3cm)	21/2 (4-6cm)	21/2 (7-9cm)
Parámetro general	Unidades									
Base seca	%	17.0	17.0	25.0	17.0	25.0	29.0	30.0	45.0	35.0
Contenido de humedad	%	83.0	83.0	75.0	83.0	75.0	71.0	70.0	55.0	65.0
<b>Extracción secuencial de fósforo</b>										
P disponible	mg P/kg	3.33	30.6	1.64	1.42	0.70	1.03	1.51	1.04	0.68
P en Fe/Mn	mg P/kg	155.0	113.0	90.0	79.4	47.6	89.8	43.9	31.5	30.4
P orgánico soluble por reducción	mg P/kg	42.1	30.0	25.6	23.0	14.7	17.1	10.9	7.2	7.7
P en óxidos de Al/Fe	mg P/kg	483	300	312	316	231	627	606	576	443
P orgánico	mg P/kg	225	187	161	183	107	225	262	260	194
P en apatita/carbonato	mg P/kg	98.1	52.5	42.4	40.3	49.6	81.3	36.7	43.1	26.1
P orgánico soluble en ácido	mg P/kg	26.8	12.9	11.5	4.6	14.4	13.9	7.0	8.1	6.1
P orgánico refractario	mg P/kg	48.5	85.5	37.9	22.9	98	50.0	61.1	112	145
<b>P Total</b>	mg P/kg	<b>1082</b>	<b>811</b>	<b>682</b>	<b>671</b>	<b>564</b>	<b>1105</b>	<b>1030</b>	<b>1038</b>	<b>853</b>



**Figura 15.** Perfil de P en sedimentos con respecto al tiempo (Carnero-Bravo, 2008)

### 2.3 Estimación de la carga interna

Se extrapolaron los resultados de liberación de nutrientes obtenidos en la 1ra Etapa de este proyecto, considerando la lixiviación de fósforo en 6 cm de sedimentos (Figura 16 y Ecuación 1). Considerando los valores de potencial redox medidos en sedimentos, presentados en las Figura 17 a Figura 23 y el Anexo 1, se estimó la carga interna de fósforo en el periodo de abril a diciembre de 2010. Aplicando Surfer v. 8 se determinaron las áreas del embalse (A) con diferentes potencial redox.

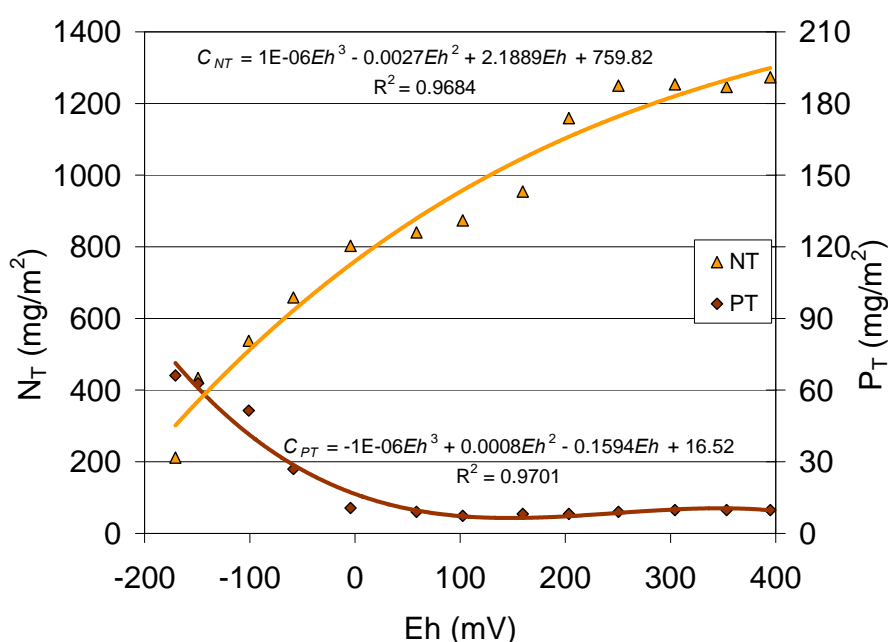
$$C_{PT} = (-1 \times 10^{-6} Eh^3 + 0.0008 Eh^2 - 0.1594 Eh + 16.52) A \quad (1)$$

Dónde:

$C_{PT}$  = carga interna de fósforo, kg

$Eh$  = potencial redox, mV

$A$  = área con diferentes intervalos de  $Eh$ ,  $m^2$



**Figura 16.** Liberación de fósforo total y nitrógeno total en sedimentos (CONAGUA-IMTA, 2009)

En la Tabla 3 se muestran los resultados de carga interna en función de  $Eh$  para el periodo de abril a diciembre. Estos resultados varían entre 0.25 y 1.59 t de fósforo, indicando un incremento durante el periodo abril a agosto y una disminución a partir de de septiembre. Según estas estimaciones, la mayor carga interna de fósforo (Tabla 3) se presenta principalmente durante los meses de julio y noviembre, cuando se encuentran potenciales redox negativos en agua y en sedimentos. La carga interna estimada para el periodo de abril a diciembre fue de 5.9 t.



**CONAGUA**

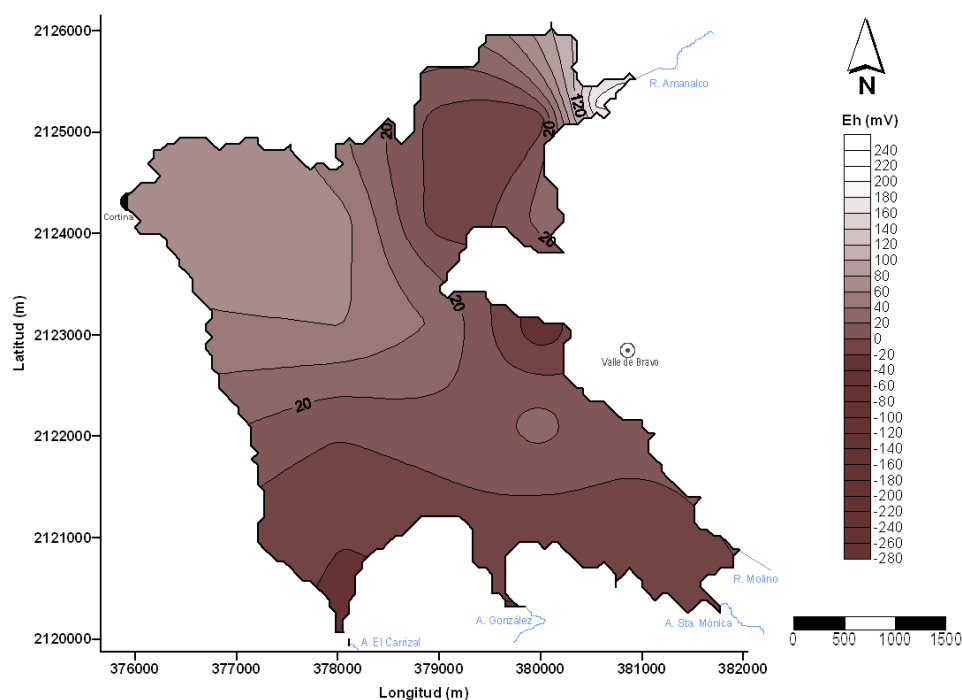
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

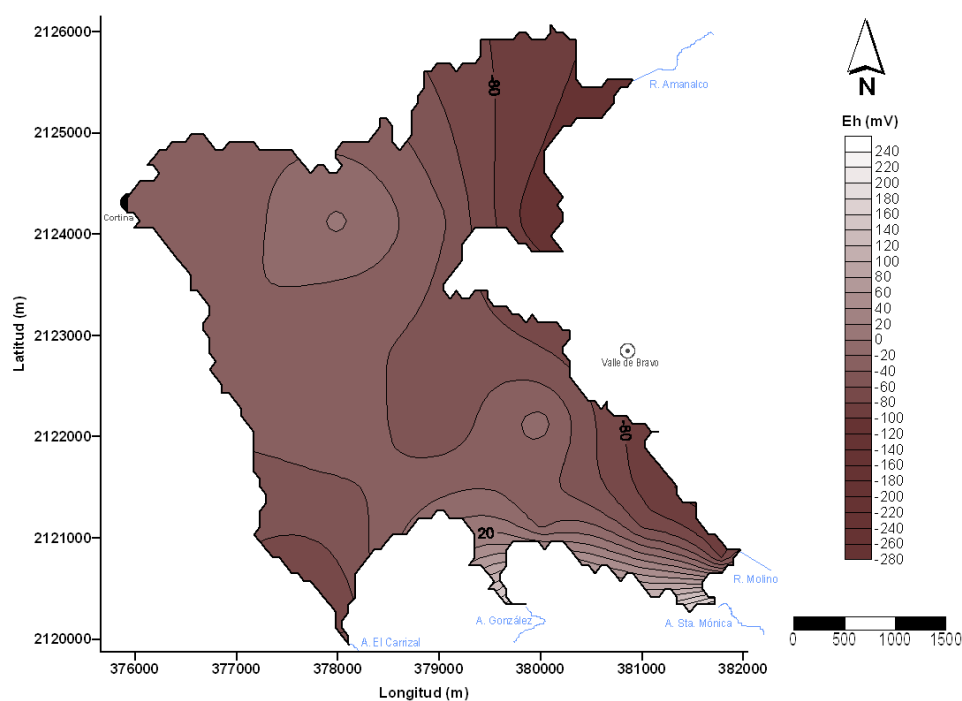


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 17.** Potencial redox en sedimentos, semana 17 (Abr 27-29, 2010)



**Figura 18.** Potencial redox en sedimentos, semana 22 (Jun 2-3, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa



**CONAGUA**

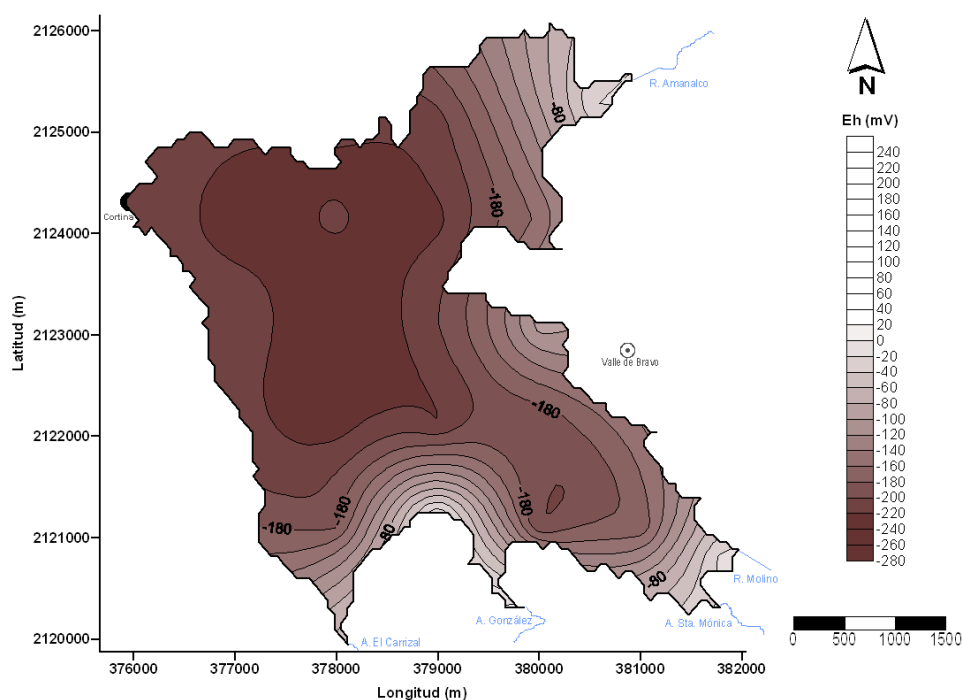
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

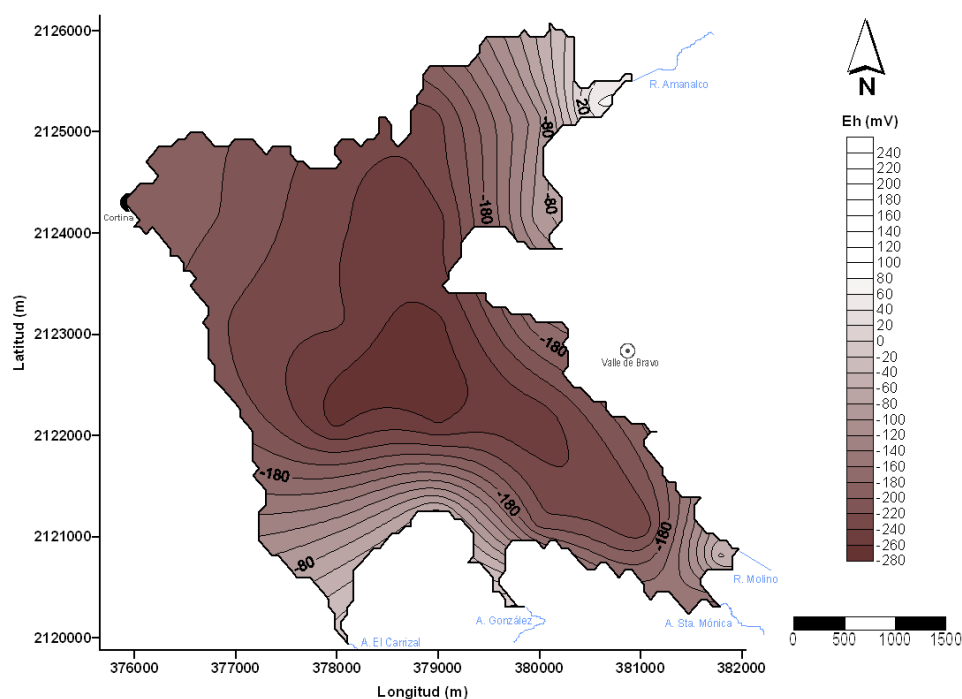


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 19.** Potencial redox en sedimentos, semana 29 (Jul 20-22, 2010)



**Figura 20.** Potencial redox en sedimentos, semana 34 (Ago 25-26, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

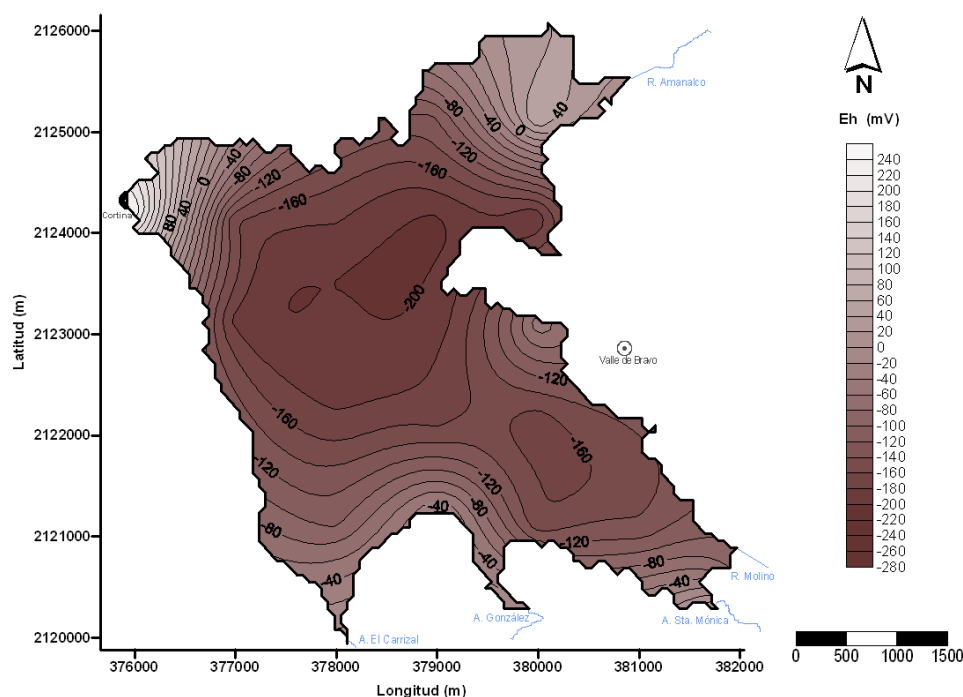
Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa



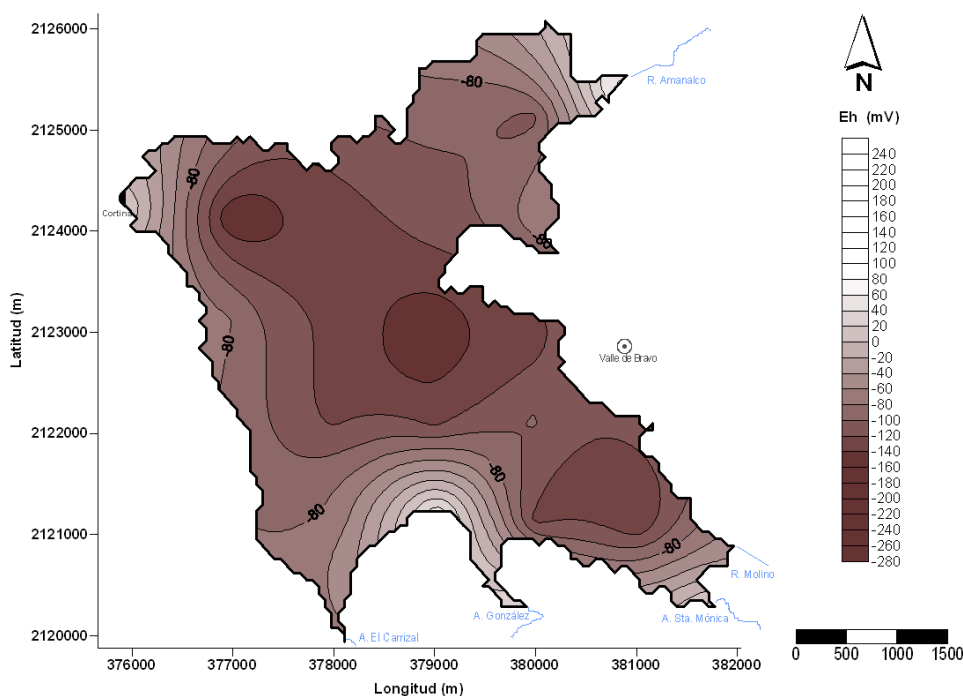
**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



**Figura 21.** Potencial redox en sedimentos, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



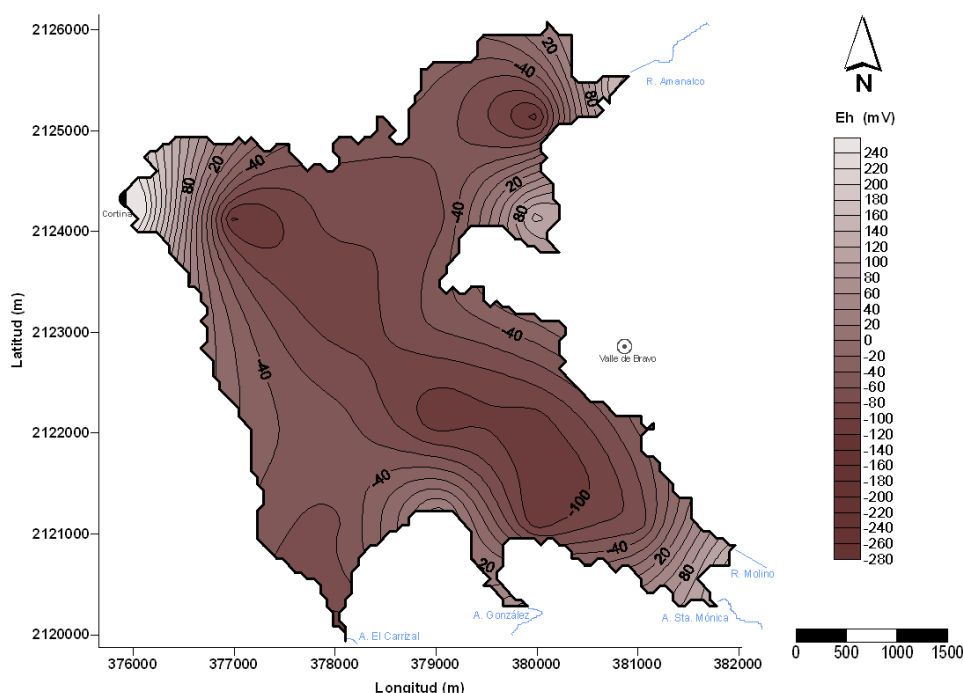
**Figura 22.** Potencial redox en sedimentos, semana 45 (Nov 10-11, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa





**Figura 23.** Potencial redox en sedimentos, semana 50 (Dic 14-15, 2010)

Los resultados de carga interna de fósforo obtenidos por cambios en Eh fueron comparados con los resultados de carga interna de fósforo en base a concentraciones de campo. Para cada evento de muestreo se realizó un balance de fósforo (ecuación 2), donde las entradas a la presa fueron la carga externa de la cuenca hidrológica (capítulo 4 de este informe), las entradas por lluvia y la carga interna. Las salidas fueron las extracciones y la acumulación de fósforo en sedimentos. Los resultados de este balance se presentan en la (Tabla 4).

$$\Delta PT_{embalse} = PT_{entró} - PT_{salió} + PT_{int\ ernó} - PT_{se\ dim\ ento} \quad (2)$$

Donde:

$\Delta PT_{embalse}$  = diferencia de fósforo para cada periodo en la presa, t/periodo

$PT_{entró}$  = entrada de fósforo, t/periodo

$PT_{salió}$  = salida de fósforo, t/periodo

$PT_{interno}$  = carga interna de fósforo, t/periodo

$PT_{sedimento}$  = sedimentación de fósforo, t/periodo

Las entradas por lluvia fueron estimadas con base a precipitación promedio para años anteriores (1970 a 2003) (ERIC, 2008), las extracciones de fósforo fueron estimadas con base en volúmenes promedio de extracción (información proporcionada por la CONAGUA) y concentraciones de fósforo medidas en agua. La acumulación en sedimentos fue estimada con base en la velocidad de sedimentación de ~1.4 cm/año reportada por Carnero-Bravo (2008) y la concentración promedio de fósforo en sedimentos.

Considerando que los valores negativos representa la desaparición de fósforo de la columna de agua por acumulación en sedimentos y bioacumulación, se obtuvo la carga interna en el periodo con base a concentraciones de campo, sumando los valores positivos, resultando en 4.9 t para el periodo de abril a diciembre (Tabla 4). Este valor del mismo orden de magnitud que la carga interna estimada por cambios en potencial redox.

Del fósforo potencialmente disponible por extracción Psenner (Tabla 5) y considerando que en lo experimentos de liberación de fósforo se obtuvo una reducción del 1% del Fe total y una degradación de 25% de la MO. Tomando estos resultados como referencia, se estimó una carga interna de 5.57 t. Este valor del mismo orden es intermedio de la carga interna de 5.9 t estimada por variaciones en potencial redox y 4.9 t con base a concentraciones de campo.

Suponiendo que 25% del fósforo de la carga externa de fósforo es fósforo disuelto y 75% es fósforo en partículas (Wetzel, 2001), se estima que de la carga externa durante el periodo de febrero a diciembre, 15.58 t corresponde a fósforo disuelto (Tabla 6). Por lo tanto, la carga total de fósforo disuelto, es de 21.48 t, siendo 27% de carga interna en función de Eh y 73% de carga externa.

**Tabla 3.** Carga interna de fósforo en base a variaciones en potencial redox

Fechas	Liberación de fósforo (mg/m <sup>2</sup> )	Carga estimada de fósforo (t)	Concentración promedio de P <sub>T</sub> (mg/L)	Volumen de agua en la presa (Mm <sup>3</sup> )	P <sub>T</sub> en el agua (t)
Semana 7 (Feb 16-18, 2010)	-	-	0.047 ± 0.015	317	14.90
Semana 12 (Mar 23-25, 2010)	-	-	0.032 ± 0.009	324	10.37
Semana 17 (Abr 27-29, 2010)	265	0.25	0.042 ± 0.010	331	13.90
Semana 22 (Jun 2-3, 2010)	570	0.43	0.051 ± 0.017	313	15.96
Semana 29 (Jul 20-22, 2010)	1373	1.41	0.090 ± 0.040	321	28.89
Semana 34 (Ago 25-26, 2010)	1981	1.59	0.072 ± 0.023	354	25.49
Semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)	1270	0.98	0.040 ± 0.025	389	15.56
Semana 45 (Nov 10-11, 2010)	708	0.74	0.042 ± 0.009	384	16.13
Semana 50 (Dic 14-15, 2010)	731	0.50	0.023 ± 0.014	369	8.49
<b>Total</b>	<b>6898</b>	<b>5.90</b>			

**Tabla 4.** Carga interna de fósforo en base a concentraciones de campo

Fechas	Carga externa (t/periodo)*	Lluvia (t/periodo)	Extracciones (t/periodo)	Sedimentación (t/periodo)	P <sub>T</sub> en el embalse (t/periodo)	ΔP <sub>T</sub> (t/periodo)	Carga interna (t/periodo)
Semana 7 (Feb 16-18, 2010)	-	-	-	-	14.90	-	-
Semana 12 (Mar 23-25, 2010)	7.78	0.002	0.58	1.50	10.37	-4.53	-10.23
Semana 17 (Abr 27-29, 2010)	5.41	0.004	0.76	1.51	13.90	3.53	0.40
Semana 22 (Jun 2-3, 2010)	7.81	0.055	0.95	1.53	15.96	2.06	-3.32
Semana 29 (Jul 20-22, 2010)	12.70	0.061	2.24	2.07	28.89	12.93	4.48
Semana 34 (Ago 24-26, 2010)	10.51	0.061	1.31	1.51	25.49	-3.40	-11.16
Semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)	8.05	0.050	0.77	1.61	15.56	-9.93	-15.66
Semana 45 (Nov 10-11, 2010)	6.69	0.006	0.89	1.77	16.13	0.57	-3.47
Semana 50 (Dic 14-15, 2010)	3.35	0.003	0.41	1.46	8.49	-7.64	-9.13
<b>Total</b>	<b>62.3</b>	<b>0.2</b>	<b>7.9</b>	<b>13.0</b>			<b>4.9 (sólo positivos)</b>

\*Estimada para cada periodo con base en la metodología descrita en el capítulo 4

**Tabla 5.** Fósforo potencialmente disponible a lixiviar (Extracción Psenner)

Fracción	Fracción Psenner (%)	P <sub>T</sub> (mg/kg)	P <sub>T</sub> lixiviable (mg/kg)	Área del embalse (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen de sedimento (m <sup>3</sup> )	Masa de sedimento (t)	P <sub>T</sub> potencialmente disponible (t)	PT lixiviado por reducción (%)	P <sub>T</sub> lixiviado (t)
P disponible	0.6	951	5.7	18,000 000	0.06	1,080 000	75 600	0.50	100	0.50
P en Fe/Mn	9.0		85.3					7.09	1	0.07
P orgánico soluble por reducción	2.4		22.8					1.91	25	0.48
P orgánico	23.0		219.0					18.06	25	4.52
<b>Total</b>								<b>27.56</b>		<b>5.57</b>

**Tabla 6.** Carga externa e interna de fósforo

Periodo	Carga interna por cambio en Eh (t)	Carga externa (t)	Carga externa disuelta (t)	Carga externa particulada (t)
Semana 7 (Feb 16-18, 2010)	-	-	-	-
Semana 12 (Mar 23-25, 2010)	-	7,78	1,95	5,84
Semana 17 (Abr 27-29, 2010)	0.25	5,41	1,35	4,06
Semana 22 (Jun 2-3, 2010)	0.43	7,81	1,95	5,86
Semana 29 (Jul 20-22, 2010)	1.41	12,7	3,18	9,53
Semana 34 (Ago 25-26, 2010)	1.59	10,51	2,63	7,88
Semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)	0.98	8,05	2,01	6,04
Semana 45 (Nov 10-11, 2010)	0.74	6,69	1,67	5,02
Semana 50 (Dic 14-15, 2010)	0.50	3,35	0,84	2,51
<b>Total</b>	<b>5.90</b>	<b>62,30</b>	<b>15,58</b>	<b>46,73</b>

### 3 Evaluación de las eficiencias y dosis óptimas de adsorbentes naturales para adsorber fósforo e inmovilizarlo en sedimentos

#### 3.1 Evaluación de dosis óptimas

Para evaluar la dosis óptima de Phoslock y bentonita cálcica en la remoción de  $P-PO_4$  se realizaron pruebas montando 12 vasos de precipitado de un litro con agua de la presa en agitación constante de 200 rpm (Figura 24). Para el análisis de las concentraciones de  $P-PO_4$  en el rango de medición del método analítico aún después del tratamiento con los adsorbentes, se incrementó la concentración de  $P-PO_4$  en el agua de 0.035 a 0.52 mg/L, adicionando 30.65 mg de  $KH_2PO_4$  a un volumen de 15 L. Se evaluaron cinco dosis diferentes para cada adsorbente, y se realizaron en forma paralela un duplicado de la dosis 100/1 de Phoslock/ $P-PO_4$  y un blanco como referencia (Tabla 7). El monitoreo de los recipientes se realizó de acuerdo a los siguientes tiempos: 0, 0.5, 1, 2, 5, 8, 15, 30 y 47 d, midiendo pH con potenciómetro marca WTW modelo 340i y electrodo Sentix 41-3 y filtrando 12 mL de muestra con filtro Millipore 0.45 $\mu$  para análisis de  $P-PO_4$  con el método fotométrico (Fosfatos 14848, Spectroquant®) (Merck, 2010).



**Figura 24.** Montaje experimental para evaluar la dosis óptima de remoción de  $P-PO_4$

**Tabla 7.** Dosis de adsorbente a evaluar

Adsorbente	Adsorbente/P-PO <sub>4</sub> (g/g)						
	50/1	75/1	100/1	125/1	150/1	100/1 (duplicado)	0/1 Blanco (agua con fosfato sin adsorbente)
Bentonita cálcica	50/1	75/1	100/1	125/1	150/1		

Los resultados experimentales se presentan en el Anexo 3. Se observa que los resultados de los duplicados no presentan diferencias y que no existe variación en la concentración del blanco de referencia, indicando que no se presentan pérdidas del adsorbato durante el experimento.

Mayores cantidades de Phoslock remueven más P-PO<sub>4</sub> (Figura 25) hasta una relación de 100/1. Mayores concentraciones del adsorbente remueven la misma cantidad de P-PO<sub>4</sub>. Por lo tanto, se confirma que la dosis óptima de Phoslock es de 100/1. La remoción ocurre rápidamente durante los primeros días de contacto con el adsorbente (Figura 25), alcanzando remociones entre 47 % con la dosis de 50/1 y 94 % con la dosis de 150/1 después de 8 d.

De las cinco dosis de Phoslock evaluadas se puede concluir que la relación de 100/1 es la óptima, ya que después de 30 días de monitoreo alcanza un porcentaje de remoción igual o mayor a las dosis de 125/1 y 150/1.

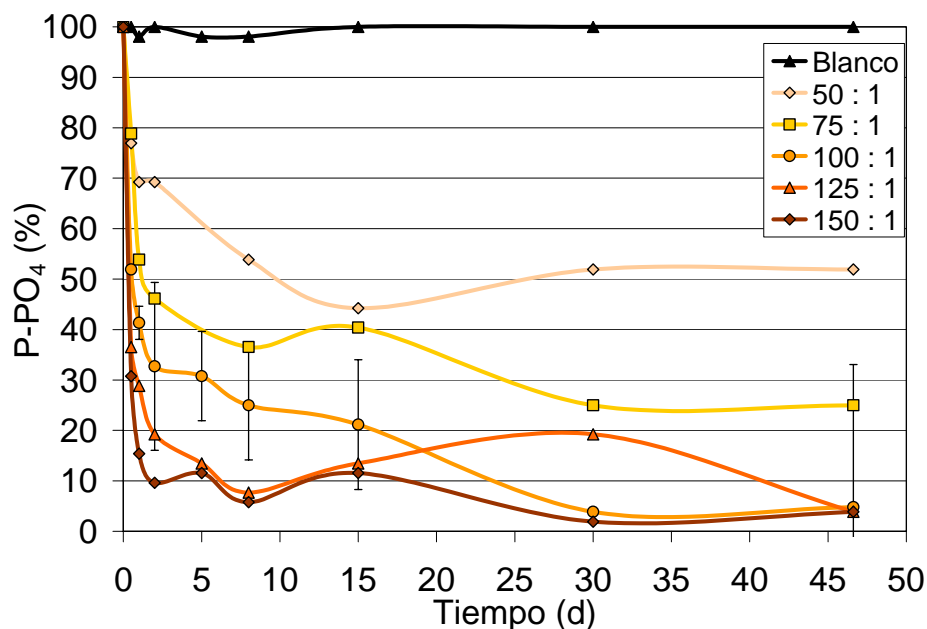
Por su parte, la bentonita cálcica no remueve P-PO<sub>4</sub> con dosis evaluadas (Figura 26).



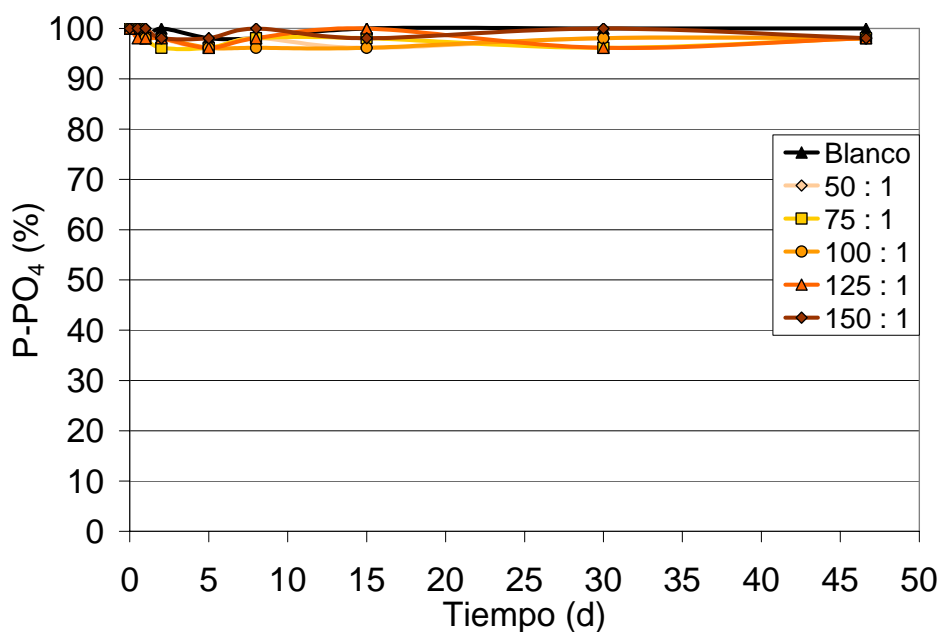
**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



**Figura 25.** Remoción de P-PO<sub>4</sub> con diferentes dosis de Phoslock



**Figura 26.** Remoción de P-PO<sub>4</sub> con diferentes dosis de bentonita cálcica



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa



### 3.2 Evaluación de la remoción de $P-PO_4$ en columnas de agua e inmovilización en sedimentos

Con el objetivo de conocer la cinética de remoción y estimar el tiempo en que se alcanzan las concentraciones deseadas de  $P-PO_4$  en columnas de agua, se montaron tres columnas con 48 L de agua enriquecida con  $P-PO_4$  y 200 g de muestra compuesta de sedimentos de la presa (Figura 27). La concentración inicial de  $P-PO_4$  fue de 0.25 mg/L (Anexo 4). Para remover  $P-PO_4$  de agua y sedimentos, a una columna se agregó Phoslock en relación adsorbente/ $P-PO_4$  de 100/1. Para comprobar la ineficiencia de bentonita cálcica en la remoción de  $P-PO_4$ , a otra columna se agregó este adsorbente en la misma relación; a la tercera columna no se agregó adsorbente (Tabla 8). Las columnas fueron cubiertas con papel aluminio para evitar la entrada de radiación solar que pudiera generar florecimiento de algas por la alta concentración de nutrientes.



**Figura 27.** Montaje de columnas para evaluar la remoción de  $P-PO_4$



**Tabla 8.** Adsorbentes agregados a las columnas

Columna	Adsorbente	Adsorbente/P-PO <sub>4</sub> (g/g)
1	Phoslock	100/1
2	Bentonita cálcica	100/1
3	Blanco (agua con fosfato sin adsorbente)	0/1

Las cantidades de Phoslock y bentonita cálcica agregadas a las columnas se calcularon considerando la concentración de 0.25 mg de P-PO<sub>4</sub>/L en la columna de agua y la disponibilidad de fósforo de los sedimentos bajo condiciones reducidas de  $19 \pm 12$  mg/kg, obtenido por el método de extracción Psenner (Figura 14). El monitoreo de las columnas se realizó en los tiempos: 0, 0.5, 12, 24, 48, 120, y 190 h, midiendo pH con potenciómetro marca WTW modelo 340i y electrodo Sentix 41-3, turbiedad con turbidímetro marca HF scientific inc, modelo DTR-15CE, potencial redox con potenciómetro Orion modelo EA 940 y electrodo Redox combinado marca Corning y filtrando 15 mL de muestra con filtro Millipore 0.45 $\mu$  para análisis de P-PO<sub>4</sub> con el método fotométrico (Fosfatos 14848, Spectroquant®) (Merck, 2010). En cada intervalo se monitorearon pH y Eh. Una vez evaluado la remoción de P-PO<sub>4</sub> en la columna de agua y depositado los adsorbentes en la superficie de sedimentos, se inyectó gas N<sub>2</sub> para reducir el Eh y monitorear las concentraciones de P-PO<sub>4</sub> en la columna de agua para asegurar que no se presentará liberación de fósforo de los sedimentos.

En el Anexo 4 se muestran los resultados experimentales de la velocidad de remoción de P-PO<sub>4</sub> en columnas. Al igual que en los experimentos de dosis óptima, en los experimentos de columnas se observa que la remoción ocurre rápidamente durante los primeros días de contacto con el adsorbente (Figura 28), obteniéndose remociones de P-PO<sub>4</sub> de 65% con el Phoslock durante los primeros cinco días del experimento, alcanzando su máxima remoción (77%) a los 15 días. Se comprobó la ineficiencia de bentonita cálcica de remover fósforo en las columnas al remover sólo el 21% después de 30 días.



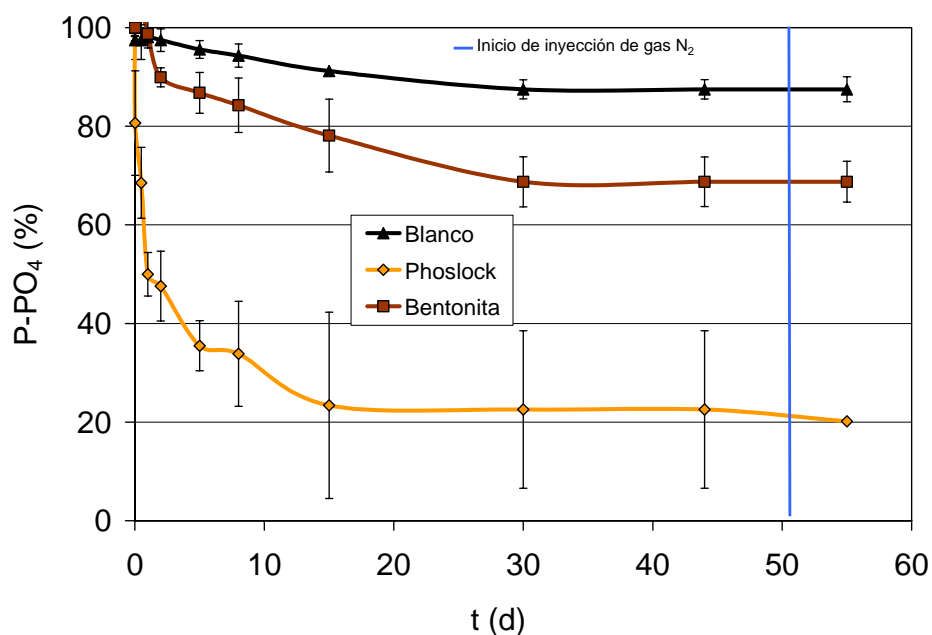
**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Figura 28.** Remoción de  $P-PO_4$  en columnas de agua. Relación adsorbente/ $P-PO_4$  100/1



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

#### 4 Escenarios de control de carga externa y evaluación en la reducción de nutrientes

En la 1ra Etapa del proyecto se estimó la carga externa de nutrientes a la presa Valle de Bravo (CONAGUA-IMTA, 2009). En esta 2da Etapa, esta estimación fue revisada y actualizada para incluir la proyección de población para el 2010 (CONAPO, 2006), la estimación de los volúmenes de escurrimiento y la consideración de que existe un equilibrio entre los nutrientes removidos por el pastoreo y los devueltos por estiércol (Bellows, 2001). En la cuenca Valle de Bravo existe una población de 81 832 habitantes distribuidas en 82 localidades (Tabla 9). Se estimó el volumen de descarga de agua residual de cada subcuenca (Tabla 10), en base a datos de población, dotación promedio estatal de agua potable por habitante del Edo. de Mex. cuyo valor es de 236 L/hab/d (CAEM, 2008), porcentaje de generación de agua residual (Conagua, 2007), porcentaje de cobertura de agua potable y alcantarillado municipal (INEGI, 2007) y al gasto de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Amanalco (7.5 L/s).

**Tabla 9.** Población y localidades por subcuenca en la presa Valle de Bravo

Subcuenca	Número de Localidades	Población 2010 (habitantes) <sup>1</sup>
Río Amanalco	31	26 013
Río Molino	25	6 818
Río San Diego	9	1840
Arroyo El Carrizal	4	70
Arroyo Yerbabuena	2	554
Arroyo Las Flores	5	1 937
Las Laderas	6	44 600
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>81 832</b>

<sup>1</sup> Fuente: Conapo (2006).

Para la estimación de los volúmenes de escurrimiento actualizada se utilizó el método indirecto (Aparicio, 2009) con base a la relación lluvia-escurrimiento. Este método requiere de información de precipitación media mensual, área de la subcuenca (área de drenaje) y coeficiente de escurrimiento (Ecuación 3).

**Tabla 10.** Volumen de descarga de agua residual sin tratamiento y de PTAR Amanalco

Subcuenca	Municipio	Población 2010	Coberturas de servicios		Volumen de agua residual generada
		(hab)	Agua potable	Alcantarillado sanitario	(m³/año)
Volumen de descarga de agua residual sin tratamiento					
Río Amanalco	Amanalco	18 617	81.50%	53.50%	287 908.22
	Donato Guerra	4 168	72.60%	45.60%	89 136.31
	Valle de Bravo	2 478	91.30%	82.50%	120 575.83
	Villa de Allende	751	69.10%	34.10%	11 431.82
	Subtotal	26 013			509 052.18
Río Molino	Valle de Bravo	6 154	91.30%	82.50%	299 448.37
	Amanalco	664	81.50%	53.50%	18 704.25
	Subtotal	6 818			318 152.62
Rio San Diego	Valle de Bravo	1 840	91.30%	82.50%	89 532.23
	Subtotal	1 840			89 532.23
Arroyo El Carrizal	Valle de Bravo	70	91.30%	82.50%	3 406.64
	Subtotal	70			3 406.64
A. Yerbabuena	Valle de Bravo	554	91.30%	82.50%	26 965.23
	Subtotal	554			26 965.23
Arroyo Las Flores	Valle de Bravo	1 937	91.30%	82.50%	94 282.33
	Subtotal	1 937			94 282.33
Laderas	Valle de Bravo	44 600	91.30%	82.50%	66 268.62
	Subtotal	44 600			66 268.62
Volumen de descarga de PTAR					
Río Amanalco	Amanalco		81.50%	53.50%	236 520
	Subtotal				236 520
	Total	81 832			1 344 179.86

$$Ve = (A)(Pm)(Ce) \quad (3)$$

Donde:

$Ve$  = volumen medio anual de escurrimiento, m<sup>3</sup>/mes

$A$  = área de subcuenca, m<sup>2</sup>

$Pm$  = precipitación media mensual, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> mes

$Ce$  = coeficiente de escurrimiento, adimensional

La precipitación media mensual se estimó a partir de los datos de las estaciones climatológicas cercanas y dentro de la cuenca y el método de las isoyetas. Para ello se analizaron 14 estaciones climatológicas para los periodos de 1961 a 2003 (años de operación de las estaciones), las cuales fueron ubicadas por coordenadas geográficas

mediante un SIG (Sistema de Información Geográfica) para el trazado de las isoyetas. La información de cada estación climatológica fue obtenida del extractor rápido de información climatológica ERIC III (IMTA, 2007).

La determinación del coeficiente de escurrimiento se realizó para cada subcuenca de acuerdo con el tipo de suelo, uso de suelo y pendiente, estimando la precipitación efectiva a partir de la total y de las características de la cuenca (Aparicio, 2009). El Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU. propone el método de los números de escurrimiento, en donde la altura de lluvia total ( $P$ ) se relaciona con la altura de lluvia efectiva ( $Pe$ ) mediante las ecuaciones 4 y 5 (Aparicio, 2009):

$$Pe = \frac{\left[ P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32} \quad (4)$$

$$Ce = \frac{Pe}{P} \quad (5)$$

Donde:

$N$  = número de escurrimiento, adimensional

$Pe$  = altura de precipitación efectiva, cm

$P$  = altura de precipitación de lluvia total, cm

$Ce$  = coeficiente de escurrimiento

Los coeficientes de escurrimiento por mes y por subcuenca se muestran en la Tabla 11. Para obtener los volúmenes escurridos, se realizó una intersección de isoyetas con el uso de suelo por subcuenca en la zona de estudio. En la Tabla 12 se presenta el volumen de descarga por escurrimientos de suelos con diferentes usos (A = agricultura, B = bosque, P = pastizal y ZU = zona urbana) para cada subcuenca y por mes perteneciente a la cuenca de la presa Valle de Bravo.

**Tabla 11.** Coeficiente de escurrimiento (Ce) por subcuenca y por mes

Subcuenca	Coeficiente de escurrimiento (Ce)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Amanalco	0.01	0.31	0.31	0.15	0.16	0.36	0.45	0.41	0.34	0.15	0.04	0.09
Río Molino	0.05	0.05	0.09	0.14	0.05	0.30	0.39	0.35	0.30	0.10	0.11	0.29
Río San Diego	0.16	0.34	0.34	0.14	0.11	0.22	0.23	0.19	0.22	0.06	0.13	0.25
Arroyo El Carrizal	0.37	0.37	0.36	0.31	0.10	0.16	0.19	0.18	0.15	0.11	0.30	0.23
Arroyo Yerbabuena	0.01	0.24	0.15	0.28	0.12	0.22	0.30	0.29	0.23	0.16	0.39	0.22
Arroyo Las Flores	0.17	0.29	0.30	0.31	0.23	0.21	0.29	0.27	0.22	0.15	0.22	0.33
Las Laderas	0.29	0.21	0.33	0.27	0.19	0.22	0.27	0.25	0.21	0.13	0.35	0.27

Esta revisión resulta en los resultados de carga externa, que se presentan en la Tabla 13.

Para pronosticar las variaciones en carga externa por cambios en actividades y usos de suelos en cuenca, se calcularon las cargas externas debido a las siguientes acciones específicas.

1. 20% de reforestación de pastizales en la subcuenca del río Molino
2. 20% de deforestación de bosques en la subcuenca del río Molino
3. 20% de aumento en actividades porcícolas y trutícolas
4. 20% de reducción en actividades porcícolas y trutícolas
5. Separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo
6. 95% de coberturas de redes de agua para consumo y 90% de alcantarillado en Valle de Bravo y Amanalco e incremento de eficiencia de tratamiento (remoción de 50% P y N)
7. Tratamiento descentralizado de 50% de agua residual generada por pequeñas localidades.

**Tabla 12.** Volumen de escurrimiento por subcuenca y uso de suelo

Subcuenca	Uso de Suelo	Volumen de escurrimiento (m³/mes)												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Río Amanalco	A	220 328	266 286	278 287	253 402	937 214	5 634 463	9 123 755	7 440 455	4 985 417	1 114 130	178 945	266 286	30 698 967
	B	284 208	404 775	423 942	404 342	1 458 760	8 433 935	13 603 298	8 908 494	7 523 287	1 713 596	271 812	404 775	43 835 224
	P	17 083	22 203	22 058	20 456	72 288	391 619	632 442	513 772	348 253	83 696	14 419	22 203	2 160 492
	ZU	2 783	2 956	3 250	3 525	13 307	83 250	129 933	110 278	74 743	15 988	2 150	2 956	445 119
Río Molino	A	39 802	14 598	9 753	29 825	100 977	1 031 399	1 802 906	1 465 511	1 009 714	147 689	33 024	14 598	5 699 794
	B	250 359	100 069	89 413	240 260	662 028	5 532 580	9 590 146	7 680 059	5 354 445	881 221	230 246	100 069	30 710 895
	P	81 342	32 155	29 872	77 332	217 414	1 797 253	3 098 748	2 473 042	1 743 792	289 588	74 825	32 155	9 947 518
	ZU	661	215	100	416	1 599	20 204	34 259	28 469	19 354	2 756	481	215	108 729
Río San Diego	A	11 898	5 254	12 146	2 302	18 171	156 486	179 312	137 386	159 542	33 066	8 850	5 254	729 667
	B	87 337	39 404	61 784	16 840	128 195	1 148 397	1 400 271	1 080 845	1 175 496	233 275	54 728	39 404	5 465 977
	P	9 214	4 142	5 918	2 513	14 480	119 391	147 847	112 853	122 004	23 781	5 728	4 142	572 011
	ZU	4 406	2 203	1 342	227	6 058	62 657	80 468	65 217	63 338	12 221	1 899	2 203	302 238
Arroyo Las Flores	A	6 227	3 395	1 782	6 579	21 583	70 710	131 746	110 508	72 312	20 531	5 377	3 395	454 145
	B	51 581	25 939	11 431	50 438	178 398	601 632	1 097 730	948 168	629 174	173 766	40 978	25 939	3 835 175
	P	2 676	4 142	546	2 564	9 226	30 809	56 895	49 034	31 732	8 786	2 070	1 426	199 906
	ZU	6 351	2 549	659	4 641	17 816	78 785	137 626	122 176	84 118	22 619	4 351	2 549	484 239
Arroyo El Carrizal	A	6 616	1 476	3 892	339	3 489	29 230	38 891	34 880	26 869	9 485	3 896	1 476	160 540
	B	188 521	44 213	114 000	10 835	107 956	864 149	1 148 752	1 043 519	781 713	284 220	110 923	44 213	4 743 013
	P	16 336	3 872	13 109	1 121	10 074	75 733	99 365	90 520	67 571	25 531	11 080	3 872	418 186
	ZU	123	29	42	6	66	578	802	745	510	180	53	29	3 164
Arroyo Yerbabuena	A	1 149	649	344	1 325	3 731	26 018	43 791	40 242	27 084	7 865	3 281	649	156 127
	B	16 195	8 735	4 762	19 394	48 086	349 671	575 101	527 769	365 295	107 386	49 532	8 735	2 080 663
	P	4 331	2 284	1 848	6 494	13 115	91 045	147 622	133 939	95 312	28 559	14 684	2 284	541 517
	ZU	655	370	58	208	1 625	14 834	24 968	23 689	15 649	4 500	1 352	370	88 278
Las Laderas	A	986	173	83	574	1 834	7 409	10 868	9 771	6 857	1 845	647	173	41 219
	B	66 430	11 935	13 314	24 695	104 514	521 644	745 962	661 284	488 210	134 517	51 254	11 935	2 835 694
	P	707	133	77	460	1 414	5 713	8 379	7 046	5 287	1 442	499	133	31 289
	ZU	21,372	3 661	1 793	6 256	31 977	162 435	241 373	216 078	153 925	39 970	13 729	3 661	896 230
Total		1 399 676	1 007 815	1 105 603	1 187 369	4,185,396	27 342 028	44 333 257	34 035 751	25 431 001	5 422 210	1 190 812	1 005 099	147 646 016



**Tabla 13.** Aportación de contaminantes por cargas externas

Subcuenca	Carga de contaminantes (t/año)											
	SST			N <sub>T</sub>			P <sub>T</sub>			DBO		
	FP	FD	Total	FP	FD	Total	FP	FD	Total	FP	FD	Total
Río Amanalco	108.75	8 638.07	<b>8 746.82</b>	27.43	88.47	<b>115.90</b>	7.14	25.11	<b>32.25</b>	106.39	597.47	<b>703.85</b>
Río Molino	63.21	3 402.98	<b>3 466.19</b>	12.64	49.63	<b>62.27</b>	3.16	12.25	<b>15.41</b>	63.21	393.42	<b>456.62</b>
Río San Diego	17.75	504.40	<b>522.15</b>	3.55	7.17	<b>10.72</b>	0.89	1.94	<b>2.83</b>	17.75	64.25	<b>82.00</b>
A. Las Flores	0.68	399.90	<b>400.58</b>	0.14	5.21	<b>5.35</b>	0.03	1.93	<b>1.97</b>	18.70	53.52	<b>72.22</b>
A. El Carrizal	5.35	293.01	<b>298.36</b>	1.07	4.83	<b>5.89</b>	0.27	1.39	<b>1.66</b>	0.68	50.79	<b>51.47</b>
A. Yerbabuena	18.70	182.37	<b>201.06</b>	3.74	2.97	<b>6.71</b>	0.93	0.65	<b>1.58</b>	5.35	24.35	<b>29.70</b>
Laderas	170.58	310.94	<b>481.52</b>	34.12	4.35	<b>38.46</b>	8.53	1.31	<b>9.83</b>	170.58	41.07	<b>211.65</b>
<b>Total</b>	<b>385.01</b>	<b>13 731.67</b>	<b>14 116.68</b>	<b>82.68</b>	<b>162.63</b>	<b>245.31</b>	<b>20.95</b>	<b>44.58</b>	<b>65.54</b>	<b>382.65</b>	<b>1 224.86</b>	<b>1 607.51</b>

FP: Fuente puntual

FD: Fuente difusa



#### 4.1 Reforestación de pastizales/deforestación de bosques

Para evaluar la variación en carga externa debido a la reforestación de pastizales/deforestación de bosques, primeramente se identificaron las zonas de pastizal y bosques en la carta de uso de suelo de INEGI reportada en el estudio del IMTA (2005), situando a la subcuenca del río Molino como la principal zona de pastizales, con 68% del total de la cuenca de la presa Valle de Bravo.

Estos escenarios contemplan las variaciones en carga externa por los escurrimientos provenientes de suelos con diferentes usos. Las estimaciones se realizaron considerando 20% de aumento (deforestación) y 20% de reducción (reforestación) en las coberturas de suelo de bosque a pastizal y de pastizal a bosque, respectivamente, para la subcuenca del río Molino.

Los factores de escurrimiento fueron estimados de acuerdo al método del *Numero de escurrimiento* (Aparicio, 2009) y los datos hidrológicos usados para el cálculo de las aportaciones de agua escurrida fueron estimados en base a la información del extractor rápido de información climatológica ERIC (IMTA, 2007).

En la Tabla 14 se muestran las concentraciones de contaminantes de DBO,  $N_T$ ,  $P_T$  y SST en escurrimientos superficiales según el tipo de uso de suelo

**Tabla 14.** Concentraciones de contaminantes según el uso de suelo (mg/L)

Uso del Suelo	SST	$N_T$	$P_T$	DBO
Urbano	166.00	2.10	0.37	9.00
Agrícola	201.00	1.56	0.36	4.00
Bosque	39.00	0.83	0.06	6.00
Pastizal	70.00	1.51	0.12	6.00

Fuente: Benaman *et al.*, 1996

En la Tabla 15 se muestra la reducción de contaminantes debido a la reforestación de pastizales en la cuenca de la presa Valle de Bravo.



**Tabla 15.** Escenario reforestación de pastizales en la subcuenca del Río Molino

Concepto	Carga de contaminantes (t/año)			
	DBO	SST	N <sub>T</sub>	P <sub>T</sub>
Aporte actual de contaminantes por uso de suelo (río Molino)	267.73	3057.76	49.63	5.13
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 607.51</b>	<b>14 116.68</b>	<b>245.31</b>	<b>65.54</b>
Aporte de contaminantes por reforestación de pastizales (río Molino)	242.81	2957.48	47.54	5.00
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 582.60</b>	<b>14 016.40</b>	<b>243.22</b>	<b>65.41</b>
Aporte de contaminantes por deforestación de bosques (río Molino)	292.64	3,158.04	51.72	5.26
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 632.43</b>	<b>14 216.96</b>	<b>247.40</b>	<b>65.67</b>

Implementando el escenario de reforestación de 20% de los pastizales en la subcuenca del río Molino, se estima una reducción de 2.09 t/año de N<sub>T</sub> y 0.13 t/año de P<sub>T</sub>, respectivamente. Por otro lado, considerando la deforestación adicional de 20% del área de bosque para convertirlo en pastizal, las aportaciones de estos nutrientes incrementarían las mismas cantidades de contaminantes, las cuales representan el 1.0% de N<sub>T</sub> y el 0.20% de P<sub>T</sub>

#### 4.2 Aumento/Reducción de las actividades porcícolas y trutícolas

La estimación de este escenario se realizó considerando un aumento o una reducción de 20% en la producción de las actividades pecuarias (ganado porcino) y trutícolas en la cuenca de la presa Valle de Bravo.

Para evaluar las variaciones de carga externa debido al aumento o la reducción de la producción de cada actividad, se emplearon los valores de producción reportados en la SIAP (2008) y Acuagranjas/CNA (2004) para toda la cuenca: 267 t/año de ganado porcino y 485 t/año de trucha arcoiris.

En la Tabla 16 y Tabla 17 se muestran los parámetros y las concentraciones utilizados para determinar la aportación de contaminantes por estiércol de porcino y por la producción de trucha arcoiris (CONAGUA-IMTA, 2009).

**Tabla 16.** Concentración de contaminantes en excretas porcinas

Parámetro		(kg/UPA*d)
HyO	Heces y orina	6.17
SST	Sólidos suspendidos totales	0.6
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno	0.25
NTK	Nitrógeno total Kjeldahl	0.05
P <sub>T</sub>	Fósforo total	0.013

UPA: Unidad de Producción Animal

Fuente: Taiganides *et al.*, 1996

**Tabla 17.** Aporte de contaminantes por producción de trucha arcoiris

Subcuenca	Producción de trucha arcoiris (t/año)	SST 1,066 (kg/t prod.)	P <sub>T</sub> 21 (kg/t prod.)	DBO 338 (kg/t prod.)
Río Amanalco	258	274 548	840	13 520
Río Molino	171	182 286	3 591	57 798
Arroyo González	3	2 665	53	845
Arroyo Las Flores	40	42 640	840	13 520
Laderas	14	14 924	294	4 732
<b>Total</b>	<b>485</b>	<b>517 063</b>	<b>10 186</b>	<b>163 947</b>

kg/t prod. = Kilogramos por cada tonelada producida.

Fuente: Acuagranjas/CNA (2004).

En la Tabla 18 y Tabla 19 se muestran los escenarios de aportes de contaminantes debido al control de la producción de las actividades pecuarias (ganado porcino) y trutícolas en la cuenca de la presa Valle de Bravo.

**Tabla 18.** Escenario de control de producción de ganado porcino

Concepto	Ganado en pie producción	Carga de contaminantes (t/año)				
	(t/año)	HyO	DBO	SST	NTK	P <sub>T</sub>
Aporte actual de contaminantes debido a la producción de ganado	267.33	6,020.27	243.93	585.45	48.78	12.69
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>267.33</b>	<b>6,020.27</b>	<b>1 607.51</b>	<b>14 116.68</b>	<b>48.78</b>	<b>65.54</b>
Aporte de contaminantes por 20% más en la producción de esta actividad	320.80	7,224.49	292.73	702.54	58.55	15.22
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>320.80</b>	<b>7,224.49</b>	<b>1 656.31</b>	<b>14 233.77</b>	<b>58.55</b>	<b>68.07</b>
Aporte de contaminantes por 20% menos en la producción de esta actividad	213.86	4,816.32	195.15	468.36	39.03	10.15
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>213.86</b>	<b>4,816.32</b>	<b>1 558.73</b>	<b>13 999.59</b>	<b>39.03</b>	<b>63.00</b>

Considerando un crecimiento de 20% en la producción de las actividades porcícolas y trutícolas en la cuenca, las aportaciones de  $P_T$  incrementarían 4.57 t/año. Por otro lado, considerando un control en la producción de estas actividades se estima una reducción de esta misma cantidad (4.57 t/año de  $P_T$ ), lo que representa 7% del aporte total hacia el embalse.

**Tabla 19.** Escenario de control de producción de trucha arcoiris

Concepto	Ganado en pie producción (t/año)	DBO	SST	$P_T$
		338	1066	21
		(kg/t prod.)	(kg/t prod.)	(kg/t prod.)
Aporte actual de contaminantes debido a la producción de esta actividad <sup>1</sup>	485	163.95	517.06	10.19
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>485</b>	<b>1 607.51</b>	<b>14 116.68</b>	<b>65.54</b>
Aporte de contaminantes por 20% más en la producción de esta actividad	582	196.74	620.48	12.22
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>582</b>	<b>1 640.30</b>	<b>14 220.10</b>	<b>67.57</b>
Aporte de contaminantes por 20% menos en la producción de esta actividad	388	131.16	413.65	8.15
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>388</b>	<b>1 574.72</b>	<b>1 4013.27</b>	<b>63.50</b>

kg/t prod. = Kilogramos por cada tonelada producida.

Fuente: Acuagranjas/CNA (2004).

### 4.3 Separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo

La estimación de este escenario se realizó, considerando la separación de agua residual y pluvial para el municipio de Valle de Bravo y desvío del agua residual durante todo el año, incluso durante los cinco meses de la época de lluvias. Para evaluar las variaciones en carga externa debido a este escenario, se tomó en cuenta la hidrología del área para la época de lluvias (de junio a octubre). Actualmente, durante esta época del año, el agua residual se diluye con agua de lluvia y no entra en su totalidad a la planta de tratamiento para luego ser desviada aguas debajo de la cortina de la presa. En esta época se considera que 50% del agua residual (Coeficiente de previsión, CNA, 1994) es tratada y el remanente se descarga no intencionalmente al embalse. La estimación consiste en reducir este porcentaje a 0% durante la época de lluvias.

Para estimar las variaciones en aportes de contaminantes bajo este escenario, se calcularon las concentraciones en base a la dilución del agua residual tratada (2,108 903 m<sup>3</sup>/año) con el agua pluvial (896 230 m<sup>3</sup>/año), las cuales se presentan en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Concentración de contaminantes durante el periodo de lluvia intensa

Parámetro	Concentración (mg/L)		
	Uso de suelo zona urbana*	Agua residual**	Agua residual diluida
SST	166.00	200	189.86
NT	2.10	40	28.70
P <sub>T</sub>	0.37	10	7.13
DBO	9.00	200	189.86

\*Benaman *et al.*, 1996, \*\* FAO (1992).

Implementado un sistema de separación de agua pluvial y residual para el municipio de Valle de Bravo, se estima una reducción de contaminantes de 3.54 t/año y 14.24 t/año de P<sub>T</sub> y N<sub>T</sub>, lo que representa 7% y 6%, respectivamente, de la aportación total hacia el embalse (Tabla 21).

**Tabla 21.** Escenario de separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo

Concepto	Carga de contaminantes (t/año)			
	DBO	SST	N <sub>T</sub>	P <sub>T</sub>
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 607.51</b>	<b>14 116.68</b>	<b>245.31</b>	<b>65.54</b>
Aporte de contaminantes separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo	70.99	94.23	14.24	3.54
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 536.52</b>	<b>14 022.45</b>	<b>231.07</b>	<b>62.00</b>

#### 4.4 Ampliación de las redes de agua y de alcantarillado e incremento de eficiencia de tratamiento

La estimación de este escenario se realizó considerando un aumento en las coberturas de redes de agua para consumo, alcantarillado e incremento en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales para los municipios de Amanalco y Valle de Bravo.

Para evaluar las variaciones en carga externa bajo este escenario, se tomó como referencia la demanda de servicios (agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento) reportado por INEGI (2007) y por CONAGUA (2008), los cuales se presentan en la Tabla 22. Se observa que para ambos municipios, las coberturas de los servicios no alcanzan 90% del total de la población. La disminución en aportación de contaminantes hacia el embalse se estimó, considerando una cobertura de agua potable de 95% y alcantarillado sanitario de 90% tanto para Amanalco como para Valle de Bravo. Asimismo, se consideró un incremento en eficiencia de tratamiento (remoción de 50%  $P_T$  y  $N_T$ ) y gastos de operación de 7.5 a 18 L/s para Amanalco y de 41 a 70 L/s para Valle de Bravo. Para la estimación del volumen de agua residual se utilizó la siguiente ecuación (CNA, 1994):

$$Q_{med} = \frac{C_{AP} * C_{AS} * P * Aportación}{86400} \quad (6)$$

Donde:

$Q_{med}$  = caudal medio, L/s

$C_{AP}$  = cobertura de agua potable, %

$C_{AS}$  = cobertura de alcantarillado sanitario, %

$P$  = número de habitantes, habitantes

$Aportación$  = coeficiente de aportación de agua residual (75% de la dotación)

En la Tabla 23 se muestran las aportaciones de contaminantes debido a la ampliación de coberturas de servicios e incremento en la eficiencia de tratamiento en la cuenca de la presa Valle de Bravo.

**Tabla 22.** Cobertura de servicios en Amanalco y Valle de Bravo

Subcuenca	Municipio	Población (hab)	Población en la cuenca (%)	Cobertura (%)		Planta de tratamiento de aguas residuales Gasto de operación actual (L/s)
				AP*	AS*	
Río Amanalco	Amanalco	18 839	27	80.09	55.64	7.50
Laderas	Valle de Bravo	40 701	45	88.53	84.36	41.19

AP = agua potable, AS = alcantarillado sanitario; \* INEGI, 2007

Fuente: CONAGUA-IMTA, 2009.

**Tabla 23.** Escenario de ampliación de coberturas de servicios en Amanalco y Valle de Bravo

Concepto	Carga de contaminantes (t/año)			
	DBO	SST	N <sub>T</sub>	P <sub>T</sub>
Aporte actual de contaminantes por fuentes puntuales	382.65	385.01	82.68	20.95
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 607.51</b>	<b>14 116.68</b>	<b>245.31</b>	<b>65.54</b>
Aporte de contaminantes ampliación de coberturas de tratamiento	213.92	219.60	57.54	13.25
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 438.79</b>	<b>13 951.26</b>	<b>220.17</b>	<b>57.84</b>

Implementando una ampliación de cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento, se estima una reducción de contaminantes de 7.70 t/año de P<sub>T</sub> y de 25.14 t/año de N<sub>T</sub>. Estas cantidades representan el 12% y el 11% respectivamente de la aportación total hacia el embalse.

#### 4.5 Tratamiento descentralizado de aguas residuales en pequeñas localidades

La estimación de este escenario se realizó, considerando el tratamiento descentralizado para las 28 localidades con población mayor a 500 habitantes y menor a 2 500 habitantes en la cuenca. Estas poblaciones son seguidas en tamaño sólo por Amanalco y Valle de Bravo.

Para evaluar la variación en carga externa a la presa por el tratamiento descentralizado de aguas residuales generados en estas localidades, se estimó la aportación de contaminantes considerando un volumen de agua residual tratado de 814 227 m<sup>3</sup>/año con eficiencia de tratamiento de 50% de remoción de P<sub>T</sub> y N<sub>T</sub> y un volumen de agua residual sin tratamiento a 1,084 635 m<sup>3</sup>/año en toda la cuenca.

En la Tabla 24 se presentan las aportaciones de contaminantes debido al tratamiento descentralizado de las 28 localidades consideradas.

Implementando el escenario de tratamiento descentralizado en las 28 localidades con poblaciones entre 500 a 2 500 habitantes, se estima una reducción de 6.15 t/año de P<sub>T</sub> y 23.47 t/año de N<sub>T</sub>





**Tabla 24.** Escenario de tratamiento descentralizado en pequeñas poblaciones en la cuenca

Concepto	Carga de contaminantes (t/año)			
	DBO	SST	N <sub>T</sub>	P <sub>T</sub>
Aporte actual de contaminantes por fuentes puntuales	382.65	385.01	82.68	20.95
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 607.51</b>	<b>14 116.68</b>	<b>245.31</b>	<b>65.54</b>
Aporte de contaminantes tratamiento descentralizado	379.14	379.14	58.91	14.73
<b>Aporte total en la cuenca</b>	<b>1 604.01</b>	<b>14 110.81</b>	<b>221.54</b>	<b>59.31</b>

#### 4.6 Resumen de estimación de escenarios

Los escenarios de control de carga externa y la evaluación de la reducción de contaminantes en la cuenca de la presa Valle de Bravo, se presenta en forma resumida en la Tabla 25. Se observan porcentajes de reducción que varían entre 0.2 y 11% para P<sub>T</sub>, y entre 0.9 y 10% para N<sub>T</sub>, presentando mayor eficiencia el escenario 4 que corresponde a la ampliación de coberturas de alcantarillado, agua para consumo y eficiencia de tratamiento.

Considerando todos los escenarios para el control de carga externa se podría lograr una reducción de 22.2 t/año de P<sub>T</sub>, lo cual representa el 34% de reducción de la carga total.





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

**Tabla 25.** Resumen de escenarios de control para la reducción de contaminantes

Parámetros	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4		Escenario 5	
	Reforestación de 20% de pastizales en el río Molino (t/año)	Reducción de la carga externa (%)	20% de reducción en actividades pecuarias y trutícolas	Reducción de la carga externa (%)	Separación de agua pluvial y residual en Valle de Bravo y Amanalco	Reducción de la carga externa (%)	Ampliación de la red de alcantarillado e incremento de eficiencia de tratamiento	Reducción de la carga externa (%)	Tratamiento descentralizado en pequeñas localidades	Reducción de la carga externa (%)
N <sub>T</sub>	2.09	0.9	0	0	14.24	6	25.14	10	23.77	10
P <sub>T</sub>	0.13	0.2	4.57	7	3.54	5	7.70	11	6.23	9
DBO	24.92	2	81.57	5	70.99	4	168.73	11	3.51	0.2
SST	100.28	0.7	220.50	2	94.23	1	165.41	2	5.87	0.04
<b>Total (reducción de la carga de P<sub>T</sub> (t/año) en la cuenca)</b>										22.2



**MTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua



## 5 Estimación de costos de tratamiento

A continuación se presenta la estimación del costo del saneamiento de la presa Valle de Bravo por inmovilización de fósforo en agua y en sedimentos. Los costos del saneamiento de la presa fueron calculados en base a la adquisición de adsorbente (Phoslock) para precipitar  $P-PO_4$  de la columna de agua y para inmovilizar  $P-PO_4$  que se lixivia de los sedimentos.

**Cantidad de adsorbente:** Para el costo de Phoslock y del envío marítimo se calculó la cantidad de adsorbente necesario para precipitar e inmovilizar fósforo en la presa Valle de Bravo, considerando la masa de  $P_T$  a precipitar en la columna de agua y el fósforo susceptible a liberarse por los sedimentos. Para calcular la cantidad de fósforo a remover en la columna de agua se considera el mes de julio, siendo éste, el mes más crítico con una masa de 28.89 t de  $P_T$  en la presa. La masa de  $P_T$  en la columna de agua (Tabla 26) fue calculada multiplicando la concentración de fósforo y el volumen de agua en la presa. Para la estimación de la cantidad de Phoslock a emplear, se consideró alcanzar concentraciones de fósforo correspondientes al estado mesotrófico (entre 0.015 y 0.025 mg/L) (OECD, 1982).

La estimación de carga interna de fósforo arrojó una carga de 5.9 t para el periodo de abril a diciembre, sin embargo, para el cálculo del costo de saneamiento se considera la cantidad de fósforo que potencialmente se puede lixiviar de los sedimentos (Tabla 5), ya que al agregar Phoslock el fósforo disuelto en agua es adsorbido, forzando a una liberación de fósforo de los sedimentos para mantener el equilibrio en agua. La inmovilización de fósforo en sedimentos debe realizarse cuando la carga interna sea mínima. De acuerdo con lo recomendado por el fabricante y los experimentos realizados en el laboratorio de Hidrogeoquímica del IMTA, la dosis de Phoslock/ $P-PO_4$  a aplicar, es de 100/1 de  $P_T$ .

En la Tabla 26 se muestran los resultados de las estimaciones de las cantidades de Phoslock requerida para el saneamiento de agua y sedimentos en el embalse. Se estima que se requieren aproximadamente 5 164 t de Phoslock, que deben aplicarse de la siguiente forma:

- 2 407.5 t en la superficie del espejo de agua
- 2 756.5 t en la interfase agua-sedimento

**Tabla 26.** Estimación de Phoslock requerida para el saneamiento de agua y sedimentos en la presa Valle de Bravo

Datos básicos	Estimación	
Concentración deseada de fósforo en el agua (mg/L)	0.015	0.025
Superficie en 2010 (ha)	1 800	1 800
Cantidad de fósforo en el agua, julio de 2010 (t)	28.89	28.89
Cantidad de fósforo a alcanzar en el agua (t)	4.82	8.03
Cantidad de fósforo a precipitar (t)	24.07	20.86
Cantidad de fósforo a inmovilizar en sedimento (t)	27.57	27.57
Dosis recomendada	100:1	100:1
Cantidad requerida de Phoslock (t)	5 164	4 842

La estimación de costos de saneamiento de la presa Valle de Bravo ha sido dividida en tres partes:

- adquisición, importación y transporte del adsorbente natural
- almacenamiento y operación
- supervisión

En la Tabla 27 se desglosa el presupuesto base de la obra de saneamiento de la presa Valle de Bravo. Incluye el costo del producto, los gastos de importación, flete, almacenamiento, aplicación y mano de obra.

#### Adquisición, importación y transporte

Este rubro incluye el costo del adsorbente natural, Phoslock, transporte marítimo, seguros e importación. Mediante entrevista con personal de la agencia aduanal

(Woodward) en Manzanillo, Col., se obtuvieron los costos de derecho de trámite aduanero, honorarios por importación, servicios complementarios, prevalidador, maniobra de los contenedores y transporte terrestre a Toluca, Edo de Mex. Asimismo, la misma agencia aduanal informó que este producto natural es exento de aranceles.

**Tabla 27.** Presupuesto base de la obra

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
			(\$ M.N.)	(\$ M.N.)
Adquisición, importación y transporte				
Costo de adsorbente natural (Phoslock)	t	5,164	22,100	114,124,400
Transporte marítimo	t	5,164	1,300	6,713,200
Seguro de transporte marítimo	lote	1	671,320	671,320
Derecho de tramite aduanero	embarque	1	0.008% valor factura	9,130
Honorarios por importación	embarque	1	0.32% valor factura	365,198
Servicios complementarios	contenedor	199	1,200	238,338
Prevalidador	embarque	1	162	162
Flete terrestre	contenedor 40'	199	26,888	5,340,370
Seguro de transporte terrestre	lote	1	575,270	575,270
Almacenamiento en aduana	0.5 t	10,328	36	371,808
Maniobra	contenedor	199	8,000	1,588,923
Subtotal				129,998,120
Almacenamiento y aplicación				
Renta de almacén de 6000 m <sup>2</sup>	año	1	2,520,000	2,520,000
Personal de vigilancia	año	1	470,000	470,000
Flete Toluca-Valle de Bravo	viaje	258	5,000	1,291,000
Renta de almacén para operación (1000 m <sup>2</sup> )	mes	7	30,000	210,000
Seguro de almacenes y transporte local	lote	1	835,493	835,493
Oficina móvil	mes	4	15,000	60,000
Renta de casa para residente	mes	4	15,000	60,000
Renta de sanitarios	mes	4	4,000	16,000
Renta montacargas	mes	4	20,000	80,000
Camionetas (3 t)	unidad	2	350,000	700,000
Barcaza (3.66x7.62 m) con motor modelo Honda ENGINE	unidad	3	1,157,000	3,471,000
Traslados de barcasas	lote	3	585,000	1,755,000
Tolva, incluye: combustible, aditivos, puesto en sitio y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	lote	3	80,000	240,000
Motor de 1 HP con agitador regulado	pieza	3	12,000	36,000
Planta generadora a gasolina	pieza	3	10,000	30,000



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Motobomba a gasolina (Aquor) 6.5 HP 2"	pieza	3	10,000	30,000
Combustible	lote	3	75,000	225,000
Tanques y adaptaciones de tanques	lote	3	6,000	18,000
Tubo de PVC hidráulico 2"	m	350	120	42,000
Difusor	pieza	3	2,500	7,500
Sonda eléctrica Lowrence HDS-10	pieza	3	46,000	138,000
Residente de obra	mes-hombre	4	30,000	120,000
Operadores de barcaza	mes-hombre	6	20,000	120,000
Choferes	mes-hombre	4	12,000	48,000
Operador de montacargas	mes-hombre	4	15,000	60,000
Ayudante general	mes-hombre	30	10,000	300,000
Indirectos y utilidad de la empresa ganadora de la licitación	% de costos	25	3,220,748	3,220,748
<b>Subtotal</b>				<b>16,103,741</b>
Supervisión de obra	Lote	1	3,465,858	3,465,858
<b>COSTO NETO</b>				<b>149,567,719</b>
<b>IVA</b>				<b>23,930,835</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>173,498,554</b>

Se considera que esta fase debe incluir dos licitaciones: una para el transporte marítimo y otra para el transporte terrestre, incluyendo sus respectivos seguros (Tabla 28).

**Tabla 28. Presupuesto base para licitaciones**

Licitación	Monto	IVA	Total
Transporte marítimo (China-Manzanillo, Col.) y seguros	7,384,520	1,181,523	8,566,043
Transporte terrestre (Manzanillo, Col.-Toluca, Edo. de México) y seguros	947,078	151,532	1,098,610
Almacenamiento y operación	16,103,741	2,576,599	18,680,340

### Almacenamiento y operación

Los trabajos consistentes en almacenamiento y operación podrán ser incluidos en una tercera licitación (Tabla 28). Para el almacenamiento de Phoslock, se considera rentar una bodega en Toluca. El costo incluye vigilancia las 24 h del día, administración, almacenaje, reporte de inventarios y entrega del producto en Valle de Bravo con trailers de 20 t. Se cotizó también el seguro que cubrirá incendios, rayos, terremotos y fenómenos hidrometeorológicos durante el almacenamiento.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

Del almacén en Toluca, se transportarán diariamente 160 t de Phoslock a una bodega en Valle de Bravo. De allí se transportarán en camionetas de 3.5 t a un terreno en la orilla de la presa, donde serán embarcadas en barcazas para su aplicación en el embalse. Por el uso turístico y deportivo de la presa y dado que se requiere limitar el acceso al cuerpo de agua durante la operación de las barcazas, se considera operar de lunes a viernes.

Se contempla la aplicación del adsorbente natural desde tres barcazas, cada una equipada con tolva, tanques, dos motobombas, tubo de PVC hidráulico y difusor así como sonda eléctrica para medir profundidad, principalmente durante la aplicación del adsorbente natural sobre el sedimento. Asimismo, se considera la renta de montacargas para el manejo de adsorbente, tolva y agitador para mantener en suspensión el adsorbente en relación 125 kg/m<sup>3</sup> de Phoslock/agua (Figura 29).



**Figura 29.** Equipo para el manejo y aplicación del adsorbente natural

Para la operación diaria y para la instalación del campamento de la obra, se considera la renta de un terreno de aproximadamente 1 000 m<sup>2</sup>, la instalación de una caseta y la



renta de sanitarios secos. En el mismo campamento se requiere de un área para almacenar los bultos de los aproximadamente 160 t de adsorbente natural, que se aplicarán diariamente y dos montacargas para subir los bultos a las barcazas.

Para el costo de aplicación se considera la mano de obra de 16 personas (un residente de obra, 3 operadores de barcaza, 2 operadores de montacargas, 2 chóferes y 8 ayudantes).



**Figura 30.** Aplicación del adsorbente natural

Se contempla la supervisión de los trabajos por parte del IMTA durante el desarrollo de los trabajos, consistente en verificación de la calidad del producto, elaboración de documentos para licitación, participación en juntas de aclaraciones, participación en reuniones con los usuarios, supervisión de transporte, almacenamiento y operación, verificación del saneamiento antes, durante y hasta 12 meses después de la aplicación, elaboración de bitácora de obra e informes mensuales o con la frecuencia que requiere la CONAGUA.

## 6 Conclusiones y recomendaciones

La carga interna de fósforo obtenida por variación de potencial redox en sedimentos de abril a diciembre, fue de 5.9 t. Este valor fue confirmado por mediciones en campo y extracción secuencial de fósforo en sedimentos. La carga externa de fósforo se estimó en 66 t/año. Suponiendo que 25% de este fósforo se encuentra en forma disuelta, la carga externa de fósforo disuelto se estimó en 15.58 t para el mismo periodo.

Se confirmó que la dosis óptima del adsorbente natural Phoslock, es de 100:1, es decir que por cada tonelada de fósforo que se requiere inmovilizar, se requiere de 100 t de Phoslock. En el periodo de abril a diciembre de 2010, la cantidad de fósforo en el agua de la presa, variaba entre 8.49 y 28.89 t. La cantidad de fósforo a eliminar de la columna de agua e inmovilizar en los sedimentos, es de 51.64 t requiriendo de un total de 5 164 t de Phoslock.

Se estimó un costo total del saneamiento de \$173,498 554.00, que incluye adquisición, importación y transporte del adsorbente natural así como almacenamiento y aplicación.

El escenario que disminuye más la carga externa de fósforo es la ampliación de coberturas de alcantarillado, agua para consumo y eficiencia de tratamiento en Valle de Bravo y Amanalco. El segundo escenario más eficiente para el control de la carga externa de fósforo es el tratamiento descentralizado para 28 localidades con población mayor a 500 habitantes y menor a 2 500 habitantes en la cuenca.

Se propone continuar con el muestreo de agua y sedimentos para complementar la caracterización en un ciclo anual de la dinámica de nutrientes entre agua y sedimentos. Asimismo, en núcleos de sedimentos realizar pruebas isotópicas para determinar la velocidad de sedimentación y llevar a cabo la caracterización por capas estratigráficas mediante pruebas de mecánica de suelos para determinar el grado de compactación en

los estratos de los sedimentos, estos análisis permitirán verificar el espesor de sedimentos que interactúa con el agua, así como el fósforo que puede liberarse a la columna de agua,

Se propone realizar inmovilización de fósforo en la presa Valle de Bravo con el adsorbente Phoslock®, aplicando la dosis óptima obtenida en pruebas de tratabilidad. Se sugiere realizar pruebas de toxicidad para evaluar el impacto del Phoslock®, para ello se determinarán las concentraciones que afectan a los organismos acuáticos en la columna de agua y en el sedimento.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Subgerencia de Calidad del Agua e Impacto Ambiental de la Gerencia Técnica del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México de la CONAGUA, al Instituto de Limnología Dr. Nowak de Alemania y a Gerardo Ortiz Flores, Raúl Flores Cortés y Diana Navarro González del IMTA.

## 7 Referencias

- Acuagranjas/CNA (Acuagranjas Consultores en Acuacultura, S. A. de C.V./Comisión Nacional del Agua). 2004. Modelación matemática de la calidad del agua y monitoreo biológico de las presas Valle de Bravo, Villa Victoria y El Bosque del sistema Cutzamala, Informe Final, Contrato No: GAVM-GT-MEX-04-083-LP, México DF.
- Aparicio Mijares F. J. 2009. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México, 2009.
- Bellows B. 2001. Nutrient Cycling in Pastures. NCAT (National Center for Appropriate Technology), Chapter 3 Nutrient Distribution and Movement in Pastures. Disponible em World Wide Web: <http://www.attra.ncat.org/attra-pub/nutrientcycling.html>
- Benaman J, Armstrong N. y Maidment D. 1996. Modeling of Dissolved Oxygen in the Houston Ship Channel using WASP5 and Geographic Information Systems. Center for Research in Water Resources. The University of Texas at Austin. Disponible en World Wide Web: <http://www.crrw.utexas.edu/reports/1996/rpt96-2.shtml>
- CAEM (Comisión del Agua del Estado de México, 2008), Sistema Cutzamala. Disponible en World Wide Web: <http://www.edomex.gob.mx/portal/page/portal/caem/culturadelagua/cultura>. [Consulta: Junio 2009].
- Carnero-Bravo V. 2008. Reconstrucción de la evaluación trófica de un embalse monomítico cálido (Valle de Bravo, México) mediante el análisis de dos núcleos sedimentarios. Tesis Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. México. UNAM, 85 p.



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

- CCVB-A (Comisión de Cuenca Valle de Bravo-Amanalco). 2010. Presa de Valle de Bravo. Estado de México. Disponible en World Wide Web: <http://www.cuencaamanalcovalle.org/index.php?obj=secciones&IdMostrar=140>. [Consulta: octubre 2010].
- Cooke G.D., Welch E.B., Peterson S.A. y Nichols S.A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs, Taylor and Francis Group, 3a. Edición. Nueva York
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 1994. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario. México DF.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2008. Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2008. SEMARNAT. Editada por la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México. México D.F. 2008.
- CONAGUA-IMTA (Comisión Nacional del Agua-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2009. Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México, y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. Primera etapa. Informe final. Convenio No. OAVM-DT-MEX-09-453-RF-CC.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2006. Proyecciones de México 2005-2050. Disponible en World Wide Web: [http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=36&Itemid=234](http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234). [Consulta: Junio 2009].
- De Anda J. y Maniak U. 2007. Modificaciones en el régimen hidrológico y sus efectos en la acumulación de fósforo y fosfatos en el lago de Chapala, México. Vol. 32, núm. 2, pp. 100-107. Disponible en World Wide Web: [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037818442007000200007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442007000200007&lng=es&nrm=iso). [Citado 20 Mayo 2010]. ISSN 0378-1844.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Disponible en World Wide Web: <http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e03.htm>. [Consulta: Junio 2009].
- Hansen A.M. y Márquez-Pacheco H. 2010. Estimación de la carga interna de nutrientes en cuerpos de agua. Revista mexicana de ciencias geológicas. (En revisión).

- Heggie D.T., Logan G.A., Smith C.S., Fredericks D.J. y Palmer D. 2008. Biogeochemical processes at the sediment–water interface, Bombah Broadwater, Myall Lakes Hydrobiologia. Vol. 608, pp. 49–67.
- Hutchinson G.E. 1975. A treatise on limnology. Limnological botany. John Wiley y Sons, New York, London, Sydney, and Toronto.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2005. Plan para la gestión integral del agua y recursos asociados de la cuenca Valle de Bravo. Estado de México. Clave: GAVMSC-GOA-MEX-05-404-RF-CC. Informe final.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2007. ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0). Jiutepec Morelos.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. Anuario Estadístico Estado de México Edición 2007. Disponible en World Wide Web <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Aee07/estatal/mex/index.htm> [Consulta: Junio 2009].
- Jensen H.S. y Andersen F.O. 1992. Regeneration of inorganic phosphorus and nitrogen from decomposition of seston in a freshwater sediment. Hydrobiologia. Vol. pp. 228: 71–81.
- Merck, 2010, Merck-chemicals base-parameters-from-a-to-z. Disponible en World Wide Web: [http://www.merck-chemicals.com/base-parameters-from-a-to-z/c\\_nt2b.s1L0LQAAAEWgulfVhTI?back=true](http://www.merck-chemicals.com/base-parameters-from-a-to-z/c_nt2b.s1L0LQAAAEWgulfVhTI?back=true) [Consulta: Octubre 2010].
- Merino-Ibarra M., Monroy-Ríos E., Vilaclara G., Castillo F.S., Gallegos M.E. y Ramírez-Zierold J. 2007. Physical and chemical limnology of a wind-swept tropical highland reservoir. Aquat Ecol. Vol. 42, pp. 335–345
- Miao S., De Laune R.D. y Jugsujinda A. 2006. Influence of sediment redox conditions on release/solubility of metals and nutrients in a Louisiana Mississippi River deltaic plain freshw ater lake, Sci. Total Environ., vol. 371, núm. 1-3, pp. 334-343.
- Moore P.A., Reddy K.R. y Fisher M.M. 1998. Phosphorus flux between sediment and overlying water in Lake Okeechobee, Florida: spatial and temporal variation. Journal of Environmental Quality, vol. 27, pp. 1428–1439.
- Nurnberg G.K. 1994. Phosphorus release from anoxic sediments: what we know and how we can deal with it. Limnética, Vol. 10, núm, I, pp. 1-4.



- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 1982. Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control, OECD 971982031P1, París. ISBN 9264122982.
- Olvera V.V., Bravo L. y Sánchez J. 1998. Aquatic ecology and management assessment in Valle de Bravo reservoir and its watershed. *Aquat. Ecosys. Health Manag.* vol. 1, núm. 2-3, pp. 277-290.
- Psenner R., Puesko R. y Sager M. 1984. Die Fractionierung Organischer and Anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten Versuch einer Definition Okologisch Wichtiger Fractionen, *Arch. Hydrobiol.* Vol 10, pp. 115–155.
- Ramírez-Zierold J.A., Merino-Ibarra M., Monroy-Ríos E., Olson M., Castillo F.S., Gallegos M.E. y Vilaclara G. 2010. Changing water, phosphorus and nitrogen budgets for Valle de Bravo reservoir, water supply for Mexico City Metropolitan Area: Lake y Reservoir Management. Vol. 26, pp. 23-34.
- Schauser I., Lewandowski J. y Hupfer M. 2003. Decision support for the selection of an appropriate in-lake measure to influence the phosphorus retention in sediments. *Water Research.* Vol. 37, pp. 801–812.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2008. Sistemas-Productos Pecuarios. Disponible en World Wide Web <http://www.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=837&tipo=0> [Consulta: Junio 2009].
- Steinman A., Rediske R. y Reddy K.R. 2004. The Reduction of Internal Phosphorus Loading Using Alum in Spring Lake, Michigan. *J. Environ. Qual.* Vol. 33, pp. 2040–2048
- Taiganides EP, Pérez ER y Giron SE. 1996. Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México. Consejo Mexicano de Porcicultura. México DF.
- Wetzel R. G. 2001. *Limnology: Lake and river ecosystem*. 3a. Edición. Academic Press, San Diego, USA.





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

## Anexo 1. Resultados de parámetros medidos en agua



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa



**Tabla 29.** Parámetros medidos en agua, semana 7 (Feb 16-18, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
1	18.5	1S	0.6	18.34	7.58	149.5	9.35	60	5.55	0.05	0.82	315	95.8	0.04	0.04
		1M	14.0	17.21	6.99	149.8	4.68	60	4.10	0.06	0.82	320	95.6	0.03	0.03
		1F	18.0	17.06	6.94	148.6	3.99	60	3.61	0.06	0.76	310	94.9	0.04	0.04
2	11.5	2S	0.06	18.54	7.60	151.0	8.97	70	4.78	0.05	1.13	306	96.7	0.04	0.04
		2F	11.0	17.12	7.15	148.3	5.12	60	2.82	0.08	0.77	304	95.5	0.03	0.03
3	3.0	3S	0.6	18.20	7.08	154.1	7.63	70	5.50	0.05	1.44	308	98.8	0.07	0.07
		3F	2.5	16.19	6.94	166.0	5.11	70	4.33	0.08	1.75	314	106.5	0.08	0.08
		3F*	2.5	16.18	6.93	166.1	5.10	70	4.32	0.08	1.75	315	106.2	0.08	0.08
4	5.0	4S	0.6	18.26	7.60	149.3	9.13	60	5.64	0.05	1.08	324	95.4	0.04	0.04
		4F	4.5	18.24	7.58	149.2	9.00	60	4.45	0.06	0.90	328	95.5	0.04	0.04
5	20.5	5S	0.6	18.95	7.62	149.4	9.57	60	4.18	0.05	1.64	284	95.8	0.03	0.03
		5M	14.0	17.21	7.33	148.6	5.21	60	2.60	0.08	0.81	290	95.3	0.06	0.06
		5F	20.0	17.30	7.10	146.8	3.80	60	6.69	0.05	1.34	220	94.0	0.03	0.03
6	28.5	6S	0.6	19.02	7.58	149.4	9.59	60	2.92	0.06	0.95	325	95.4	0.03	0.03
		6M	14.0	17.30	7.27	150.2	5.98	60	2.20	0.08	0.65	339	95.7	0.04	0.04
		6F	28.0	16.98	7.17	147.9	3.35	60	2.93	0.06	0.82	185	94.5	0.05	0.05
7	32.0	7S	0.6	18.64	7.70	149.6	9.31	60	2.59	0.06	0.36	340	95.7	0.03	0.03
		7M	14.0	17.31	7.39	149.5	5.83	60	2.34	0.06	0.43	352	95.8	0.03	0.03
		7F	31.5	16.95	7.15	146.6	3.60	60	5.48	0.07	1.38	319	94.1	0.05	0.05
8	6.0	8S	0.6	18.25	7.67	149.8	9.07	60	3.86	0.05	0.32	352	95.6	0.06	0.07
		8S**	0.6	18.25	7.66	149.7	9.06	60	3.85	0.05	0.32	352	95.4	0.06	0.07
		8F	9.5	18.16	7.64	149.8	8.90	60	3.14	0.05	0.29	358	95.7	0.06	0.06
9	21.0	9S	0.6	18.79	7.44	150.2	9.03	60	2.58	0.06	1.88	293	95.8	0.03	0.03
		9M	14.0	17.54	7.41	149.0	7.25	60	2.15	0.08	1.10	305	95.6	0.04	0.04
		9F	20.5	17.50	7.27	147.1	4.14	60	4.59	0.06	2.65	299	94.1	0.04	0.04
10	25.0	10S	0.6	18.92	7.68	149.5	9.54	60	2.63	0.06	1.04	316	95.4	0.04	0.04
		10M	14.0	17.20	7.36	149.2	5.60	60	2.03	0.08	0.73	327	95.5	0.05	0.05
		10F	24.5	17.01	6.96	146.5	3.40	60	4.46	0.06	1.08	175	93.7	0.05	0.06



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
11	26.0	11S	0.6	19.17	7.57	149.3	9.71	60	2.83	0.05	1.76	291	95.4	0.04	0.04
		11M	14.0	17.27	7.30	148.8	5.45	60	1.84	0.09	0.89	307	95.2	0.03	0.05
		11F	25.5	16.99	7.01	145.4	3.64	60	4.00	0.05	1.66	272	93.2	0.06	0.06
12	9.0	12S	0.6	19.52	7.70	149.5	9.70	60	2.87	0.05	1.20	301	95.6	0.04	0.04
		12F	8.5	17.53	7.42	149.0	6.40	60	1.88	0.09	0.76	316	95.4	0.06	0.06
13	23.5	13S	0.6	19.37	7.73	148.4	9.93	60	2.90	0.05	1.06	312	95.0	0.04	0.04
		13M	14.0	17.17	7.32	149.0	5.44	60	1.88	0.08	0.73	327	95.2	0.05	0.05
		13F	23.0	17.00	7.06	143.6	2.93	60	3.49	0.05	1.05	298	92.0	0.05	0.05
14	19.5	14S	0.6	19.01	7.80	149.0	9.70	60	2.75	0.07	0.80	323	95.4	0.04	0.04
		14M	14.0	17.15	7.50	148.1	4.42	60	2.22	0.08	0.70	337	94.5	0.06	0.06
		14M*	14.0	17.15	7.5	148.5	4.42	60	2.23	0.08	0.70	338	94.7	0.05	0.05
		14F	19.0	17.09	7.31	147.5	4.05	60	7.13	0.05	1.11	287	94.5	0.05	0.05
15	18.5	15S	0.6	18.56	7.71	149.1	9.58	60	4.85	0.06	1.04	310	95.7	0.05	0.05
		15M	14.0	17.35	7.35	150.0	6.00	60	2.84	0.07	0.75	315	95.7	0.05	0.05
		15F	18.0	17.16	7.21	149.2	5.13	60	4.99	0.05	0.84	307	95.3	0.03	0.03
		15F*	18	17.16	7.21	149.2	5.13	60	4.99	0.05	0.84	308	95.3	0.04	0.04
16	11.0	16S	0.6	18.70	7.68	149.5	9.53	60	4.52	0.05	1.52	312	93.4	0.04	0.04
		16F	10.5	17.46	7.51	148.0	7.00	60	4.10	0.06	1.23	320	95.2	0.06	0.06
17	1.0	17S	0.6	18.40	7.63	143.0	9.28	60	3.56	0.04	1.34	312	92.7	0.08	0.08
		17S*	0.6	18.30	7.63	143.0	9.28	60	3.55	0.04	1.34	313	92.8	0.09	0.09
18	1.0	18S	0.6	18.40	7.67	149.5	9.32	60	4.40	0.04	1.14	314	95.6	0.06	0.06
19	2.0	19S	0.6	18.28	7.54	146.1	8.63	60	4.83	0.04	0.59	328	93.6	0.03	0.03
20	16.5	20S	0.6	18.22	7.54	147.8	9.30	60	6.91	0.04	0.97	334	94.8	0.03	0.03
		20F	16.0	17.14	7.02	146.3	4.82	60	4.87	0.07	0.90	332	94.0	0.05	0.05
21	19.5	21S	0.6	18.33	7.58	146.9	9.42	60	5.80	0.05	1.10	316	93.8	0.05	0.05
		21M	14.0	17.21	7.06	137.8	5.80	60	3.61	0.06	0.83	319	87.7	0.03	0.03
		21F	19.0	17.07	7.02	140.0	5.27	60	4.73	0.06	1.05	288	90.3	0.03	0.05
22	1.0	22S	0.6	16.00	7.23	117.9	8.23	50	4.50	0.04	1.21	345	85.3	0.08	0.08
23	1.0	23S	0.6	17.65	7.40	148.0	8.22	60	6.01	0.05	0.95	339	95.1	0.05	0.06

\* Duplicados



**MTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-2

**Tabla 30.** Parámetros medidos en agua. Muestreo de 24 h, semana 7 (Feb 16-18, 2010)

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
2	2S	0.6	09:00	18.06	7.47	3.8	150.0	8.58	70	7.67	0.04	1.17	333	96.0	
			11:00	18.54	7.60	7.0	151.0	8.97	70	4.78	0.05	1.13	306	96.7	0.04
			13:00	18.57	7.52	7.3	150.4	9.12	70	6.00	0.05	0.97	304	96.3	
			15:00	18.54	7.54	7.8	149.6	9.24	70	6.04	0.05	1.14	309	96.5	
			17:00	18.49	7.55	8.1	150.4	9.32	70	5.38	0.06	1.40	314	96.5	
			19:00	18.42	7.52	7.8	150.5	9.27	70	6.46	0.05	1.15	326	96.3	0.05
			21:00	18.32	7.53	6.8	148.5	9.14	70	6.57	0.06	1.24	324	96.8	
			23:00	18.27	7.54	5.6	150.2	8.91	60	6.75	0.05	1.34	323	96.1	
			01:00	18.70	7.46	8.0	150.3	8.58	70	6.69	0.04	1.40	334	96.0	0.03
			03:00	18.20	7.43	5.4	149.8	8.34	70	6.21	0.05	1.23	336	94.2	
			05:00	17.99	7.43	3.6	149.9	8.27	60	5.88	0.06	1.13	342	96.2	
			07:00	18.16	7.45	3.9	148.7	8.46	60	6.45	0.07	1.12	337	96.0	
2	2F	10.5	09:00	17.1	7.01	9.1	147.8	4.45	60	4.35	0.07	1.02	344	95.3	
			11:00	17.12	7.15	6.7	148.3	5.12	60	2.82	0.08	0.77	304	95.5	0.03
			13:00	17.58	7.13	7.6	151.0	6.21	70	4.00	0.06	0.90	312	96.5	
			15:00	17.64	7.17	7.9	150.8	6.76	70	4.32	0.06	1.23	313	96.4	
			17:00	17.89	7.24	8.2	151.5	7.05	70	4.81	0.07	1.40	316	96.6	
			19:00	17.70	7.20	6.0	150.8	6.54	70	3.72	0.08	0.83	334	96.6	0.06
			21:00	17.62	7.21	5.9	149.5	6.47	70	4.00	0.07	0.85	336	96.4	
			23:00	17.57	7.18	5.5	150.5	6.44	70	4.02	0.07	0.91	331	96.3	
			01:00	17.50	7.09	6.4	150.9	6.16	70	4.58	0.06	1.04	314	96.9	0.03
			03:00	17.34	7.11	6.0	149.8	5.89	70	4.23	0.07	0.94	323	95.9	
			05:00	17.20	7.13	6.6	150.8	5.35	70	4.07	0.07	0.90	341	95.6	
			07:00	17.16	7.07	7.8	148.5	4.87	70	4.18	0.07	0.97	342	95.6	



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua  
Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
7	7S	0.6	08:30	18.24	7.5	5.98	149.6	8.81	60	6.46	0.05	1.24	317	95.3	
			10:30	18.37	7.50	7.9	149.4	8.89	60	5.80	0.05	1.40	293	95.9	0.04
			12:30	18.38	7.45	6.8	149.5	9.00	60	5.89	0.04	1.17	298	95.7	
			14:30	18.34	7.52	6.7	149.5	9.13	60	5.79	0.04	1.12	306	95.6	
			16:30	18.35	7.59	6.3	149.1	9.27	60	5.74	0.04	1.08	314	95.5	
			18:30	18.29	7.59	6.8	149.3	9.13	60	7.01	0.05	1.55	316	95.6	0.03
			20:30	18.20	7.54	7.4	149.5	9.12	60	7.05	0.05	1.53	319	95.4	
			22:30	18.13	7.47	8.1	149.3	8.90	60	7.13	0.04	1.60	318	95.4	
			00:30	18.11	7.45	7.2	149.0	8.73	60	7.98	0.05	1.74	329	95.6	0.04
			02:30	18.08	7.43	7.3	148.8	8.71	60	8.21	0.05	1.69	328	95.5	
			04:30	18.05	7.42	7.5	149.5	8.69	60	8.33	0.04	1.65	327	95.6	
			06:30	17.97	7.49	4.4	149.5	8.75	60	8.37	0.04	1.17	335	95.4	
7	7M	14.0	08:30	17.25	7.05	4.6	149.4	5.43	60	4.05	0.07	0.94	318	95.7	
			10:30	17.25	7.04	6.7	149.2	5.31	60	3.40	0.07	1.09	300	95.4	0.03
			12:30	17.23	6.97	6.1	149.0	5.26	60	3.63	0.06	0.86	312	95.4	
			14:30	17.18	7.03	6.2	148.6	5.23	60	3.43	0.07	0.79	318	95.4	
			16:30	17.19	7.20	6.3	148.7	5.26	60	3.15	0.07	0.77	327	95.3	
			18:30	17.14	7.18	6.8	148.7	5.08	60	3.45	0.08	0.90	330	94.8	0.04
			20:30	17.17	7.10	6.5	148.6	5.23	60	3.53	0.08	0.91	332	95.3	
			22:30	17.19	7.09	5.8	149.1	5.37	60	3.62	0.08	0.92	329	95.3	
			00:30	17.21	7.06	5.0	149.2	5.40	60	3.88	0.07	0.94	338	95.4	0.05
			02:30	17.23	7.08	5.0	149.4	5.36	60	4.03	0.07	0.96	339	95.4	
			04:30	17.27	7.13	5.0	149.3	5.45	60	4.21	0.07	0.98	335	95.6	
			06:30	17.26	7.14	3.3	149.6	5.53	60	4.47	0.07	0.86	344	95.8	



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
7	7F	31.0	08:30	16.89	7.23	14.5	148.5	4.54	60	5.6	0.05	1.34	343	95.4	
			10:30	16.98	6.83	32.5	148.3	3.03	60	4.12	0.06	1.58	254	94.7	0.05
			12:30	16.98	6.80	18.9	148.7	2.92	60	3.80	0.07	0.99	297	95.0	
			14:30	16.87	6.86	16.7	148.5	2.94	60	3.69	0.07	0.95	309	95.3	
			16:30	16.96	6.90	19.2	149.3	2.91	60	3.72	0.07	0.90	321	95.4	
			18:30	16.97	6.95	17.6	148.3	2.92	60	3.87	0.07	1.01	315	95.2	0.06
			20:30	16.89	6.93	17.4	149.3	2.83	60	4.65	0.07	1.09	316	95.4	
			22:30	16.96	6.86	17.9	149.5	2.62	60	5.27	0.08	1.39	311	95.6	
			00:30	16.97	6.87	15.0	148.9	2.60	60	6.37	0.07	1.35	329	95.4	0.07
			02:30	16.98	6.89	16.3	149.6	3.34	60	6.45	0.07	1.43	328	95.6	
			04:30	16.96	6.94	18.2	154.1	3.54	70	6.98	0.07	1.54	324	100.0	
			06:30	16.94	6.86	23.5	160.3	4.19	70	6.84	0.05	1.33	334	102.1	
14	14S	0.6	08:00	18.05	7.50	6.7	148.1	8.72	60	6.48	0.05	1.31	332	94.9	
			10:00	18.56	7.60	7.8	148.9	9.24	60	5.02	0.05	0.06	317	95.3	0.03
			12:00	18.58	7.56	8.9	148.4	9.48	60	6.36	0.04	1.10	308	95.0	
			14:00	18.59	7.54	8.3	148.5	9.34	60	6.43	0.04	1.11	309	95.4	
			16:00	18.54	7.59	7.8	148.3	9.64	60	5.59	0.05	1.14	310	94.8	
			18:00	18.43	7.63	5.6	148.7	9.67	60	6.01	0.05	1.13	315	95.3	0.04
			20:00	18.34	7.54	7.4	148.6	9.43	60	6.87	0.05	1.15	322	95.4	
			22:00	18.22	7.58	5.8	149.1	9.22	60	7.16	0.04	1.10	325	95.1	
			00:00	18.17	7.59	5.6	149.0	9.13	60	7.16	0.04	1.03	329	95.1	0.07
			02:00	18.15	7.53	7.3	149.5	9.43	60	7.26	0.04	1.14	332	95.2	
			04:00	18.12	7.54	6.6	148.6	8.94	60	7.35	0.04	1.10	339	95.2	
			06:00	18.23	7.48	6.6	148.6	8.87	60	7.01	0.04	1.21	334	94.8	



**MTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-5





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
14	14M	14.0	08:00	17.12	7.03	5.9	148.2	4.64	60	5.15	0.06	1.08	339	94.8	
			10:00	17.18	7.12	5.9	148.6	5.01	60	3.17	0.07	0.57	325	95.0	0.03
			12:00	17.18	7.16	7.7	148.5	4.98	60	2.95	0.07	0.74	325	95.2	
			14:00	17.12	7.14	6.9	148.8	5.03	60	3.54	0.07	0.86	320	95.3	
			16:00	17.19	7.08	6.2	148.8	5.05	60	4.30	0.06	0.94	318	95.2	
			18:00	17.20	7.15	4.0	148.6	5.16	60	3.34	0.07	0.77	327	95.3	0.03
			20:00	17.17	7.14	5.6	148.3	4.95	60	3.73	0.07	0.83	324	95.6	
			22:00	17.15	7.12	5.7	148.1	4.84	60	3.95	0.06	0.82	338	95.0	
			00:00	17.09	7.13	6.8	147.9	4.21	60	3.58	0.07	0.76	342	94.3	0.06
			02:00	17.18	7.14	6.9	148.6	4.34	60	3.55	0.07	0.81	345	94.6	
			04:00	17.12	7.07	7.1	148.2	4.68	60	3.56	0.07	0.82	347	94.9	
			06:00	17.18	7.03	6.3	148.3	4.53	60	4.64	0.07	0.95	343	94.8	
14	14F	20.0	08:00	17.08	6.94	7.9	146.2	3.38	60	5.95	0.06	1.37	333	93.9	0.06
			10:00	17.10	6.90	10.1	147.6	4.15	60	5.24	0.04	0.78	265	94.7	0.05
			12:00	17.09	6.68	10.3	148.1	3.79	60	4.04	0.08	0.94	273	94.6	
			14:00	17.12	6.78	9.7	148.7	3.94	60	3.97	0.08	0.87	289	95.2	
			16:00	17.1	6.95	7.7	147.8	4.26	60	3.24	0.08	0.75	308	94.8	
			18:00	17.09	6.98	9.8	147.8	4.05	60	3.87	0.07	0.90	318	94.5	0.03
			20:00	17.11	6.96	10.4	148.3	4	60	3.91	0.07	0.87	317	94.5	
			22:00	17.07	6.92	11.9	146.0	3.52	60	3.68	0.08	0.82	318	93.7	
			00:00	17.07	6.96	10.7	145.9	3.40	60	4.30	0.06	1.06	329	93.5	0.04
			02:00	17.09	6.93	9.8	146.2	3.33	60	4.05	0.06	0.93	324	94.6	
			04:00	17.08	6.87	7.7	145.9	3.21	60	3.80	0.07	0.84	320	93.1	
			06:00	17.13	6.92	7.6	146.7	3.23	60	4.65	0.07	0.97	317	94.3	



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

**Tabla 31.** Parámetros medidos en agua, semana 12 (Mar 23-25, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
1	19.0	1S	0.6	19.76	10.00	152.0	8.78	70	1.58	0.09	0.06	250	97.2	0.03	0.03
		1M	14.0	18.54	9.75	152.1	1.86	70	0.98	0.04	0.03	275	96.9	0.03	0.03
		1F	17.0	17.49	9.30	152.0	0.45	70	0.77	0.06	0.05	260	96.8	0.02	0.02
		1F*	17.0	17.48	9.29	152.2	0.43	70	0.77	0.06	0.05	262	96.7	0.02	0.02
2	12.0	2S	0.06	21.05	10.02	154.2	9.22	70	1.97	0.11	0.04	265	98.7	0.03	0.03
		2F	11.5	17.61	9.32	151.8	0.68	70	0.73	0.06	0.04	277	97.1	0.04	0.04
3	3.0	3S	1.5	21.60	9.99	154.7	9.25	70	1.95	0.10	0.04	261	99.0	0.04	0.04
		3F	2.5	21.50	10.00	153.9	9.24	70	1.94	0.10	0.04	265	99.1	0.04	0.04
4	5.0	4S	0.6	21.54	10.00	153.6	8.94	70	1.46	0.13	0.02	272	98.3	0.03	0.03
		4F	4.5	20.55	9.99	153.0	8.90	70	1.72	0.11	0.03	274	98	0.06	0.06
5	21.0	5S	0.6	20.01	9.38	156.8	8.44	70	2.90	0.05	0.02	315	100.3	0.03	0.03
		5M	14.0	17.72	8.70	155.4	1.76	70	1.09	0.04	0.02	326	99.4	0.03	0.03
		5F	20.5	17.47	8.50	156.6	0.22	70	2.15	0.03	0.05	293	100.1	0.05	0.05
		5F*	20.5	17.43	8.49	156.4	0.21	70	2.13	0.03	0.05	291	99.9	0.05	0.05
6	29.0	6S	0.6	20.19	9.38	156.1	8.83	70	8.41	0.07	0.04	302	99.8	0.03	0.03
		6M	14.0	17.88	8.77	156.4	2.41	70	1.11	0.05	0.03	320	99.9	0.03	0.03
		6F	28.5	17.48	8.41	156.1	0.40	70	7.00	0.05	0.03	275	100.0	0.02	0.02
7	32.0	7S	0.6	19.75	9.54	156.3	8.33	70	7.10	0.04	0.04	325	100.1	0.03	0.03
		7M	14.0	17.59	8.7	156.0	0.87	70	1.07	0.03	0.04	343	100.0	0.028	0.03
		7F	31.5	17.46	8.36	158.6	0.24	70	3.49	0.03	0.10	293	101.5	0.03	0.03
8	6.5	8S	0.6	19.63	9.33	156.3	8.34	70	3.05	0.05	0.00	343	100.2	0.05	0.05
		8F	6.0	19.38	9.36	156.4	7.95	70	4.18	0.04	0.00	335	100.1	0.03	0.03
9	21.0	9S	0.6	19.88	9.40	156.4	8.77	70	2.65	0.04	0.03	280	99.9	0.04	0.04
		9M	14.0	17.66	8.55	156.5	1.80	70	1.30	0.03	0.04	293	100.0	0.03	0.03
		9F	20.5	17.47	8.43	156.6	0.33	70	1.76	0.03	0.05	282	100.4	0.03	0.03
		9F*	20.5	17.45	8.45	156.7	0.33	70	1.78	0.03	0.05	283	100.5	0.03	0.03
10	26.0	10S	0.6	20.15	9.43	155.8	9.07	70	3.40	0.05	0.05	251	99.7	0.03	0.03
		10M	14.0	17.77	8.72	155.3	2.50	70	1.42	0.04	0.03	274	99.6	0.03	0.03
		10F	25.5	17.46	8.29	157.3	0.15	70	7.20	0.03	0.18	296	100.9	0.03	0.03
11	27.0	11S	0.6	20.07	9.38	156.5	8.94	70	2.14	0.06	0.03	313	100.0	0.03	0.03
		11M	14.0	17.52	8.49	155.1	0.52	70	1.28	0.03	0.05	306	99.2	0.04	0.04
		11F	26.5	17.47	8.39	156.5	0.18	70	3.70	0.03	0.09	289	100.3	0.03	0.03



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)
12	9.5	12S	0.6	20.47	9.40	156.0	9.07	70	3.19	0.10	0.17	306	99.8	0.03	0.03
		12F	9.0	18.78	9.07	155.5	5.69	70	1.52	0.06	0.05	310	99.6	0.03	0.03
13	24.0	13S	0.6	20.38	9.38	156.0	8.92	70	3.97	0.05	0.04	188	99.8	0.03	0.03
		13M	14.0	17.63	8.38	155.0	1.13	70	1.46	0.04	0.04	215	99.1	0.03	0.03
		13F	23.5	17.47	8.13	155.0	0.16	70	11.00	0.04	0.11	156	99.3	0.03	0.03
14	20.0	14S	0.6	20.57	9.42	156.2	8.97	70	3.20	0.04	0.03	245	99.7	0.03	0.03
		14M	14.0	17.57	8.50	155.5	0.63	70	1.19	0.04	0.03	266	99.7	0.02	0.02
		14M*	14.0	17.61	8.52	155.6	0.64	70	1.20	0.04	0.03	267	99.5	0.02	0.02
		14F	19.5	17.53	8.35	155.3	0.20	70	1.64	0.04	0.04	234	99.6	0.03	0.03
15	19.0	15S	0.6	20.76	9.37	156.4	9.80	70	4.90	0.05	0.04	213	100.2	0.07	0.07
		15M	14.0	17.84	8.55	156.0	2.45	70	1.38	0.04	0.03	242	99.7	0.03	0.03
		15F	18.5	17.53	8.18	156.0	0.60	70	4.90	0.03	0.13	229	100.2	0.03	0.03
16	12.0	16S	0.6	20.06	10.03	152.3	9.22	70	1.10	0.12	0.02	278	97.4	0.03	0.03
		16F	11.5	18.10	9.42	154.0	3.07	70	0.84	0.06	0.03	283	98.6	0.03	0.03
17	1.0	17S	0.6	22.00	9.93	146.3	9.66	70	1.18	0.09	0.07	217	94.0	0.03	0.03
18	1.0	18S	0.6	20.64	10.00	152.5	8.82	70	0.90	0.13	0.02	273	97.6	0.05	0.05
19	1.5	19S	0.6	21.68	9.96	150.0	8.67	70	0.88	0.12	0.08	216	96.6	0.03	0.03
20	17.5	20S	0.6	20.64	10.00	153.0	8.86	70	1.24	0.11	0.02	268	97.8	0.03	0.03
		20M	14.0	18.10	9.50	151.2	3.02	70	0.94	0.06	0.02	276	96.9	0.03	0.03
		20F	17.0	17.58	9.98	150.0	0.64	60	1.70	0.18	0.01	280	95.8	0.03	0.03
21	20.0	21S	0.6	20.47	10.12	152.0	9.48	70	0.93	0.12	0.01	275	97.4	0.03	0.03
		21M	14.0	18.24	9.53	152.0	3.90	70	0.84	0.04	0.02	284	97.4	0.02	0.02
		21F	19.5	17.80	9.45	143.8	2.99	60	1.06	0.11	0.01	286	91.0	0.03	0.03
22	2.0	22S	1.0	21.30	9.94	150.0	8.48	60	0.73	0.10	0.04	247	96.3	0.04	0.04
23	1.5	23S	0.6	21.10	9.84	133.3	8.50	60	0.48	0.08	0.02	222	88.2	0.03	0.03
		23S*	0.6	21.13	9.86	134.5	8.46	60	0.47	0.09	0.02	224	88.4	0.03	0.03

\*Duplicados

**Tabla 32.** Parámetros medidos en agua y sedimentos. Muestreo de 24 h, semana 12 (Mar 23-25, 2010)

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>r</sub> (mg/L)	Eh en sedimentos (mV)
2	2S	0.6	09:00	20.02	10.07	2.7	153.5	8.58	70	9.7	0.09	0.37	275	97.7	0.05	
			11:00	20.50	10.03	0.0	153.5	8.67	70	1.47	0.12	0.02	228	97.8	0.02	
			13:00	20.47	10.05	0.0	152.6	8.72	70	2.52	0.15	0.06	230	97.6	0.02	
			15:00	20.77	10.01	0.0	153.0	8.67	70	2.21	0.13	0.12	222	97.3	0.02	
			17:00	20.83	10.03	0.0	153.1	9.18	70	2.46	0.12	0.27	265	98.1	0.03	
			19:00	20.65	10.01	0.0	153.4	9.19	70	3.54	0.11	0.26	252	97.8		
			21:00	20.53	10.06	0.0	153.1	8.99	70	4.57	0.09	0.35	262	98.0	0.06	
			23:00	20.42	10.04	0.0	153.2	8.91	70	3.75	0.11	0.18	265	98.4		
			01:00	20.44	10.06	0.0	154.0	8.61	70	3.97	0.1	0.20	281	98.5		
			03:00	20.25	10.07	0.0	153.8	8.54	70	4.55	0.11	0.71	274	98.6		
			05:00	20.10	10.1	0.0	154.0	8.37	70	3.4	0.12	0.22	273	98.4		
			07:00	20.02	10.13	0	153.2	8.4	70	3.74	0.12	0.11	283	98.1		
2	2F	11.5	09:00	17.94	9.27	0	158.9	4.15	70	3.00	0.04	0.24	279	102.7	0.06	
			11:00	19.27	9.77	0.0	155.1	6.12	70	1.17	0.10	0.02	243	99.3	0.08	-13
			13:00	19.17	9.83	0.0	156.3	6.40	70	1.07	0.14	0.05	244	99.7	0.05	-2
			15:00	18.07	9.33	0.0	153.2	2.26	70	0.92	0.08	0.05	240	97.7	0.02	
			17:00	17.81	9.25	0.0	152.0	1.10	70	1.29	0.06	0.09	237	97.1	0.08	
			19:00	17.63	9.28	0.0	151.7	0.64	70	1.18	0.06	0.08	264	97.0		
			21:00	17.50	9.32	0.0	151.6	0.34	70	2.10	0.03	0.17	275	96.8	0.02	
			23:00	17.57	9.20	0.0	151.5	0.25	70	2.23	0.03	0.18	279	96.3		
			01:00	17.50	9.16	0.0	151.7	0.19	70	2.25	0.03	0.17	287	97.2	0.01	
			03:00	17.50	9.31	0.0	151.8	0.17	70	1.40	0.05	0.15	271	97.1		
			05:00	17.50	9.26	0.0	151.6	0.16	70	2.49	0.03	0.20	274	97.0	0.02	
			07:00	17.57	9.36	0.0	154.2	0.48	70	1.38	0.05	0.10	296	101.7		



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>r</sub> (mg/L)	Eh en sedimentos (mV)
7	7S	0.6	08:00	19.51	10.09	0	152.1	8.36	70	4.01	0.12	0.11	295	97.2	0.019	
			10:00	19.77	9.95	0.0	152.0	8.13	70	1.92	0.09	0.02	277	97.2	0.01	
			12:00	20.34	10.11	0.0	152.6	8.50	70	1.50	0.22	0.01	258	97.6	0.02	
			14:00	20.53	9.96	0.0	152.4	8.53	70	1.16	0.17	0.07	223	97.5	0.01	
			16:00	20.22	10.00	0.0	152.3	9.00	70	1.68	0.12	0.05	266	97.6	0.03	
			18:00	19.90	10.00	0.0	151.8	9.08	70	3.15	0.11	0.27	251	97.3		
			20:00	19.71	9.96	0.0	151.8	8.67	70	3.91	0.09	0.22	252	97.1	0.03	
			22:00	19.65	10.03	0.0	151.3	8.31	70	2.68	0.12	0.16	251	97.1		
			00:00	19.52	10.05	0.0	151.7	8.29	70	2.70	0.11	0.11	299	97.2	0.02	
			02:00	19.46	10.07	0.0	151.5	8.28	70	3.30	0.11	0.07	288	97.1		
			04:00	19.55	10.06	0.0	151.7	8.44	70	4.93	0.1	0.38	286	97.2	0.02	
			06:00	19.52	10.08	0.0	152.0	8.38	70	4.50	0.10	0.12	276	97.1		
7	7M	14.0	08:00	17.71	9.31	0	151.9	1.54	70	2.58	0.03	0.15	300	97.1	0.019	
			10:00	17.60	9.14	0.0	151.6	0.76	70	1.18	0.04	0.05	282	97.2	0.01	
			12:00	17.58	9.37	0.0	152.0	0.73	70	1.27	0.05	0.06	274	97.2	0.02	
			14:00	17.60	9.34	0.0	151.1	0.85	70	0.98	0.08	0.08	225	97.1	0.02	
			16:00	17.64	9.28	0.0	151.5	1.01	70	0.91	0.06	0.06	280	97.0	0.03	
			18:00	17.61	9.26	0.0	151.1	0.94	70	1.13	0.05	0.10	270	96.7		
			20:00	17.60	9.23	0.0	150.6	1.01	70	2.09	0.03	0.16	275	96.5	0.03	
			22:00	17.64	9.13	0.0	150.8	1.02	70	2.04	0.02	0.14	276	95.3		
			00:00	17.63	9.08	0.0	151.1	1.04	70	2.00	0.03	0.15	307	96.5	0.02	
			02:00	17.69	9.36	0.0	150.7	1.30	70	1.30	0.05	0.08	298	96.6		
			04:00	17.92	9.42	0.0	153.0	2.37	70	1.47	0.06	0.11	300	97.7	0.02	
			06:00	17.84	9.38	0.0	152.1	1.97	70	1.64	0.05	0.10	281	97.5		



**MTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-10



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>r</sub> (mg/L)	Eh en sedimentos (mV)
7	7F	31.0	08:00	17.46	9.24	0	158.5	0.18	70	2.02	0.1	0.09	283	101.5	0.024	
			10:00	17.48	9.17	0.0	156.2	0.22	70	1.50	0.09	0.05	276	100.1	0.02	70
			12:00	17.47	9.37	0.0	162.3	0.22	70	2.06	0.08	0.09	255	103.7	0.03	7
			14:00	17.47	9.15	0.0	161.5	0.17	70	1.01	0.14	0.06	219	103.2	0.02	-2
			16:00	17.48	9.16	0.0	157.2	0.19	70	1.21	0.09	0.05	270	100.9	0.03	
			18:00	17.47	9.09	0.0	161.1	0.17	70	2.16	0.09	0.25	212	103.0		
			20:00	17.47	9.09	0.0	164.0	0.16	70	1.83	0.08	0.12	227	104.3	0.02	
			22:00	17.50	9.12	0.0	165.3	0.18	70	1.13	0.10	0.13	243	105.2		
			00:00	17.48	9.21	0.0	167.2	0.18	70	1.05	0.11	0.12	295	107.0	0.02	
			02:00	17.49	9.13	0.0	169.3	0.29	80	1.27	0.08	0.13	289	108.4		
			04:00	17.47	9.15	0.0	164.3	0.28	70	1.75	0.07	0.19	257	105.0	0.03	
			06:00	17.43	9.01	0.0	160.3	0.27	70	1.65	0.05	0.18	255	102.1		
14	14S	0.6	08:30	19.86	10.08	0	151.3	8.55	70	3.6	0.13	0.48	269	96.9		
			10:30	20.05	9.93	0.0	151.5	8.86	70	3.78	0.07	0.06	161	97.1	0.017	
			12:30	20.12	10.05	0.0	151.5	8.86	70	2.51	0.11	0.12	188	96.9	0.017	
			14:30	20.72	9.99	0.0	152.0	8.90	70	1.91	0.12	0.22	207	97.3	0.017	
			16:30	19.90	10.02	0.0	152.0	9.06	70	4.5	0.12	1.05	255	97.1	0.026	
			18:30	19.37	9.90	0.0	152.4	8.87	70	2.8	0.09	0.42	233	97.3		
			20:30	19.82	10.11	0.0	152.1	8.66	70	3.1	0.12	0.33	254	97.3	0.028	
			22:30	19.74	10.08	0.0	152.3	8.63	70	3.32	0.12	0.35	265	97.2		
			00:30	19.67	10.09	0.0	152.0	8.61	70	3.35	0.13	0.13	280	97.3	0.014	
			02:30	19.90	10.08	0.0	151.8	8.70	70	3.98	0.12	2.20	264	96.7		
			04:30	19.97	10.08	0.0	151.2	8.70	70	4.93	0.11	0.39	260	96.9	0.022	
			06:30	19.92	10.10	0.0	151.1	8.57	70	3.58	0.12	0.15	280	97		



MTA  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-11



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>r</sub> (mg/L)	Eh en sedimentos (mV)
14	14M	14	08:30	17.55	9.23	0	151.1	0.79	70	1.84	0.04	0.23	266	96.7		
			10:30	17.73	9.26	0.0	151.5	1.64	70	1.15	0.05	0.50	204	97.0	0.015	
			12:30	17.69	9.27	0.0	151.0	1.59	70	1	0.05	0.05	226	96.6	0.017	
			14:30	17.6	9.14	0.0	151.1	1.00	70	1.35	0.05	0.12	210	96.5	0.017	
			16:30	17.61	9.16	0.0	150.5	0.82	60	1.19	0.04	0.14	270	96.5	0.023	
			18:30	17.66	9.33	0.0	151.1	1.18	70	1.17	0.06	0.09	257	96.9		
			20:30	17.67	9.30	0.0	151.0	1.67	70	2.32	0.04	0.20	258	96.9	0.03	
			22:30	17.65	9.32	0.0	151.6	1.76	70	2.38	0.04	0.18	263	97.1		
			00:30	17.82	9.25	0.0	153	2.2	70	2.41	0.04	0.16	278	97.4	0.01	
			02:30	17.71	9.28	0.0	151.1	1.77	70	2.45	0.04	0.44	260	96.8		
			04:30	17.72	9.26	0.0	151.3	1.84	70	3.65	0.03	0.24	262	96.6	0.012	
			06:30	17.60	9.28	0.0	151.7	1.34	70	2.28	0.04	0.13	288	97.2		
14	14F	21	08:30	17.52	9.17	0	151.6	0.16	70	2.55	0.07	0.32	256	97.3		
			10:30	17.49	9.24	0.0	152.3	0.21	70	5.75	0.04	0.09	217	97.3	0.07	28
			12:30	17.51	9.20	0.0	152.1	0.15	70	5.08	0.06	0.20	221	97.2	0.028	48
			14:30	17.51	9.06	0.0	151.6	0.14	70	5.4	0.05	0.24	176	96.8	0.017	
			16:30	17.50	9.10	0.0	150.4	0.15	70	1.27	0.09	0.15	232	96.3	0.028	
			18:30	17.50	9.22	0.0	150.4	0.19	70	1.97	0.05	0.32	216	96.3		
			20:30	17.49	9.13	0.0	150	0.16	70	3.01	0.05	0.36	235	96.3	0.026	
			22:30	17.5	9.14	0.0	150.5	0.17	70	3.15	0.04	0.24	224	96.5		
			00:30	17.50	9.16	0.0	150.4	0.16	70	3.19	0.03	0.20	265	96.6	0.012	
			02:30	17.51	9.20	0.0	151	0.17	70	1.90	0.04	1.58	239	96.8		
			04:30	17.51	9.18	0.0	151.6	0.16	70	4.73	0.04	0.31	237	96.9	0.016	
			06:30	17.49	9.17	0.0	151.6	0.16	70	4.52	0.03	0.98	232	96.7		



MTA  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-12



**Tabla 33.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 17 (Abr 27-29, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
1	20.0	1S	0.5	21.78	8.56	155.0	8.38	70	4.04	24.38	0.74	148	99.1	0.03	0.03	
		1M	14.0	18.10	7.60	153.3	0.20	70	2.86	34.72	0.28	174	97.9	0.03	0.03	
		1F	20.0	18.02	7.36	153.4	0.14	70	3.42	26.08	0.31	90	98.2	0.04	0.04	-4
2	12.0	2S	0.50	23.37	8.68	157.2	9.78	70	3.77	27.43	0.60	212	100.6	0.05	0.05	
		2F	11.5	18.57	7.55	154.6	0.17	70	3.14	30.28	0.32	92	98.7	0.05	0.05	-14
3	4.0	3S	0.5	24.186	8.718	158.4	9.298	70	3.76	28.10	0.61	204	101.0	0.04	0.04	
		3S*	0.5	24.16	8.68	158.4	9.28	70	3.76	28.10	0.64	201	101.3	0.04	0.04	
		3F	3.5	24.08	8.64	158.6	9.13	70	3.89	27.55	0.71	194	101.7	0.05	0.05	187
4	6.0	4S	0.5	23.88	8.70	157.5	9.45	70	3.91	28.68	0.75	153	100.6	0.03	0.03	
		4F	5.5	23.14	8.66	157.0	9.41	70	3.95	28.86	0.90	119	100.5	0.04	0.04	26
5	21.0	5S	0.5	22.41	8.22	156.3	9.02	70	4.36	20.45	0.57	213	100.0	0.03	0.03	
		5M	14.0	18.11	7.22	152.7	0.28	70	2.42	32.70	0.22	239	97.5	0.04	0.04	
		5F	20.5	17.95	6.41	154.1	0.12	70	4.93	19.82	0.40	68	98.2	0.05	0.05	-8
6	29.5	6S	0.5	22.44	8.14	156.8	8.97	70	4.46	22.95	1.19	179	100.6	0.03	0.03	
		6M	14.0	18.19	6.99	153.3	0.16	70	2.72	29.50	0.32	204	98.2	0.04	0.04	
		6F	29.0	17.80	6.75	154.2	0.13	70	4.22	28.36	0.81	158	98.8	0.03	0.03	71
7	32.0	7S	0.5	21.57	8.23	155.7	8.63	70	5.49	19.25	0.22	220	100.0	0.04	0.04	
		7M	14.0	18.00	7.08	152.9	0.2	70	2.85	30.29	0.16	242	98.1	0.04	0.04	
		7F	31.5	17.81	6.75	154.5	0.14	70	4.57	25.36	0.17	185	98.6	0.04	0.04	79
		7F*	31.5	17.84	6.76	154.5	0.12	70	4.61	25.33	0.17	183	98.6	0.04	0.04	
8	7.0	8S	0.5	21.01	8.20	155.6	8.55	70	6.07	19.66	0.22	203	99.8	0.03	0.03	
		8F	10.5	18.41	7.20	163.6	0.23	70	3.39	26.71	0.26	223	100.4	0.05	0.05	
9	21.0	9S	0.5	21.80	8.20	155.0	8.82	70	5.56	19.06	0.70	180	99.7	0.03	0.03	
		9M	14.0	18.13	6.97	154.9	0.19	70	3.01	29.18	0.32	190	99.2	0.03	0.03	
		9F	20.5	17.87	6.88	153.7	0.17	70	3.98	27.80	0.28	152	98.6	0.05	0.05	
10	26.0	10S	0.5	22.03	8.22	149.4	9.03	60	4.13	21.15	0.52	201	95.7	0.03	0.03	
		10M	14.0	18.15	7.11	152.5	0.20	70	2.50	29.09	0.24	226	97.4	0.03	0.03	
		10F	25.5	17.82	6.74	153.8	0.14	70	4.98	23.53	0.27	203	98.4	0.06	0.06	62



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
11	27.0	11S	0.5	22.55	8.21	155.7	8.97	70	3.92	21.37	1.28	160	99.8	0.03	0.03	
		11M	14.0	18.28	7.12	152.7	0.22	70	2.30	32.13	0.27	193	97.7	0.03	0.03	
		11F	26.5	17.81	6.72	154.2	0.13	70	5.57	22.98	0.73	175	98.7	0.05	0.05	39
12	10.0	12S	0.5	23.34	8.22	155.5	9.02	70	3.89	21.06	0.77	193	99.6	0.04	0.04	
		12F	9.5	19.66	7.28	153.1	1.07	70	2.24	28.41	0.26	135	98.4	0.04	0.04	-36
13	24.0	13S	0.5	22.55	8.22	155.1	8.98	70	2.99	26.63	0.62	144	99.6	0.05	0.05	
		13M	14.0	18.20	7.17	151.8	0.22	70	2.25	36.23	0.20	175	97.2	0.04	0.04	
		13F	23.5	17.83	6.85	153.7	0.16	70	5.69	20.82	0.45	154	98.5	0.04	0.04	28
14	20.0	14S	0.5	23.09	8.18	155.3	9.48	70	3.53	27.00	1.89	173	99.6	0.03	0.03	
		14M	14.0	18.05	7.03	152.2	0.18	70	2.47	38.06	0.32	201	97.8	0.04	0.04	
		14F	19.5	17.86	6.84	153.5	0.15	70	4.94	28.24	0.34	102	98.2	0.04	0.04	
15	19.0	15S	0.5	22.20	8.22	155.8	9.66	70	3.04	26.32	0.83	205	99.9	0.04	0.04	
		15M	14.0	18.17	7.13	152.5	0.20	70	2.28	35.00	0.28	221	97.8	0.05	0.05	
		15F	18.5	17.94	6.77	153.6	0.13	70	6.25	26.56	0.37	183	98.1	0.06	0.06	4
16	12.0	16S	0.5	22.41	8.73	155.5	9.77	70	3.72	28.49	0.50	220	99.6	0.05	0.05	
		16F	11.5	19.39	7.84	155.2	0.57	70	2.95	25.08	0.31	226	99.4	0.04	0.04	-19
17	1.0	17S	0.5	23.80	8.42	150.3	7.93	70	3.50	21.85	0.62	224	95.6	0.04	0.04	
18	1.0	18S	0.5	22.86	8.69	155.6	9.18	70	3.57	27.08	0.62	207	99.3	0.05	0.05	
19	2.0	19S	0.5	24.24	8.72	156.9	9.00	70	5.00	23.08	1.22	177	99.7	0.04	0.04	
		19S*	2.0	21.52	8.62	123.7	8.26	50	2.18	24.45	1.22	184	73.0	0.05	0.05	
20	17.0	20S	0.5	23.39	8.70	156.0	9.47	70	4.47	27.99	1.64	134	99.6	0.04	0.04	
		20F	16.5	17.9	7.58	153.4	0.14	70	7.56	30.12	0.63	78	98.2	0.05	0.05	-10
		21S	0.5	23.24	8.88	155.4	9.67	70	3.87	32.10	0.72	252	99.4	0.04	0.04	
21	20.0	21M	14.0	18.10	8.10	152.4	0.23	70	3.52	34.42	0.29	260	97.6	0.04	0.04	
		21F	19.5	17.90	7.74	153.7	0.17	70	7.22	20.51	0.25	227	98.4	0.07	0.07	-14
22	2.0	22S	0.5	25.20	8.87	156.4	9.10	70	3.81	33.54	1.06	243	100.1	0.04	0.04	
		22S*	0.5	22.30	8.73	139.1	8.00	60	2.89	25.69	0.83	249	88.3	0.05	0.05	
23	1.0	23S	0.5	24.91	8.89	156.0	9.14	70	3.44	45.21	2.51	237	99.6	0.07	0.07	
		23S*	0.5	18.95	8.88	107.3	8.29	40	1.95	23.20	2.14	242	66.8	0.07	0.07	

\* Duplicados

**Tabla 34.** Parámetros medidos en agua y sedimentos. Muestreo de 24 h, semana 17 (Abr 27-29, 2010)

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
2	2S	0.6	08:00	21.86	8.47	13.5	153.5	8.58	70	9.7	17.73	0.37	186	97.7		
			10:00	22.14	8.58	28.1	153.5	8.67	70	1.47	28.90	0.02	253	97.8	0.05	
			12:00	22.98	8.58	18.7	152.6	8.72	70	2.52	27.52	0.06	142	97.6		
			14:00	23.39	8.61	16.2	153.0	8.67	70	2.21	29.28	0.12	175	97.3	0.03	
			16:00	23.44	8.60	18.5	153.1	9.18	70	2.46	33.25	0.27	198	98.1		
			18:00	23.54	8.90	17.2	153.4	9.19	70	3.54	42.14	0.26	238	97.8	0.06	
			20:00	23.18	8.65	16.3	153.1	8.99	70	4.57	24.60	0.35	235	98.0		
			22:00	23.09	8.59	18.2	153.2	8.91	70	3.75	23.24	0.18	174	98.4	0.02	
			00:00	22.56	8.62	17.7	156.9	9.19	70	4	24.34	2.75	194	100.3		
			02:00	22.41	8.50	17.9	156.5	9.07	70	5.04	19.95	3.9	157	100.1	0.019	
			04:00	22.05	8.43	32.9	156.7	8.95	70	5.08	18.65	4.79	146	100.1		
			06:00	22.17	8.43	17	156.2	8.86	70	5.62	17.28	4.87	181	99.9	0.032	
2	2F	11.5	08:00	20.22	7.78	12.8	158.9	4.15	70	3.00	25.78	0.24	208	102.7		-23
			10:00	19.52	7.70	11.1	155.1	6.12	70	1.17	31.98	0.02	265	99.3	0.08	140
			12:00	18.24	7.31	7.6	156.3	6.40	70	1.07	33.07	0.05	125	99.7		5
			14:00	18.17	7.25	19.3	153.2	2.26	70	0.92	41.54	0.05	90	97.7	0.04	-33
			16:00	18.83	7.43	12.3	152.0	1.10	70	1.29	35.40	0.09	110	97.1		
			18:00	19.02	7.72	9.5	151.7	0.64	70	1.18	33.06	0.08	151	97.0	0.06	-30
			20:00	18.02	7.38	7.5	151.6	0.34	70	2.10	43.40	0.17	159	96.8		9
			22:00	18.64	7.49	9.0	151.5	0.25	70	2.23	30.97	0.18	173	96.3	0.06	-10
			00:00	18.90	7.48	7.0	153.1	0.20	70	2.88	37.94	0.15	206	97.8		-11
			02:00	18.25	7.65	7.0	153.3	0.23	70	6.62	35.35	0.51	180	97.8	0.07	-14
			04:00	19.00	7.75	9.3	159.9	0.76	70	2.87	29.75	0.86	174	102.3		
			06:00	19.78	7.70	11.8	166.6	2.56	70	3.82	26.56	1.33	190	106.7	0.09	-17



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
7	7S	0.6	08:30	21.00	8.68	17.1	152.1	8.36	70	4.01	25.24	0.11	114	97.2		
			10:30	21.56	8.62	17.2	152.0	8.13	70	1.92	22.82	0.02	204	97.2	0.04	
			12:30	22.38	8.60	17.8	152.6	8.50	70	1.50	33.15	0.01	187	97.6		
			14:30	22.98	8.65	17.3	152.4	8.53	70	1.16	34.29	0.07	175	97.5	0.02	
			16:30	22.81	8.71	17.4	152.3	9.00	70	1.68	34.92	0.05	178	97.6		
			18:30	21.90	8.85	17.2	151.8	9.08	70	3.15	36.63	0.27	196	97.3	0.04	
			20:30	21.36	8.62	16.3	151.8	8.67	70	3.91	23.69	0.22	179	97.1		
			22:30	21.21	8.56	16.4	151.3	8.31	70	2.68	23.24	0.16	139	97.1	0.02	
			00:30	21.37	8.54	16.7	151.7	8.29	70	2.70	25.59	0.11	124	97.2		
			02:30	21.24	8.54	15.8	151.5	8.28	70	3.30	20.66	0.07	123	97.1	0.03	
			04:30	21.13	8.43	20.5	151.7	8.44	70	4.93	17.4	0.38	171	97.2		
			06:30	21.01	8.43	22.1	152.0	8.38	70	4.50	18.83	0.12	122	97.1	0.04	
7	7M	14.0	08:30	18.3	7.93	6.9	151.9	1.54	70	2.58	33.14	0.15	151	97.1		
			10:30	18.05	7.67	7.6	151.6	0.76	70	1.18	35.97	0.05	233	97.2	0.04	
			12:30	18.10	7.82	7.7	152.0	0.73	70	1.27	36.24	0.06	203	97.2		
			14:30	18.03	7.64	7.3	151.1	0.85	70	0.98	35.28	0.08	198	97.1	0.03	
			16:30	18.13	7.74	7.1	151.5	1.01	70	0.91	34.76	0.06	205	97.0		
			18:30	17.94	7.78	8.5	151.1	0.94	70	1.13	40.90	0.10	216	96.7	0.02	
			20:30	18.04	7.47	7.0	150.6	1.01	70	2.09	33.78	0.16	209	96.5		
			22:30	18.50	7.54	7.4	150.8	1.02	70	2.04	31.56	0.14	171	95.3	0.02	
			00:30	19.13	7.67	8.1	151.1	1.04	70	2.00	29.58	0.15	159	96.5		
			02:30	18.89	7.69	9.2	150.7	1.30	70	1.30	29.60	0.08	157	96.6	0.02	
			04:30	18.51	7.70	8.4	153.0	2.37	70	1.47	25.07	0.11	197	97.7		
			06:30	18.25	7.57	6.8	152.1	1.97	70	1.64	26.99	0.10	158	97.5	0.02	



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
7	7F	31.0	08:30	17.82	7.55	13.4	158.5	0.18	70	2.02	28.76	0.09	165	101.5		-17
			10:30	17.81	7.32	17.7	156.2	0.22	70	1.50	28.47	0.05	112	100.1	0.07	8
			12:30	17.80	7.21	14.2	162.3	0.22	70	2.06	28.68	0.09	115	103.7		-29
			14:30	17.80	7.25	30.6	161.5	0.17	70	1.01	31.84	0.06	87	103.2	0.07	-32
			16:30	17.82	7.34	18.4	157.2	0.19	70	1.21	32.06	0.05	114	100.9		
			18:30	17.81	7.44	13.6	161.1	0.17	70	2.16	28.75	0.25	136	103.0	0.05	-40
			20:30	17.80	7.31	12.9	164.0	0.16	70	1.83	30.73	0.12	195	104.3		-15
			22:30	17.80	7.27	13.6	165.3	0.18	70	1.13	28.51	0.13	136	105.2	0.07	-26
			00:30	17.80	7.30	14.6	167.2	0.18	70	1.05	28.90	0.12	126	107.0		-6
			02:30	17.81	7.23	14.1	169.3	0.29	80	1.27	31.78	0.13	102	108.4	0.06	-9
			04:30	17.80	7.27	13.0	164.3	0.28	70	1.75	28.41	0.19	100	105.0		
			06:30	17.79	7.24	12.9	160.3	0.27	70	1.65	27.43	0.18	143	102.1	0.06	-22
14	14S	0.6	09:00	21.28	8.60	17.6	151.3	8.55	70	3.6	23.85	0.48	98	96.9		
			11:00	21.77	8.58	16.5	151.5	8.86	70	3.78	23.14	0.06	120	97.1	0.04	
			13:00	23.06	8.57	18.1	151.5	8.86	70	2.51	22.28	0.12	127	96.9		
			15:00	22.70	8.61	16.2	152.0	8.90	70	1.91	29.21	0.22	153	97.3	0.03	
			17:00	22.64	8.72	17.4	152.0	9.06	70	4.5	24.65	1.05	165	97.1		
			19:00	22.12	8.62	17.6	152.4	8.87	70	2.8	29.73	0.42	176	97.3	0.017	
			21:00	21.94	8.65	16.1	152.1	8.66	70	3.1	25.44	0.33	147	97.3		
			23:00	21.81	8.40	17.2	152.3	8.63	70	3.32	20.00	0.35	122	97.2	0.016	
			01:00	21.62	8.58	16.4	152.0	8.61	70	3.35	21.52	0.13	116	97.3		
			03:00	21.53	8.49	13.2	151.8	8.70	70	3.98	18.99	2.20	118	96.7	0.04	
			05:00	21.35	8.46		151.2	8.70	70	4.93	18.82	0.39	155	96.9		
			07:00	21.28	8.50	15.7	151.1	8.57	70	3.58	20.12	0.15	107	97	0.018	



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**

Estación de muestreo	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Hora	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
14	14M	14	09:00	18.01	7.76	7.6	151.1	0.79	70	1.84	39.12	0.23	140	96.7		
			11:00	18.07	7.48	7.6	151.5	1.64	70	1.15	38.13	0.50	161	97.0	0.05	
			13:00	18.1	7.80	7.3	151.0	1.59	70	1	43.20	0.05	163	96.6		
			15:00	18.16	7.45	7.5	151.1	1.00	70	1.35	36.46	0.12	180	96.5	0.06	
			17:00	18.23	7.76	7.3	150.5	0.82	60	1.19	35.85	0.14	186	96.5		
			19:00	18.27	7.76	6.6	151.1	1.18	70	1.17	35.80	0.09	197	96.9	0.03	
			21:00	18.23	7.65	6.6	151.0	1.67	70	2.32	35.79	0.20	172	96.9		
			23:00	18.17	7.80	6.8	151.6	1.76	70	2.38	38.37	0.18	164	97.1	0.016	
			01:00	18.18	7.71	6.5	153	2.2	70	2.41	31.79	0.16	151	97.4		
			03:00	18.15	7.85	6.7	151.1	1.77	70	2.45	32.11	0.44	132	96.8	0.06	
			05:00	18.90	7.66	6.4	151.3	1.84	70	3.65	31.79	0.24	186	96.6		
			07:00	18.02	7.50	6.7	151.7	1.34	70	2.28	33.14	0.13	152	97.2	0.04	
14	14F	21	09:00	17.88	7.69	9.3	151.6	0.16	70	2.55	30.42	0.32	122	97.3		-3
			11:00	17.87	7.27	65.9	152.3	0.21	70	5.75	28.33	0.09	79	97.3	0.06	-24
			13:00	17.83	7.28	9.8	152.1	0.15	70	5.08	37.76	0.20	115	97.2		-7
			15:00	17.86	7.33	10.3	151.6	0.14	70	5.4	40.12	0.24	98	96.8	0.08	
			17:00	17.82	7.36	10.2	150.4	0.15	70	1.27	37.65	0.15	121	96.3		
			19:00	17.87	7.34	10.1	150.4	0.19	70	1.97	34.03	0.32	138	96.3	0.07	-34
			21:00	17.88	7.37	9.8	150	0.16	70	3.01	28.44	0.36	138	96.3		1
			23:00	17.88	7.35	7.4	150.5	0.17	70	3.15	27.61	0.24	140	96.5	0.06	-1
			01:00	17.86	7.27	10.1	150.4	0.16	70	3.19	27.89	0.20	121	96.6		-9
			03:00	17.85	7.22	10.0	151	0.17	70	1.90	31.40	1.58	112	96.8	0.06	-3
			05:00	17.87	7.39	19.8	151.6	0.16	70	4.73	25.47	0.31	135	96.9		
			07:00	17.87	7.32	10.5	151.6	0.16	70	4.52	26.37	0.98	92	96.7	0.05	-6



**MTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-18

**Tabla 35.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 22 (Jun 2-3, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
1	19.5	1S	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05	
		1M	14.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	
		1F	19.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.07	
2	12.0	2S	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05	
		2F	11.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	0.09	
3	2.0	3S	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	0.06	
4	4.5	4S	0.5	24.49	8.58	162.80	9.19	70	0.01	0.23	0.05	175	104.4	0.05	<0.05	
		4S*	0.5	24.58	8.56	162.71	9.23	70	0.01	0.23	0.05	177	104.8	0.05	<0.05	
		4F	4	22.85	8.2	167.60	3.77	70	0.01	0.21	0.03	188	107.2	0.05	0.05	-114
5	20.0	5S	0.5	24.16	8.58	161.90	9.11	70	0.03	0.18	0.10	136	103.6	0.04	0.04	
		5M	14.0	18.54	7.04	165.70	0.13	70	0.28	0.32	0.09	43	106.0	0.04	0.04	
		5F	19.0	18.29	7.00	164.70	0.13	70	0.57	0.15	0.03	38	105.6	0.05	0.05	-32
6	28.0	6S	0.5	23.93	8.60	161.50	8.83	70	0.08	0.16	0.06	163	103.2	0.04	0.04	
		6M	14.0	18.62	7.26	164.60	0.17	70	0.29	0.26	0.02	78	105.6	0.04	0.04	
		6F	27.0	18.12	7.06	166.30	0.16	70	0.35	0.17	0.01	41	106.2	0.08	0.08	4
7	29.5	7	1.0	23.08	8.55	161.90	7.83	70	0.03	0.14	0.02	346	103.6	0.06	0.06	
		7	5.0	23.02	8.55	161.60	7.46	70	0.03	0.14	0.02	347	103.5	0.04	0.04	
		7	9.0	20.68	7.74	176.50	0.20	80	0.01	0.14	0.00	358	113.1	0.03	0.03	
		7	13.0	18.43	7.29	165.50	0.15	70	0.32	0.23	0.00	191	105.7	0.05	0.06	
		7	17.0	18.38	7.34	165.20	0.19	70	-	-	-	128	105.7	0.06	0.06	
		7	21.0	18.19	7.11	165.10	0.14	70	-	-	-	101	105.8	0.06	0.06	
		7	25.0	18.14	7.02	165.30	0.13	70	-	-	-	88	106.2	0.08	0.08	
		7	29.0	18.09	6.92	166.90	0.12	70	0.40	0.28	0.02	34	106.3	0.07	0.08	-30
8	6.0	8S	0.5	23.09	8.55	161.80	8.05	70	0.06	0.11	0.02	340	103.5	0.04	0.04	
		8F	5.5	23.01	8.56	161.50	7.80	70	0.03	0.13	0.02	343	103.3	0.06	0.06	
9	20.0	9S	0.5	23.86	10.30	160.30	8.33	70	0.00	2.50	0.02	162	102.8	0.04	0.04	
		9M	14.0	18.45	9.52	164.00	0.19	70	0.03	0.60	0.01	48	105.1	0.06	0.06	
		9F	19.0	18.19	9.36	165.31	0.17	70				28	105.9	0.05	0.05	-20
10	25.0	10S	0.5	24.02	10.17	160.80	8.56	70	0.01	1.26	0.06	118	102.9	0.05	0.05	
		10M	14.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	
		10F	24.0	18.13	9.04	165.50	0.14	70	0.05	0.44	0.03	20	105.8	0.09	0.09	-36





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
11	26.0	11S	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	
		11M	14.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.03	
		11F	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	0.06	
12	8.0	12S	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	
		12F	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	
13	24.0	13S	0.5	24.14	9.70	160.00	8.77	70	0.01	0.44	0.05	167	102.3	0.03	0.03	
		13M	14.0	18.82	9.00	163.00	0.22	70	0.04	0.29	0.02	95	104.7	0.04	0.04	
		13F	23.0	18.12	8.46	165.30	0.16	70	0.02	0.27	0.03	23	106.0	0.08	0.08	-11
14	20.0	14S	0.5	23.93	9.69	159.50	8.65	70	0.01	0.60	0.08	122	102.7	0.05	0.05	
		14M	14.0	18.70	8.69	163.30	0.17	70	0.15	0.25	0.04	50	104.1	0.03	0.03	
		14F	19.0	18.21	8.63	167.40	0.18	70	0.04	0.27	0.03	5	105.5	0.06	0.06	
		14F*	19.0	18.21	8.21	168.2	0.17	70	0.04	0.26	0.03	4	105.5	0.06	0.06	-54
15	19.0	15S	0.5	23.40	9.71	160.00	8.50	70	0.01	0.54	0.03	148	102.4	0.04	0.04	
		15M	14.0	18.35	8.76	164.20	0.19	70	0.10	0.32	0.02	26	104.9	0.05	0.05	
		15F	18.0	18.18	8.63	164.80	0.18	70	0.04	0.20	0.02	37	105.1	0.06	0.06	-24
16	9.0	16S	0.5	23.86	9.71	160.70	8.88	70	0.00	0.61	0.01	174	102.6	0.04	0.04	
		16F	9.0	19.30	8.86	167.70	0.19	70	0.27	0.19	0.03	50	107.3	0.15		-52
17	1.0	17S	0.5	26.00	9.61	153.30	12.07	70	0.00	0.51	0.01	263	98.8	0.06	0.06	-79
18	1.0	18S	0.5	24.18	9.69	160.90	8.45	70	0.01	0.45	0.01	264	102.8	0.06	0.06	
19	2.5	19S	0.5	25.41	9.69	160.10	8.85	70	0.00	0.53	0.01	248	102.7	0.04	0.04	
		19F	2.5	23.91	9.60	147.00	8.55	70	0.00	0.36	0.01	256	93.2	0.05	0.05	240
20	16.0	20S	0.5	24.04	10.42	159.30	8.65	70	0.00	1.80	0.01	255	102.1	0.03	0.03	
		20F	15.0	18.42	9.58	165.10	0.22	70	0.03	0.73	0.01	95	105.7	0.05	0.05	-27
21	19.5	21S	0.5	24.40	9.65	160.00	8.87	70	0.01	0.49	0.12	81	102.7	0.03	0.03	
		21M	14.0	18.57	8.47	163.90	0.15	70	0.18	0.31	0.02	13	104.7	0.04	0.04	
		21F	19.0	18.24	8.29	166.60	0.13	70	0.08	0.30	0.03	-1	106.6	0.10	0.11	-62
22	5.0	22S	0.5	25.85	9.23	160.60	8.82	70	0.00	0.31	0.01	173	102.6	0.03	0.03	
		22F	5.0	24.96	9.50	158.40	8.61	70	0.00	0.41	0.01	193	101.6	0.04	0.04	
		22F*	5.0	24.85	9.41	158.40	8.78	70	0.00	0.41	0.01	188	102.6	0.04	0.04	220
23	4.0	23S	0.5	25.52	8.84	158.20	8.68	70	0.00	0.40	0.00	252	100.4	0.03	0.03	
		23F	3.5	21.32	8.40	117.80	8.00	50	0.00	0.12	0.01	231	79.3	0.06	0.06	-82

\*Duplicados

- Sin datos por falle del equipo

**Tabla 36.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 29 (Jul 20-21, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
1	19.0	1S	0.5	23.48	9.29	164.10	7.56	70	4.46	0.36	89	105.7	0.06	0.06	
		1M	14.0	19.11	7.21	174.80	0.22	80	23.75	0.40	-194	112.0	0.12	0.13	
		1F	18.5	19.75	7.09	175.10	0.16	80	17.60	0.32	-223	111.7	0.06	0.06	-210
2	12.5	2S	0.50	24.00	9.25	164.30	8.40	70	3.45	0.49	11	105.2	0.05	0.05	
		2F	12.0	22.38	8.64	168.20	3.63	70	4.44	0.34	-26	107.5	0.08	0.07	-110
		2F*	12.0	22.38	8.64	168.20	3.63	70	4.44	0.34	-26	107.5	0.08	0.08	
3	4.0	3S	0.5	24.84	9.23	165.40	8.53	70	3.46	0.48	5	105.9	0.03	0.03	-20
4	4.5	4S	0.5	24.04	9.29	165.30	7.62	70	4.57	0.39	-15	106.0	0.05	0.05	
		4F	4.0	24.06	9.22	165.30	7.58	70	4.68	0.48	-33	105.9	0.04	0.04	-158
5	20.0	5S	0.5	24.25	9.38	164.40	7.69	70	7.32	0.39	-35	105.2	0.16	0.16	
		5M	14.0	19.75	7.38	176.80	0.20	80	40.01	0.27	-196	112.7	0.11	0.11	
		5F	19.5	18.95	7.24	173.80	0.19	80	15.96	0.43	-213	111.7	0.10	0.10	-227
6	29.0	6S	0.5	23.86	9.40	164.10	7.77	70	6.72	0.37	-25	105.0	0.04	0.04	
		6M	14.0	19.45	7.30	174.90	0.21	80	32.38	0.32	-201	112.3	0.11	0.11	
		6F	28.5	18.46	7.11	173.60	0.19	80	11.97	0.40	-209	111.2	0.22	0.21	-217
7	31.0	7	0.5	23.52	9.42	164.00	7.56	70	7.13	0.35	48	105.1	0.06	0.06	
		7	4.0	23.33	9.4	163.90	7.25	70	6.32	0.35	-18	104.9	0.09	0.09	
		7	8.0	22.58	8.96	164.80	3.20	70	7.04	0.22	-46	105.5	0.11	0.11	
		7	14.0	19.01	7.26	174.20	0.21	80	28.02	0.36	-206	111.4	0.06	0.06	
		7	16.0	18.70	7.23	174.10	0.13	80	21.36	0.26	-250	111.4	0.10	0.10	
		7	20.0	18.55	7.18	173.80	0.13	80	11.16	0.20	-246	111.3	0.07	0.07	
		7	24.0	18.48	7.16	173.30	0.14	80	11.28	0.29	-238	111.2	0.16	0.16	
		7	28.0	18.47	7.15	173.30	0.17	80	13.12	0.24	-224	111.3	0.09	0.09	
		7	30.5	18.42	7.11	174.40	0.18	80	12.33	1.22	-209	111.6	0.17	0.17	-230



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua  
Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	Eh (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
8	12.0	8S	0.5	23.24	9.36	162.70	7.65	70	6.85	0.35	245	104.4	<0.05	0.05	
		8F	11.5	19.49	7.27	175.00	0.26	80	24.39	0.30	-162	112.2	0.08	0.08	-202
9	18.0	9S	0.5	23.68	9.40	163.60	7.82	70	6.50	0.38	-54	104.9	0.07	0.07	
		9M	14.0	19.34	7.27	175.20	0.18	80	38.76	0.37	-218	112.3	0.03	0.03	
		9F	17.5	18.65	7.14	173.80	0.15	80	12.23	0.36	-235	111.4	0.07	0.07	-205
		9F*	17.5	18.65	7.14	173.80	0.15	80	12.23	0.36	-235	111.4	0.06	0.06	
10	27.0	10S	0.5	23.93	9.36	163.40	7.65	70	6.18	0.38	-37	104.4	0.05	0.05	
		10M	14.0	19.07	7.24	175.20	0.18	80	38.20	0.39	-220	111.6	0.05	0.05	
		10F	26.5	18.45	7.06	174.30	0.17	80	21.74	0.76	-215	111.2	0.10	0.11	-235
11	28.0	11S	0.5	23.89	9.26	163.00	7.60	70	7.93	0.42	-68	104.2	0.17	0.17	
		11M	14.0	19.14	7.23	176.60	0.15	80	47.60	0.38	-226	112.8	0.03	0.05	
		11F	27.5	18.46	6.98	174.70	0.13	80	15.84	0.35	-234	111.9	0.17	0.17	-200
12	9.0	12S	0.5	24.05	9.32	163.50	7.70	70	6.00	0.41	-36	104.9	0.06	0.06	
		12F	7.0	22.62	8.71	164.60	2.57	70	3.69	0.28	-52	105.4	0.08	0.08	-90
13	24.0	13S	0.5	23.88	9.38	162.50	7.64	70	8.60	0.42	-60	104.0	0.07	0.07	
		13M	14.0	19.32	7.26	175.80	0.18	80	30.72	0.34	-224	112.6	0.09	0.09	
		13F	23.5	18.47	7.06	174.30	0.14	80	22.87	0.46	-216	111.3	0.07	0.07	-197
14	21.0	14S	0.5	23.72	9.36	162.20	7.53	70	6.08	0.39	-35	104.2	0.05	0.05	
		14M	14.0	19.10	7.24	175.20	0.18	80	28.54	0.34	-228	112.2	0.05	0.05	
		14F	20.5	18.57	7.06	173.70	0.15	80	11.53	0.38	-235	111.2	0.07	0.07	-220
		14F*	20.5	18.57	7.06	173.70	0.15	80	11.53	0.38	-235	111.2	0.06	0.06	
15	19.0	15S	0.5	23.78	9.39	162.10	7.63	70	7.71	0.41	-68	103.7	<0.05	0.06	
		15M	14.0	18.80	7.15	173.50	0.15	80	38.84	0.15	-233	111.4	0.05	0.05	
		15F	18.5	18.52	7.07	174.10	0.13	80	15.50	0.52	-251	111.1	0.09	0.09	-230



**MTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-22



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
16	10.0	16S	0.5	23.10	9.31	161.90	7.24	70	7.08	0.34	-20	103.3	0.07	0.08	
		16F	9.5	21.44	7.85	169.80	0.17	80	4.29	0.20	-80	108.4	0.08	0.08	-186
		16F*	9.5	21.44	7.85	169.80	0.17	80	4.29	0.20	-80	108.4	0.09	0.09	
17	1.0	17S	0.5	17.57	7.49	126.40	7.66	50	1.24	0.11	22	81.0	0.10	0.10	-64
18	1.0	18S	0.5	23.30	9.31	161.80	7.58	70	5.80	0.35	6	103.7	0.05	0.05	9
19	2.5	19S	0.5	23.32	9.17	159.90	7.24	70	3.53	0.38	18	101.9	0.15	0.15	12
20	17.0	20S	0.5	23.63	9.23	161.60	7.44	70	4.05	0.39	25	103.5	0.16	0.16	
		20M	14.0	18.93	7.14	175.10	0.16	80	30.75	0.52	-191	111.9	0.13	0.13	
		20F	16.5	18.67	7.05	174.80	0.14	80	12.54	0.34	-210	112.0	0.12	0.12	-200
21	20.0	21S	0.5	23.85	9.26	160.90	7.86	70	4.09	0.41	11	103.4	0.07	0.07	
		21M	14.0	19.06	7.15	176.20	0.15	80	46.82	0.53	-210	113.3	0.07	0.07	
		21F	19.5	18.77	7.04	177.30	0.13	80	20.86	1.05	-200	114.2	0.08	0.08	-170
		21F*	19.5	18.77	7.04	177.30	0.13	80	20.86	1.05	-200	114.2	0.09	0.09	
22	3.0	22S	0.5	24.02	9.26	161.90	7.35	70	5.32	0.36	-31	103.7	0.05	0.05	-20
23	3.0	23S	0.5	19.23	8.50	108.50	7.69	50	1.64	0.19	21	62.9	0.07	0.07	-16

\* Duplicados

**Tabla 37.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 34 (Ago 24-25, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh Agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
1	21.0	1S	0.5	23.56	9.33	158.00	0.24	70	11.50	0.81	0.23	-91	100.7	0.02	0.05	
		1M	14.0	20.23	7.41	169.40	0.16	80	8.05	0.72	0.18	-145	108.5	0.04	0.06	
		1F	21.0	19.02	6.57	335.60	0.13	170	21.23	1.61	0.27	-228	218	0.25	0.14	-229
2	14.0	2S	0.50	23.26	9.11	156.70	7.59	70	6.14	0.81	0.12	80	100.6	0.02	0.05	
		2F	14.0	21.23	8.07	161.20	3.41	70	8.40	0.40	0.72	-7	103.5	0.06	0.11	-108
3	2.0	3S	0.5	18.01	7.65	159.10	7.24	70	3.99	0.47	1.30	72	102.5	0.03	0.06	62
4	7.5	4S	0.5	23.20	9.31	155.50	7.72	70	9.65	0.63	0.21	14	99.5	0.02	0.06	
		4F	7.5	21.92	8.25	160.40	2.50	70	7.28	0.43	0.49	-1	102.6	0.05	0.09	-92
5	22.0	5S	0.5	23.55	9.25	155.80	0.24	70	8.45	0.86	0.17	-33	99.7	0.07	0.10	
		5M	14.0	19.93	7.37	172.30	0.15	80	28.27	0.74	0.20	-242	110.7	0.09	0.12	
		5F	22.0	18.88	7.10	178.00	0.13	80	30.00	0.96	0.22	-244	113.4	0.05	0.08	-251
6	30.5	6S	0.5	23.52	9.36	157.10	0.24	70	15.30	0.80	0.24	-177	100.4	0.02	0.06	
		6M	14.0	20.58	7.49	167.30	0.17	70	9.90	0.63	0.19	-166	106.6	0.04	0.05	
		6F	30.5	18.92	7.06	176.40	0.13	80	30.96	1.88	0.47	-235	112.3	0.14	0.15	-235
7	32.0	7	0.5	23.04	7.63	163.10	6.60	70	6.65	0.74	0.13	155	100.0	0.01	0.05	
		7	4.0	22.9	7.22	175.20	0.5	70	8.04	0.62	0.15	157	99.0	0.02	0.07	
		7	8.0	22.76	7.06	177.00	0.22	70	8.20	0.61	0.16	165	99.9	0.01	0.06	
		7	14.0	21.08	9.18	155.80	0.18	70	4.58	0.38	0.24	202	105.0	0.02	0.07	
		7	16.0	19.50	9.27	155.70	0.14	80	14.40	0.66	0.22	-167	112.1	0.03	0.06	
		7	20.0	18.93	9.26	155.50	0.13	80	27.25	1.09	0.28	-180	113.2	0.04	0.07	
		7	24.0	18.85	7.03	177.60	0.13	80	14.20	0.89	0.22	-186	113.4	0.04	0.07	
		7	28.0	18.71	6.98	178.10	0.13	80	15.20	1.06	0.24	-190	114.2	0.05	0.08	
		7	32.0	18.68	6.96	179.20	0.13	80	15.75	1.23	0.24	-193	114.7	0.08	0.10	-203
8	8.0	8S	0.5	22.77	9.14	156.50	7.41	70	7.99	0.76	0.13	181	100.0	0.01	0.06	
		8F	8.0	22.72	9.25	156.00	7.01	70	8.78	0.62	0.15	179	99.0	0.02	0.07	-181



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
9	22.5	9S	0.5	23.25	9.29	155.00	8.50	70	6.45	0.80	0.17	-22	99.1	0.02	0.07	
		9M	14.0	19.71	7.94	174.50	0.24	80	35.94	0.72	0.17	-216	106.0	0.04	0.07	
		9F	22.5	19.04	7.08	178.50	0.14	80	22.50	1.00	0.20	-238	114.2	0.09	0.13	-222
		9F*	22.4	19.06	7.09	177.98	0.15	80	22.48	0.98	0.21	-235	111.4	0.08	0.11	-223
10	28.0	10S	0.5	23.38	9.23	155.00	0.23	70	7.97	0.88	0.18	-62	99.4	0.02	0.07	
		10M	14.0	20.24	7.41	172.50	0.16	80	36.60	0.66	0.19	-273	110.2	0.02	0.07	
		10F	28.0	18.70	7.02	178.50	0.13	80	27.12	1.80	0.18	-252	114.5	0.06	0.09	-236
11	29.5	11S	0.5	23.52	9.37	151.60	0.24	70	15.95	0.77	0.27	-103	98.6	0.02	0.05	
		11M	14.0	20.34	7.47	169.80	0.16	80	25.00	0.67	0.19	-266	108.7	0.02	0.06	
		11F	29.5	18.74	7.01	178.60	0.13	80	45.92	1.43	0.39	-259	114.3	0.05	0.07	-264
		11F*	29.5	18.75	7.05	178.67	0.13	80	45.91	1.44	0.40	-260	114.5	0.05	0.08	-263
12	9.0	12S	0.5	23.25	9.32	154.80	7.83	70	12.29	0.73	0.22	-20	99.0	0.02	0.05	
		12F	9.0	20.99	7.66	149.10	0.46	60	9.93	0.47	0.31	-115	95.1	0.01	0.06	-165
13	25.5	13S	0.5	23.59	9.39	154.80	8.38	70	14.08	0.76	0.20	-65	99.1	0.02	0.05	
		13M	14.0	20.50	7.52	167.30	0.20	70	28.00	0.60	0.17	-252	107.3	0.09	0.07	
		13F	25.5	18.74	7.00	179.30	0.20	80	55.45	1.07	0.37	-245	114.6	0.06	0.08	-253
14	22.0	14S	0.5	23.50	9.30	154.90	8.26	70	8.10	0.81	0.15	-45	99.4	0.02	0.06	
		14M	14.0	20.14	7.43	172.60	0.22	80	31.98	0.61	0.16	-260	110.6	0.03	0.06	
		14F	22.0	19.09	7.08	176.70	0.21	80	29.13	1.10	0.19	-260	113.6	0.06	0.09	-263
		14F*	22.2	19.10	7.06	176.70	0.22	80	29.15	1.09	0.17	-259	113.4	0.06	0.09	-264
15	21.0	15S	0.5	23.20	9.40	155.60	8.24	70	14.18	0.80	0.20	-96	99.7	0.02	0.06	
		15M	14.0	20.03	7.30	173.30	0.16	80	27.52	0.86	0.15	-269	110.1	0.02	0.05	
		15F	21.0	18.88	7.05	178.00	0.19	80	52.30	1.51	0.25	-264	114.3	0.04	0.07	-266
16	10.0	16S	0.5	23.19	9.40	156.00	8.21	70	10.86	0.75	0.27	-72	99.9	0.03	0.06	
		16F	9.5	21.21	7.91	147.00	2.00	60	4.81	0.45	0.27	-84	94.9	0.02	0.05	-113
17	1.0	17S	1.0	18.58	7.54	74.30	7.12	20	1.30	0.31	0.26	-16	44.7	0.01	0.06	-18
18	0.6	18S	0.6	23.28	9.33	155.80	8.37	70	7.05	0.83	0.18	-32	100.0	0.02	0.05	-40



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
19	4.0	19S	0.5	23.12	9.35	153.50	7.94	70	9.79	0.66	0.23	22	98.6	0.01	0.04	
		19F	4.0	19.00	8.65	108.50	7.83	40	3.51	0.38	0.53	46	63.3	0.02	0.05	32
20	19.0	20S	0.5	23.33	9.24	154.00	7.92	70	7.09	0.76	0.18	33	98.8	0.01	0.05	
		20M	14.0	20.12	7.47	171.00	0.19	80	55.14	0.60	0.25	-193	109.2	0.02	0.05	
		20F	19.0	19.00	7.09	177.90	0.18	80	26.70	1.48	0.27	-206	114.2	0.04	0.10	-210
		20F*	19.0	19.10	7.08	177.89	0.18	80	26.68	1.46	0.26	-206	114.3	0.04	0.11	-211
21	22.0	21S	0.5	23.51	9.35	153.90	8.11	70	11.25	0.74	0.37	-171	98.8	0.01	0.06	
		21M	14.0	20.24	7.49	166.60	0.14	70	31.40	0.64	0.34	-238	107.1	0.02	0.06	
		21F	22.0	18.88	6.98	181.60	0.14	80	29.87	1.90	0.46	-249	116.2	0.04	0.08	-237
22	4.0	22S	0.5	23.64	9.33	153.70	8.22	70	11.04	0.76	0.36	-52	98.9	0.02	0.06	
		22F	4.0	21.67	8.93	129.40	7.71	50	7.21	0.52	0.78	-59	84.5	0.02	0.06	-172
		22F*	4.0	21.69	8.94	129.37	7.71	50	7.22	0.53	0.79	-60	85.2	0.02	0.07	-172
23	3.0	23S	0.5	23.29	9.30	154.90	8.12	70	8.64	0.74	0.31	-28	98.7	0.02	0.05	
		23F	4.0	19.60	8.71	115.00	7.86	50	4.92	0.42	0.88	-20	65.1	0.03	0.07	-35
		23F*	4.0	19.57	8.68	115.09	7.85	50	4.93	0.44	0.88	-20	65.2	0.03	0.07	-35

\* Duplicados



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-26



**Tabla 38.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 39 (Sep 30–Oct 01, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
1	24.0	1S	0.5	23.03	9.28	8.1	150.8	0.23	70	22.14	1.62	1.05	50	97.0	0.02	0.03	
		1M	14.0	20.73	7.81	6.3	153.7	0.17	70	22.38	1.48	1.05	-55	98.3	0.03	0.03	
		1F	24.0	19.12	7.32	9.1	177.9	0.14	80	78.50	0.54	1.06	-140	113.8	0.07	0.07	-125
2	15.0	2S	0.50	23.25	9.15	9.0	150.9	0.23	70	15.60	1.22	1.05	44	96.5	0.02	0.03	
		2F	15.0	20.67	7.90	9.0	151.5	0.17	70	12.70	1.36	1.05	65	96.8	0.03	0.04	59
3	4.5	3s	0.5	23.76	9.26	9.0	152.5	0.24	70	21.52	1.51	1.05	15	97.5	0.02	0.03	
		3F	4.5	19.95	8.14	20.1	154.5	0.16	70	13.81	1.20	1.05	22	99.0	0.10	0.10	13
4	10.0	4S	0.5	23.51	9.28	9.3	151.1	0.24	70	40.03	1.54	1.05	-37	96.7	0.02	0.03	
		4F	10.0	22.8	8.55	19.4	155.9	0.22	70	78.1	0.71	1.05	-220	98.9	0.02	0.03	-198
5	23.0	5S	0.5	22.75	9.22	9.6	150.6	0.22	60	23.17	17.80		-60	96.0	0.02	0.03	
		5M	14.0	20.46	7.62	4.1	155.9	0.17	70	16.15	25.40		-122	99.6	0.02	0.03	
		5F	23.0	19.06	7.07	4.1	178.0	0.14	80	69.04	71.33	0.00	-222	114.1	0.07	0.07	-204
6	33.0	6S	0.5	22.38	9.04	5.6	148.4	6.86	60	10.31	24.87	0.00	235	95.0	0.02	0.04	
		6M	14.0	20.43	7.72	5.5	156.9	0.19	70	10.73	19.52		144	100.7	0.02	0.03	
		6F	33.0	19.42	7.08	91.0	178.4	0.14	80	34.52	37.91		-178	114.2	0.07	0.07	-178
7	36.0	7	0.5	22.09	9.17	8.1	150.0	0.20	60	4.26	1.55	1.05	-25	95.7	0.02	0.03	
		7	4.0	22.07	9.1	8.4	150.0	0.2	60	4.17	1.36	1.05	-31	95.7	0.12	0.04	
		7	8.0	22.06	9.05	7.1	150.0	0.20	60	5.63	1.09	1.05	-40	96.0	0.02	0.03	
		7	12.0	21.98	9.11	7.1	149.5	0.20	60	16.90	1.36	1.05	-83	95.6	0.02	0.03	
		7	16.0	19.98	7.38	5.4	165.7	0.16	70	29.57	0.79	1.05	-180	105.9	0.03	0.03	
		7	20.0	19.45	7.20	3.8	173.5	0.10	80	32.50	0.63	1.05	-179	111.1	0.06	0.05	
		7	24.0	19.33	7.22	3.2	175.1	0.13	80	34.94	0.53	1.05	-175	111.6	0.06	0.06	
		7	28.0	19.17	7.22	3.1	176.9	0.14	80	51.35	0.43	1.05	-171	113.5	0.07	0.08	
		7	32.0	19.03	7.15	12.9	178.9	0.14	80	48.50	0.38	1.05	-162	113.8	0.08	0.08	
		7F	36.0	19.02	6.80	2.1	180.4	0.13	90	56.90	0.39	1.06	-158	123.2	0.09	0.10	-154



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
8	11.0	8S	0.5	22.05	8.98	7.4	150.7	6.80	60	9.69	26.24		271	96.2	0.02	0.03	
		8F	11.0	22.04	9.26	8.2	150.8	6.54	70	17.45	15.26		240	96.2	0.03	0.03	242
9	25.0	9S	0.5	22.55	9.12	7.8	149.6	0.22	60	15.82	1.08	1.05	-33	95.5	0.02	0.03	
		9M	14.0	20.10	7.57	5.4	162.7	0.16	70	35.10	0.79	1.05	-147	103.9	0.03	0.04	
		9F	25.0	19.14	7.16	4.2	177.5	0.14	80	60.55	0.54	1.06	-185	113.6	0.07	0.07	
10	29	10S	0.5	22.84	9.26	4.0	149.9	0.22	60	35.06	1.40	1.05	-69	96.0	0.03	0.04	
		10M	14.0	20.21	7.44	3.7	161.9	0.16	70	68.30	0.63	1.05	-204	103.6	0.04	0.04	
		10F	29	19.11	7.16	3.2	177.6	0.14	80	70.50	0.39	1.06	-219	113.3	0.10	0.10	-194
11	31.5	11S	0.5	22.84	9.23	8.5	149.8	0.22	60	16.54	1.41	1.05	-24	95.4	0.02	0.05	
		11M	14.0	20.11	7.45	4.9	160.2	0.16	70	58.00	0.75	1.05	-167	103.1	0.02	0.04	
		11F	31.5	19.06	7.11	3.7	178.7	0.14	80		0.46	1.06	-201	114.5	0.07	0.07	-191
12	12.0	12S	0.5	22.82	9.20	6.8	148.6	0.22	60	16.81	17.80	1.05	-31	95.5	0.02	0.03	
		12S*	0.5	22.83	9.21	6.7	148.4	0.23	60	16.80	17.81	1.06	-32	94.9	0.02	0.03	
		12F	12.0	20.64	7.63	4.9	139.2	0.17	60	7.33	0.98	1.05	-34	89.3	0.03	0.03	-46
13	28.5	13S	0.5	22.31	9.24	7.9	148.5	0.21	60	5.30	1.46	1.05	148.4	95.3	0.02	0.03	
		13M	14.0	20.24	7.61	5.8	155.1	0.16	70	24.10	0.69	1.05	-158	99.3	0.07	0.04	
		13F	28.5	19.15	6.83	2.1	178.0	0.14	80	25.00	0.47	1.07	-173	113.5	0.04	0.07	-171
14	24.0	14S	0.5	22.07	9.14	6.6	142.2	0.20	60	29.34	1.17	1.05	-65	95.2	0.03	0.05	
		14M	14.0	20.66	7.80	2.9	147.6	0.17	60	31.50	1.16	1.05	-53	94.5	0.04	0.05	
		14F	24.0	19.20	7.24	3.9	176.3	0.14	80	20.40	0.49	1.06	-179	113.0	0.08	0.08	-165
		14F*	24.0	19.19	7.23	3.9	175.3	0.14	80	20.42	0.50	1.06	-180	113.4	0.08	0.08	
15	23.0	15S	0.5	22.59	9.20	8.1	149.5	0.21	60	27.42	1.41	1.05	-71	95.5	0.02	0.04	
		15M	14.0	20.34	7.50	3.6	160.8	0.16	70	38.50	0.66	1.05	-177	99.99	0.03	0.03	
		15F	23.0	19.53	7.23	4.9	172.1	0.15	80	58.20	0.64	1.06	-180	110.6	0.05	0.05	-175
16	15.0	16S	0.5	22.65	9.17	7.8	149.4	0.22	60	16.00	1.18	1.05	-37	95.4	0.02	0.03	
		16F	15.0	20.97	7.63	5.5	144.1	0.18	60	16.16	1.00	1.05	-69	92.5	0.02	0.03	-105



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimento (mV)
17	1.5	17S	1.5	22.93	8.97	7.6	146.6	0.22	60	13.80	1.16	1.05	-19	94.1	0.02	0.03	18
18	3.5	18S	0.5	22.73	9.16	6.0	149.8	0.21	60	16.00	1.36	1.05	-6	95.6	0.02	0.03	
		18F	3.5	22.53	9.00	5.9	149.6	0.21	60	11.47	1.02	1.05	-2	95.5	0.02	0.03	-7
19	3.4	19S	0.5	23.03	9.20	8.3	147.5	0.22	60	13.86	1.42	1.05	7	94.7	0.07	0.03	
		19F	3.4	19.70	8.78	10.5	117.1	0.16	50	8.55	1.29	1.04	15	71.0	0.02	0.04	11
		19F*	3.4	19.71	8.77	10.4	117.2	0.16	50	8.54	1.29	1.04	15	71.2	0.02	0.04	
20	21.0	20S	0.5	22.26	9.17	7.3	149.2	0.21	60	26.50	1.31	1.05	-49	95.3	0.03	0.05	
		20M	14.0	20.49	7.72	4.4	152.9	0.17	70	16.68	0.99	1.05	-116	98.0	0.06	0.07	
		20F	21.0	19.41	7.2	8.4	172.2	0.14	80	19.80	0.47	1.05	-181	11.9	0.06	0.07	-155
21	24.0	21S	0.5	22.60	9.21	6.4	148.6	0.22	60	5.76	2.33	1.05	-60	95.1	0.03	0.04	
		21M	14.0	20.54	7.95	4.4	137.8	0.17	60	18.37	1.73	1.05	-60	87.9	0.04	0.04	
		21F	24.0	20.00	8.24	8.5	129.6	0.16	50	25.20	1.78	1.05	-133	82.9	0.04	0.04	-135
22	5.5	22S	0.5	23.80	9.20	9.0	148.9	0.25	60	17.04	1.69	1.05	57	95.1	0.02	0.04	
		22F	5.5	21.80	8.98	10.8	132.3	0.20	60	12.11	1.81	1.05	58	80.8	0.03	0.04	55
		22F*	5.5	21.81	8.99	10.7	132.3	0.20	60	12.11	1.81	1.05	57	80.7	0.03	0.04	
23	4.5	23S	0.5	23.38	9.16	8.1	148.1	0.23	60	18.26	1.60	1.05	18	95.5	0.02	0.03	
		23F	4.5	19.48	8.53	10.2	102.1	0.14	40	11.20	1.56	1.04	-5	64.5	0.06	0.06	-80

\* Duplicados

**Tabla 39.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 45 (Nov 10-11, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimentos (mV)
1	21.5	1S	0.5	20.58	7.79	2.8	153.10	4.60	70	5.40	20.50	5.88	245	98.5	0.04	0.05	
		1M	14.0	19.94	7.92	3.7	153.60	3.46	70	10.83	11.68	12.18	234	98.2	0.02	0.05	
		1F	21.0	19.92	6.87	40.5	156.40	0.25	80	9.14	14.5	12.2	-90	99.7	0.05	0.05	-91
2	15.5	2S	0.50	20.27	7.98	2.2	154.10	4.74	70	16.15	12.17	10.55	10	98.6	0.02	0.04	
		2F	15.0	19.82	7.56	4.0	156.40	1.95	70	14.92	16.22	11.95	-28	99.9	0.02	0.04	-105
3	2.0	3S	1.0	20.90	8.38	3.8	154.50	6.84	70	14.50	16.67	19.20	37	98.9	0.02	0.04	
		3S'	1.0	20.89	8.39	3.8	154.50	6.85	70	14.52	16.67	19.19	37	98.9	0.03	0.05	61
4	10.5	4S	0.5	20.57	7.83	2.1	154.90	4.97	70	12.34	11.44	9.92	25	99.4	0.05	0.05	
		4F	10.0	20.28	7.69	2.6	155.60	2.25	70	12.92	11.53	7.84	-10	99.5	0.03	0.05	-70
5	24.0	5S	0.5	20.33	7.79	3.9	154.50	2.40	70	11.50	16.35	40.10	12	98.9	0.02	0.06	
		5M	14.0	19.85	7.56	4.4	154.60	0.69	70	9.80	20.27	7.16	-37	98.9	0.02	0.04	
		5F	23.5	19.79	7.12	39.1	163.50	0.15	70	20.40	25.09	11.10	-132	104.9	0.03	0.04	-109
6	32.5	6S	0.5	20.32	7.65	4.0	154.20	2.20	70	7.15	24.80	8.35	49	98.9	0.02	0.05	
		6M	14.0	19.83	7.63	5.0	154.20	1.40	70	8.96	19.80	11.90	54	98.9	0.03	0.05	
		6F	33.0	19.63	6.90	4.6	162.00	0.15	70	12.25	22.60	11.70	-149	104.3	0.03	0.05	-128
7	36.0	7	0.5	19.80	7.72	1.6	154.20	2.56	70	9.44	13.61	9.06	78	98.5	0.02	0.04	
		7	4.0	19.73	7.65	2.1	154.10	1.24	70	6.87	17.64	7.74	75	98.6	0.02	0.05	
		7	8.0	19.71	7.55	2.1	154.10	1.21	70	5.62	18.70	6.27	74	98.4	0.02	0.04	
		7	12.0	19.71	7.67	2.5	154.20	1.24	70	9.20	15.07	6.56	55	98.8	0.02	0.03	
		7	16.0	19.72	7.55	2.8	154.00	1.21	70	19.10	12.75	8.30	62	98.7	0.02	0.04	
		7	20.0	19.71	7.54	1.6	154.20	1.20	70	12.13	13.68	7.80	50	98.6	0.02	0.04	
		7	24.0	19.71	7.55	1.9	154.10	1.21	70	9.48	13.84	8.10	38	98.4	0.02	0.05	
		7	28.0	19.71	7.58	1.6	153.60	1.21	70	9.43	13.90	8.10	22	98.5	0.02	0.04	
		7F	35.5	19.70	7.63	1.0	154.60	1.17	70	22.96	15.25	8.40	-58	98.6	0.03	0.06	-157



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimentos (mV)
8	11.0	8S	0.5	19.76	7.55	1.5	153.60	2.74	70	6.76	15.31	5.80	66	98.1	0.02	0.03	
		8F	10.5	19.62	7.66	1.6	153.40	0.77	70	8.03	15.35	5.83	35	98.2	0.02	0.04	12
9	24.5	9S	0.5	19.80	7.64	1.1	152.80	3.52	70	7.16	13.17	6.85	68	97.7	0.02	0.02	
		9M	14.0	19.64	7.78	2.1	152.30	2.47	70	9.73	11.86	7.15	76	98.1	0.02	0.04	
		9F	25.0	19.61	7.72	1.1	152.40	1.34	70	10.25	15.77	11.10	-50	97.8	0.02	0.03	-80
10	29.5	10S	0.5	19.97	7.82	0.7	153.00	3.27	70	11.33	12.48	9.52	-20	98.5	0.02	0.03	
		10M	14.0	19.74	7.71	2.1	153.20	1.24	70	8.23	12.74	6.26	-40	97.9	0.02	0.04	
		10F	30.0	19.73	6.98	5.3	194.10	0.12	100	11.67	15.90	6.80	-140	135.8	0.02	0.06	-125
11	31.5	11S	0.5	20.40	7.82	3.3	154.90	2.38	70	11.02	13.56	10.15	-45	99.0	0.02	0.04	
		11M	14.0	19.86	7.62	3.5	153.50	0.82	70	11.80	17.30	8.10	-78	98.6	0.02	0.05	
		11F	31.5	19.73	7.57	5.4	165.40	0.13	70	17.70	25.05	12.80	-169	106.6	0.05	0.06	-150
12	14.5	12S	0.5	20.50	7.60	2.1	154.30	2.50	70	8.50	15.73	7.40	10	98.6	0.02	0.04	
		12F	14.0	19.93	7.52	3.4	170.50	0.13	90	11.50	25.30	20.74	-140	155.0	0.02	0.04	-125
13	27.5	13S	0.5	20.28	7.68	1.0	153.30	2.40	70	14.10	12.97	8.65	62	97.6	0.02	0.04	
		13M	14.0	19.88	7.61	1.9	153.10	1.22	70	11.09	21.59	12.35	63	97.9	0.02	0.05	
		13F	28.0	19.70	7.50	4.4	152.60	0.15	70	13.60	20.22	15.40	-55	97.3	0.02	0.05	-98
14	24.5	14S	0.5	20.05	7.86	3.1	152.10	2.71	70	11.98	13.85	10.23	-20	98.1	0.02	0.03	
		14M	14.0	19.81	7.69	2.7	152.80	1.82	70	11.03	18.70	9.58	-30	98.0	0.02	0.04	
		14F	24.0	19.79	7.50	6.0	154.10	0.15	70	17.50	18.93	14.40	-138	98.9	0.06	0.04	-129
15	22.5	15S	0.5	19.88	7.68	1.7	152.40	2.80	70	8.74	13.79	9.21	31	97.5	0.02	0.04	
		15M	14.0	19.76	7.77	1.8	152.50	2.64	70	9.71	14.98	10.75	33	97.30	0.03	0.03	
		15F	23.0	19.56	7.69	3.1	152.50	2.10	70	12.30	17.40	13.04	-72	94.8	0.05	0.04	-123
16	15.0	16S	0.5	20.23	7.91	2.1	152.80	4.26	70	11.13	15.10	12.30	20	97.8	0.02	0.04	
		16F	14.5	19.40	7.75	4.0	151.10	3.03	70	11.09	18.84	10.75	-20	97.1	0.02	0.03	-74
17	1.0	17S	0.5	20.00	8.27	3.1	149.60	7.16	70	11.40	14.89	9.27	-10	95.8	0.04	0.04	-67
18	0.8	18S	0.5	20.64	7.82	7.1	153.00	3.40	70	13.16	18.40	9.58	51	97.6	0.03	0.04	
		18S'	0.5	20.64	7.83	7.1	153.20	3.42	70	13.16	18.38	9.58	51	97.6	0.03	0.03	59



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-31



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (μS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh agua (mV)	SDT (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh sedimentos (mV)
19	4.0	19S	0.5	20.50	7.85	1.0	152.50	3.53	70	10.31	11.38	8.30	60	97.8	0.02	0.03	
		19F	3.5	17.90	7.82	8.1	125.10	5.20	50	6.40	17.71	11.36	61	88.3	0.03	0.03	52
20	21.5	20S	0.5	20.10	7.56	0.9	152.60	3.73	70	8.39	14.89	6.48	30	97.5	0.04	0.03	
		20M	14.0	19.78	7.56	1.7	155.00	0.15	70	8.70	16.20	6.90	-30	99.5	0.05	0.04	
		20F	21.0	19.77	7.9	2.6	250.20	0.14	90	11.90	16.59	8.91	-138	180.2	0.05	0.06	-125
21	23.5	21S	0.5	20.58	7.88	2.1	151.70	4.12	70	11.20	14.56	9.02	-15	97.4	0.03	0.04	
		21M	14.0	19.80	7.59	3.0	150.00	1.84	60	10.26	17.60	7.75	-135	96.3	0.02	0.04	
		21F	23.0	19.33	7.26	8.5	250.20	0.12	110	16.39	12.65	11.50	-145	210.5	0.02	0.04	-135
22	4.5	22S	0.5	20.70	7.80	1.8	152.30	3.32	70	10.00	14.84	9.60	45	97.5	0.02	0.03	
		22F	4.0	20.10	7.65	1.9	150.60	3.37	60	7.00	18.97	10.64	45	95.3	0.02	0.05	37
23	3.5	23S	0.5	20.70	7.82	4.7	150.70	7.44	70	9.92	13.63	11.71	15	96.5	0.02	0.03	
		23F	3.0	15.40	8.00	12.7	108.60	8.11	50	6.99	14.11	20.34	15	73.5	0.03	0.05	-30



IMTA®  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A1-32

**Tabla 40.** Parámetros medidos en agua y sedimentos, semana 50 (Dic 14-15, 2010)

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
1	22.0	1S	0.5	18.76	7.88	0.9	156.20	0.13	70	31.44	0.04	1.53	169	100.0	0.01	0.01	
		1M	14.0	18.63	7.67	0.1	156.90	0.13	70	21.44	0.07	0.87	180	100.2	0.02	0.01	
		1F	22.0	18.51	7.65	1.1	158.20	0.12	70	30.98	0.05	1.64	162	101.5	0.02	0.04	-44
2	14.0	2S	0.50	19.05	7.85	1.4	156.50	6.67	70	49.43	0.05	1.50	37	100.5	0.02	0.01	
		2F	14.0	18.42	7.70	1.5	157.20	3.94	70	28.99	0.07	0.89	114	100.6	0.02	0.02	-130
3	1.5	3s	1.5	15.30	7.64	31.60	189.30	4.41	90	27.68	0.07	3.10	194.00	121.10	0.03	0.06	160
4	8.0	4S	0.5	18.91	7.78	0.5	155.30	5.58	70	28.33	0.04	1.21	131	99.6	0.02	0.03	
		4F	8.0	18.37	7.61	1.7	156.00	4.60	70	21.84	0.07	0.71	139	99.9	0.02	0.03	128
5	23.0	5S	0.5	19.01	7.83	0.5	154.50	2.77	70	33.31	0.03	1.38	102	98.7	0.02	0.01	
		5M	14.0	18.54	7.64	0.2	154.40	2.72	70	27.00	0.06	0.80	81	98.7	0.02	0.02	
		5F	23.0	18.52	7.62	0.6	154.70	3.01	70	75.70	0.05	1.36	64	99.0	0.02	0.05	-77
6	31.0	6S	0.5	18.71	7.83	0.9	153.90	3.27	70	31.74	0.03	1.42	187	98.7	0.02	0.02	
		6M	14.0	18.50	7.64	0.8	153.90	3.44	70	21.40	0.06	0.81	196	98.5	0.02	0.01	
		6F	31.0	18.51	7.66	0.0	153.90	1.82	70	32.53	0.04	1.39	92	98.6	0.02	0.02	-70
7	35.0	7	0.5	18.63	7.66	0.0	153.70	5.15	70	22.87	0.06	0.92	149	98.4	0.02	0.01	
		7	4.0	18.5	7.68	0.2	153.20	6.27	70	22.3	0.05	0.94	184	98.3	0.02	0.01	
		7	8.0	18.49	7.68	0.5	153.30	2.46	70	21.71	0.05	0.90	175	98.1	0.02	0.01	
		7	12.0	18.48	7.66	0.4	153.20	3.18	70	21.55	0.06	0.83	169	98.0	0.02	0.01	
		7	16.0	18.49	7.66	0.9	153.20	2.77	70	70.50	0.05	1.10	177	98.0	0.02	0.04	
		7	20.0	18.48	7.66	0.1	153.40	3.57	70	50.16	0.04	1.16	154	98.3	0.03	0.04	
		7	24.0	18.48	7.66	0.0	153.00	1.22	70	39.05	0.04	1.24	138	98.1	0.02	0.01	
		7	28.0	18.48	7.68	0.0	153.30	0.12	70	33.84	0.04	1.28	110	98.4	0.02	0.05	
		7	32.0	18.48	7.68	0.0	153.70	3.78	70	30.40	0.04	1.30	52	98.3	0.02	0.03	
		7F	35.0	18.47	7.69	0.0	153.40	3.93	70	31.50	0.04	1.31	129	98.3	0.02	0.02	-123



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
8	9.0	8S	0.5	18.50	7.79	31.0	153.80	3.82	70	35.55	0.04	1.18	303	97.6	0.03	0.04	
		8F	9.0	18.36	7.63	0.0	153.00	3.77	70	26.90	0.06	0.64	314	97.0	0.02	0.01	300
9	24.0	9S	0.5	18.52	7.83	1.3	153.30	3.80	70	32.42	0.03	1.24	290	98.0	0.03	0.02	
		9M	14.0	18.46	7.63	1.5	153.30	3.73	70	21.61	0.07	0.68	303	98.4	0.02	0.01	
		9F	24.0	18.40	7.27	5.1	165.80	2.93	70	45.87	0.07	1.15	-33	98.4	0.02	0.02	-26
10	29.0	10S	0.5	18.69	7.81	1.5	153.60	0.13	70	42.60	0.07	1.57	93	98.3	0.02	0.02	
		10M	14.0	18.58	7.61	1.7	153.20	0.13	70	36.56	0.07	0.93	82	98.5	0.02	0.02	
		10F	29.0	18.58	7.26	8.1	160.00	1.59	70	41.10	0.07	1.43	-105	98.5	0.04	0.01	-89
11	30.0	11S	0.5	18.70	7.79	1.6	153.80	0.13	70	35.10	0.04	1.52	129	98.3	0.02	0.02	
		11M	14.0	18.61	7.62	1.6	153.30	0.13	70	27.01	0.06	0.88	117	98.6	0.01	0.02	
		11F	30.0	18.61	7.67	1.6	153.30	0.13	70	51.85	0.05	1.49	75	98.2	0.02	0.03	-52
12	13.0	12S	0.5	18.84	7.81	1.2	153.80	0.13	70	39.85	0.04	2.29	46	98.0	0.04	0.02	
		12F	13.0	18.63	7.61	1.9	153.60	0.13	70	28.33	0.07	1.38	94	98.3	0.01	0.01	-18
13	26.0	13S	0.5	19.03	7.83	1.5	153.40	0.13	70	40.20	0.03	2.20	121	98.1	0.02	0.04	
		13M	14.0	18.62	7.64	1.2	153.40	0.13	70	30.31	0.06	1.22	117	98.3	0.02	0.02	
		13F	26.0	18.61	7.65	1.3	153.20	0.13	70	44.46	2.16	0.04	110	98.0	0.02	0.01	-107
14	24.0	14S	0.5	18.87	7.85	1.5	153.70	0.13	70	76.87	0.03	2.04	8	98.3	0.02	0.02	
		14M	14.0	18.60	7.69	1.5	153.60	0.13	70	33.88	0.06	1.27	48	97.9	0.02	0.02	
		14F	24.0	18.52	7.50	1.5	152.90	0.12	70	33.30	0.05	1.25	-101	98.8	0.10	0.01	-116
15	23.0	15S	0.5	18.86	7.88	1.3	153.30	0.13	70	34.74	0.03	1.87	99	98.3	0.02	0.02	
		15M	14.0	18.56	7.72	1.4	152.90	0.13	70	26.28	0.06	1.19	95	98.10	0.02	0.01	
		15F	23.0	18.49	7.69	0.9	153.00	0.12	70	33.57	0.04	1.75	84	98.3	0.02	0.01	-50
16	15.0	16S	0.5	18.80	7.85	1.2	152.90	0.13	70	34.89	0.04	1.64	70	98.2	0.02	0.03	
		16F	15.0	18.12	7.70	2.1	152.50	0.12	70	23.60	0.07	1.06	90	98.5	0.03	0.03	-65
17	0.5	17S	0.5	18.20	7.95	2.4	150.60	0.12	70	31.04	0.07	1.01	3	95.5	0.02	0.01	-101
		17S*	0.5	18.21	7.97	2.4	150.61	0.12	70	31.10	0.07	1.02	2	95.7	0.02	0.02	-102
18	1.0	18s	1	18.82	7.76	78.8	153.1	0.13	70	24.37	0.08	1	61	97.7	0.05	0.05	57





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

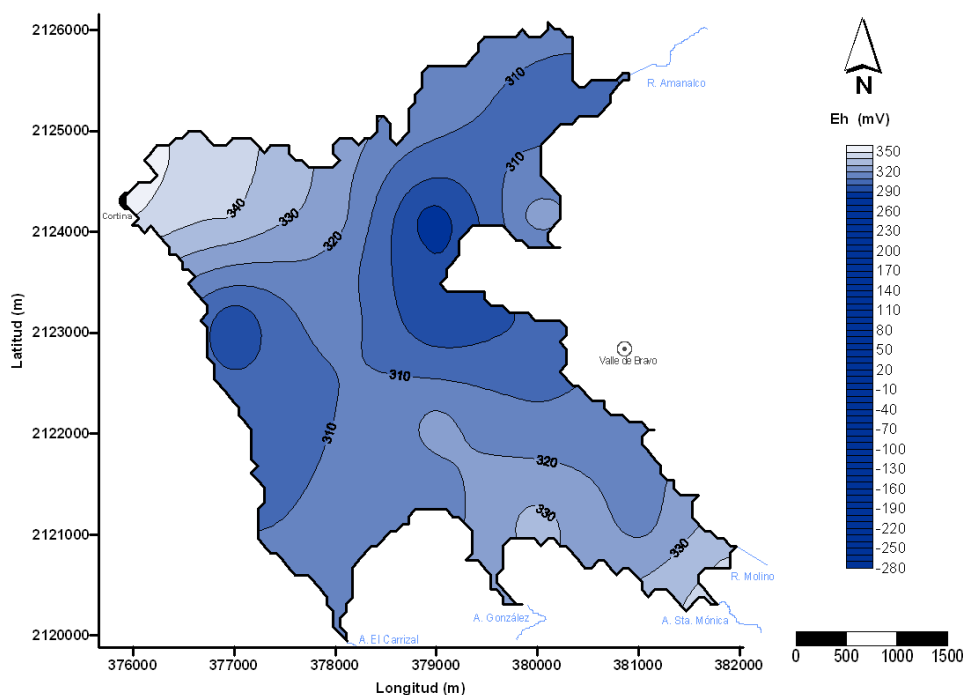
Estación de muestreo	Profundidad de la estación (m)	Muestra	Profundidad de muestreo (m)	T (°C)	pH	Turbiedad (NTU)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Salinidad (mg/L)	Cl (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	Eh en agua (mV)	SDT (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	P <sub>T</sub> (mg/L)	Eh en sedimento (mV)
19	1.5	19S	1.5	18.22	7.73	4	135.3	0.11	60	19.98	0.06	1	102	90.8	0.04	0.01	106
20	21.0	20S	0.5	18.93	7.89	0.9	153.10	0.13	70	31.10	0.04	1.86	126	97.7	0.02	0.01	
		20S*	0.5	18.83	7.92	0.9	152.10	0.13	70	31.34	0.04	1.75	127	97.1	0.02	0.02	
		20M	14.0	18.63	7.71	1.0	153.10	0.13	70	23.91	0.06	1.12	131	97.9	0.09	0.02	
		20F	21.0	18.60	7.7	2.6	152.80	0.13	70	39.22	0.06	1.77	62	97.7	0.02	0.03	-118
21	22.0	21S	0.5	18.87	7.91	0.9	152.30	0.13	70	36.11	0.04	1.58	88	97.3	0.02	0.02	
		21M	14.0	18.63	7.71	1.7	152.20	0.13	70	30.05	0.06	0.99	69	97.3	0.02	0.04	
		21F	22.0	18.40	7.71	2.5	148.70	0.12	60	60.90	0.04	1.49	64	95.0	0.02	0.02	-71
22	4.0	22S	0.5	19.27	7.76	1.7	152.00	0.14	70	24.02	0.06	1.06	141	97.3	0.02	0.02	
		22F	4.0	18.55	7.72	4.2	145.00	0.12	60	20.86	0.07	0.85	138	94.6	0.02	0.06	141
23	1.0	23S	1.0	16.48	7.81	7.3	135.4	0.12	40	19.41	0.05	1.02	157	57.6	0.04	0.05	158
		23S*	1.0	16.46	7.82	7.3	135.3	0.11	40	19.4	0.05	1.01	157	57.7	0.03	0.05	158

\*Duplicados

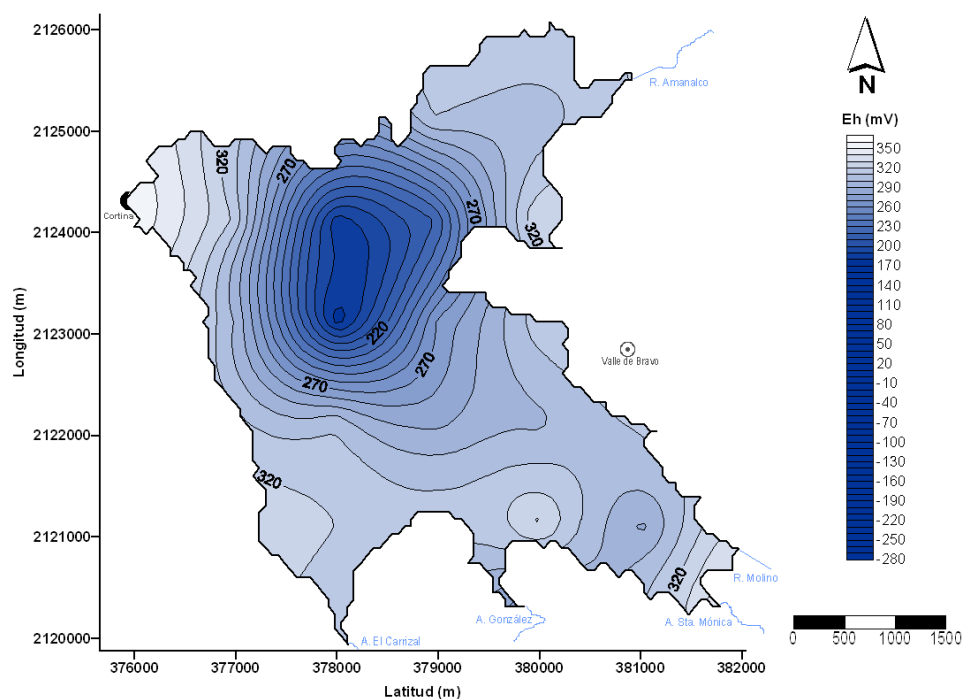


## Anexo 2. Distribución de la concentración de parámetros medidos en agua

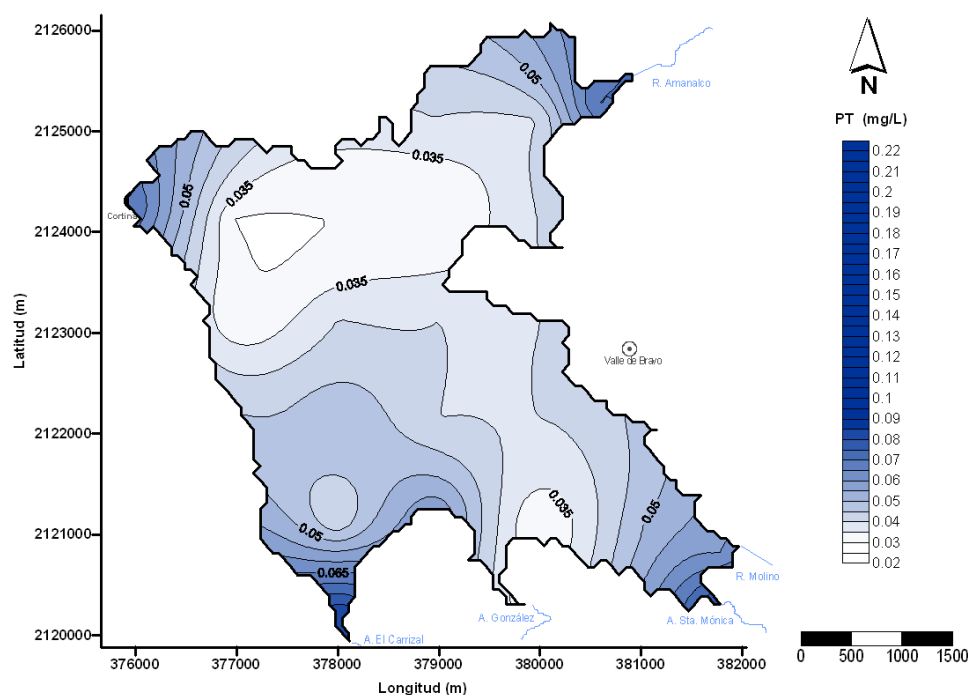




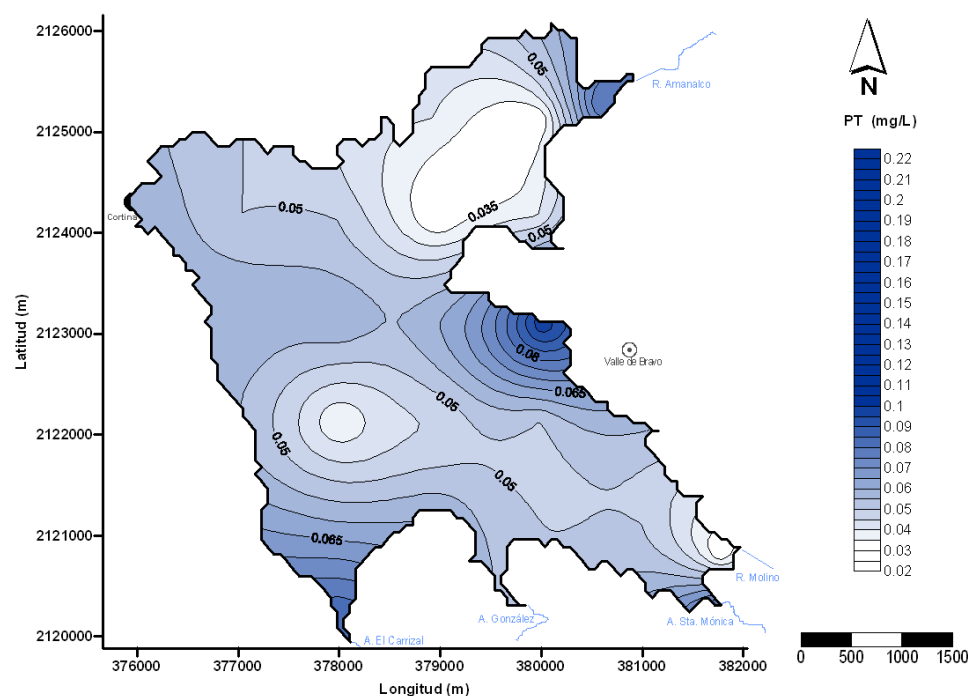
**Figura 31.** Potencial redox en agua de superficie, semana 7 (Feb 16-18, 2010)



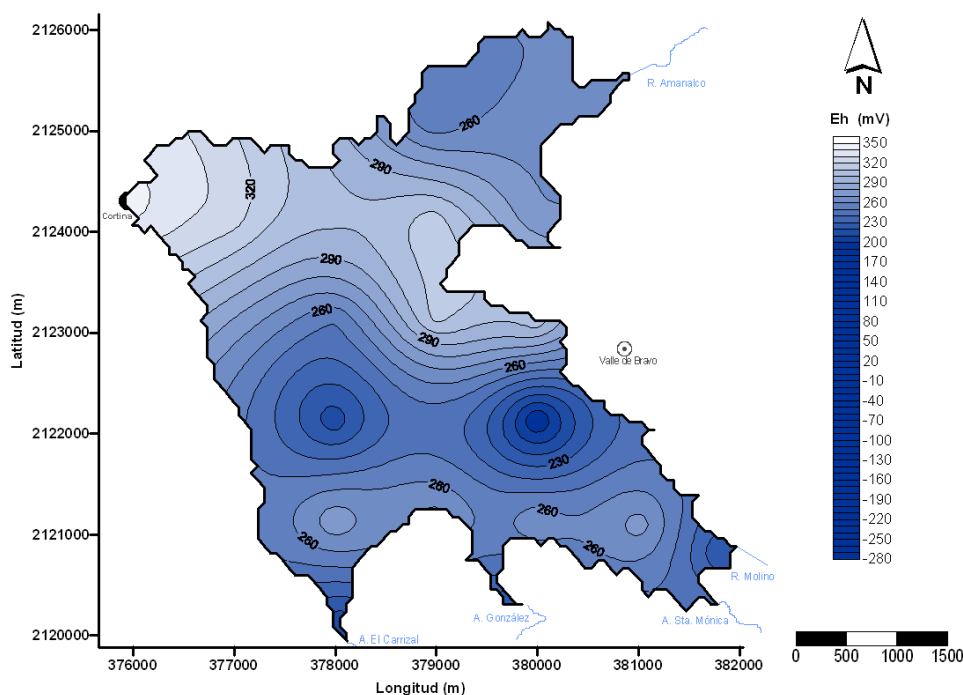
**Figura 32.** Potencial redox en agua de fondo, semana 7 (Feb 16-18, 2010)



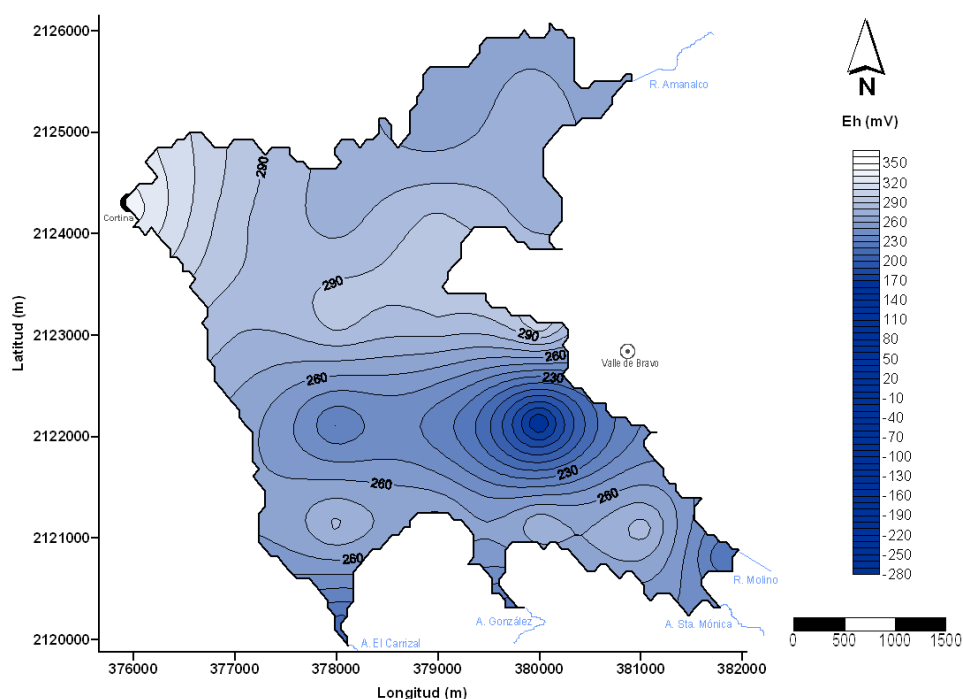
**Figura 33.** Fósforo total en agua de superficie, semana 7 (Feb 16-18, 2010)



**Figura 34.** Fósforo total en agua de fondo, semana 7 (Feb 16-18, 2010)



**Figura 35.** Potencial redox en agua de superficie, semana 12 (Mar 23-25, 2010)



**Figura 36.** Potencial redox en agua de fondo, semana 12 (Mar 23-25, 2010)



**CONAGUA**

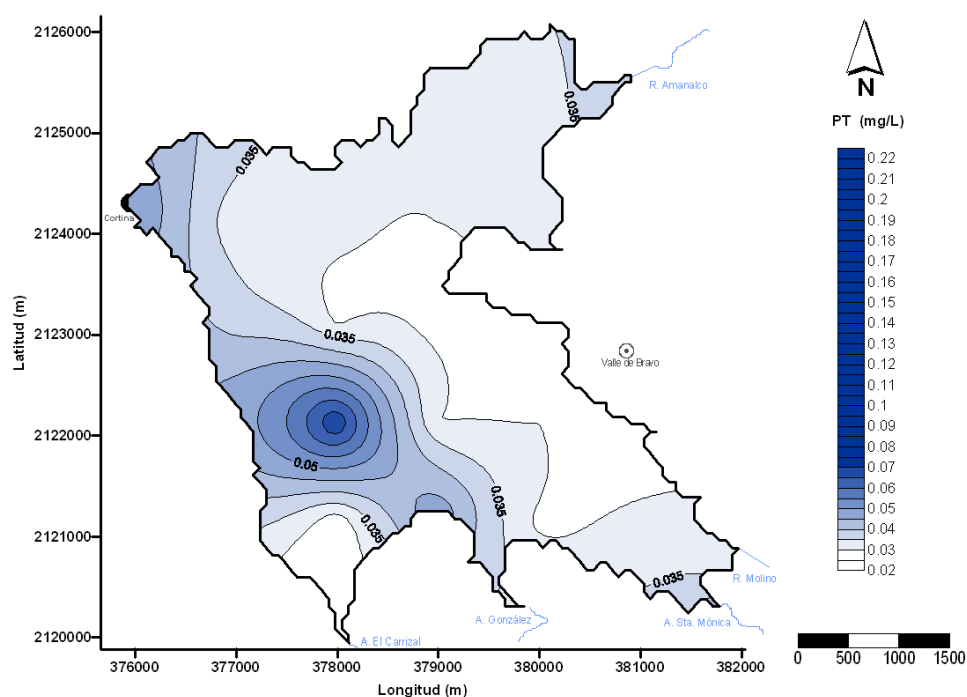
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

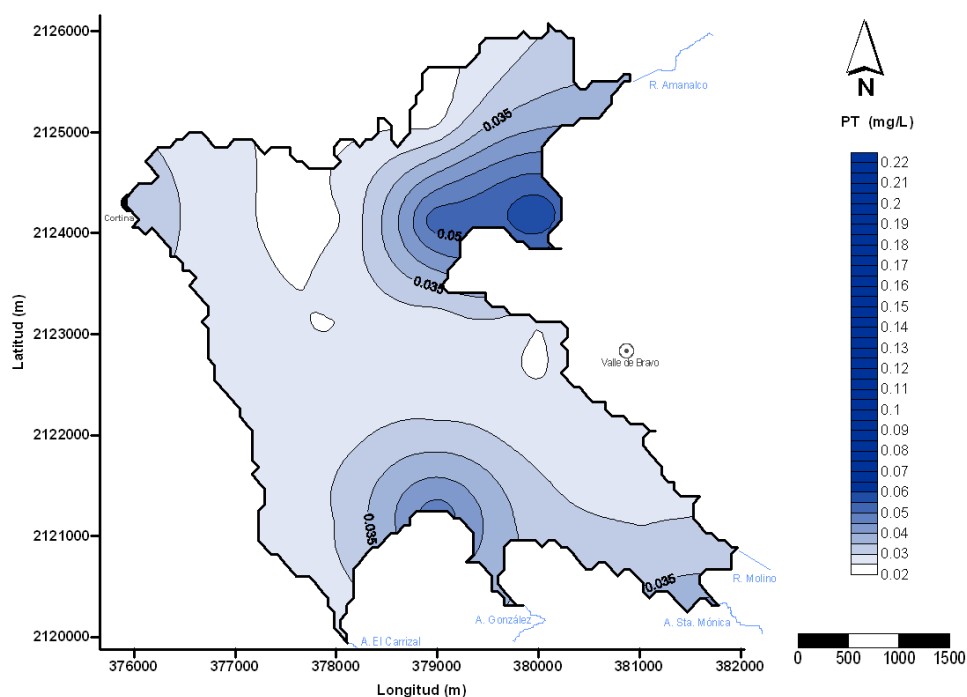


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 37.** Fósforo total en agua de superficie, semana 12 (Mar 23-25, 2010)



**Figura 38.** Fósforo total en agua de fondo, semana 12 (Mar 23-25, 2010)

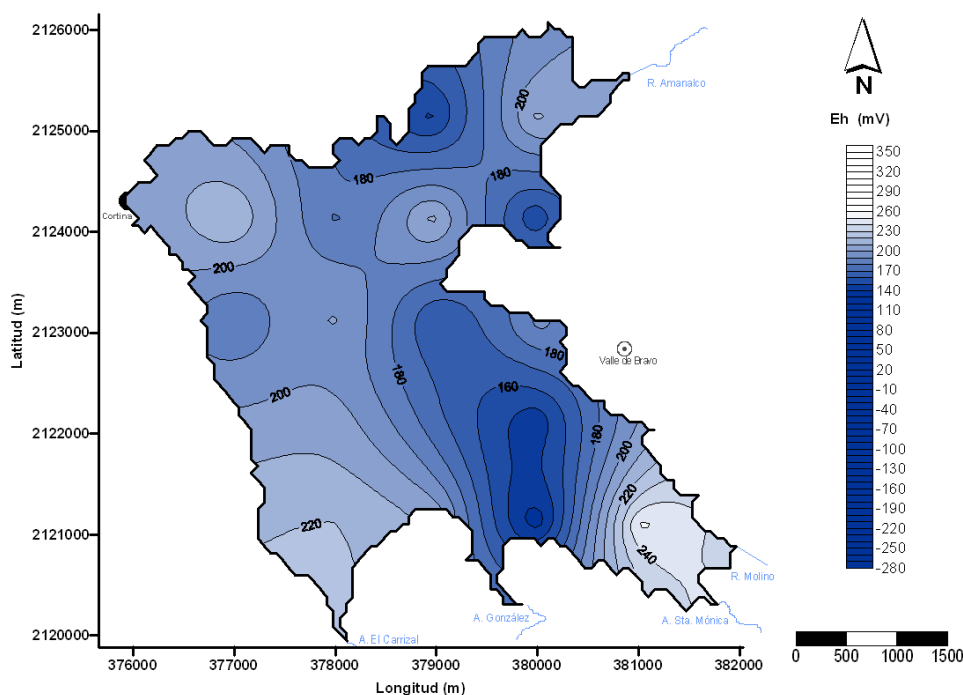


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

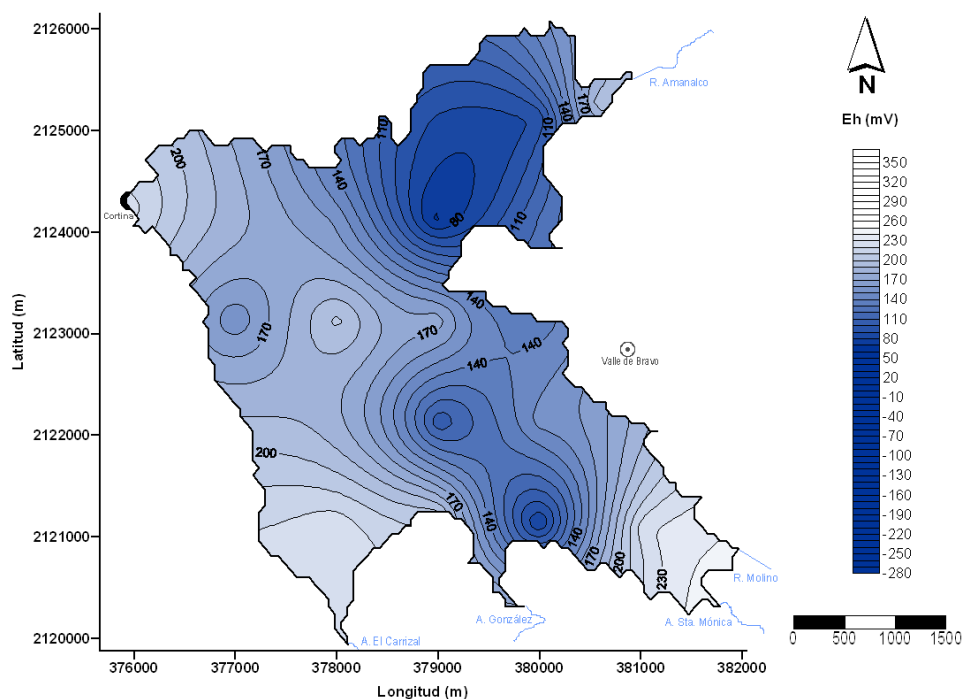
Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-4





**Figura 39.** Potencial redox en agua de superficie, semana 17 (Abr 27-29, 2010)



**Figura 40.** Potencial redox en agua de fondo, semana 17 (Abr 27-29, 2010)



**CONAGUA**

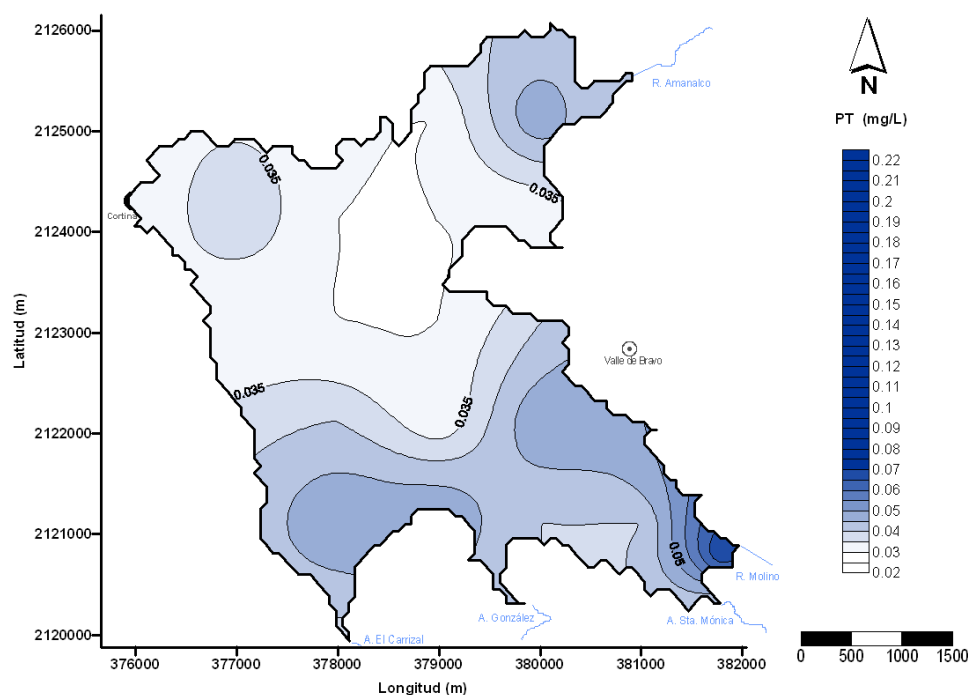
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

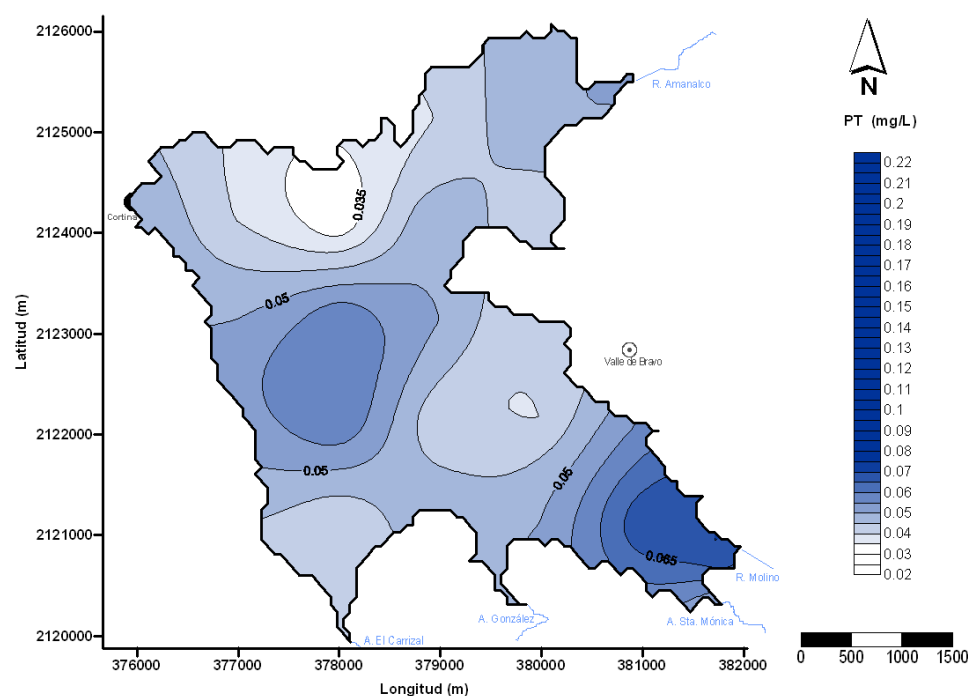


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 41.** Fósforo total en agua de superficie, semana 17 (Abr 27-29, 2010)



**Figura 42.** Fósforo total en agua de fondo, semana 17 (Abr 27-29, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-6



**CONAGUA**

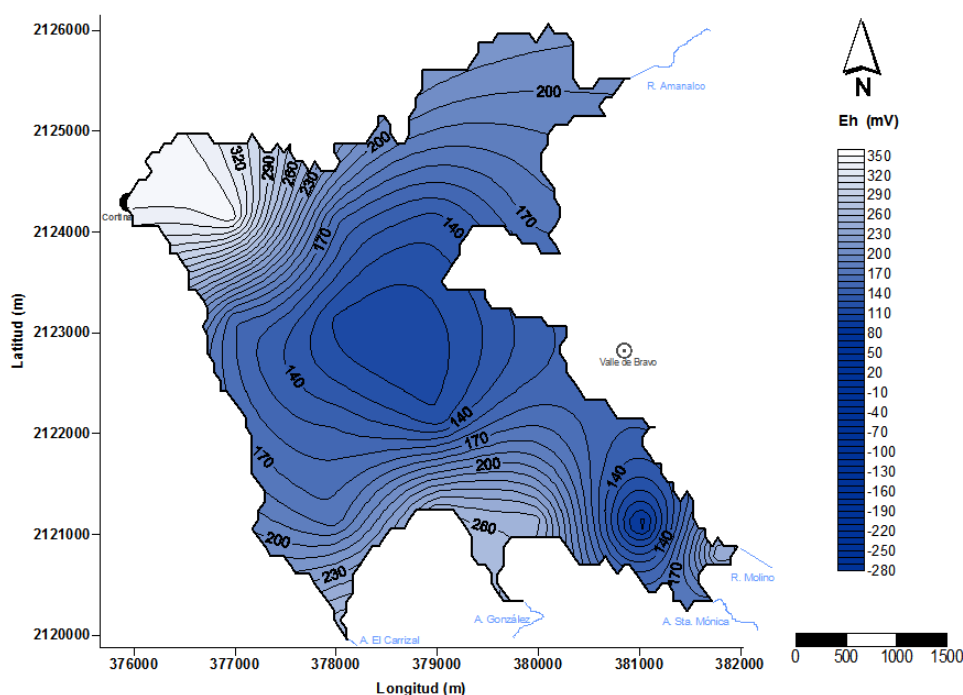
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

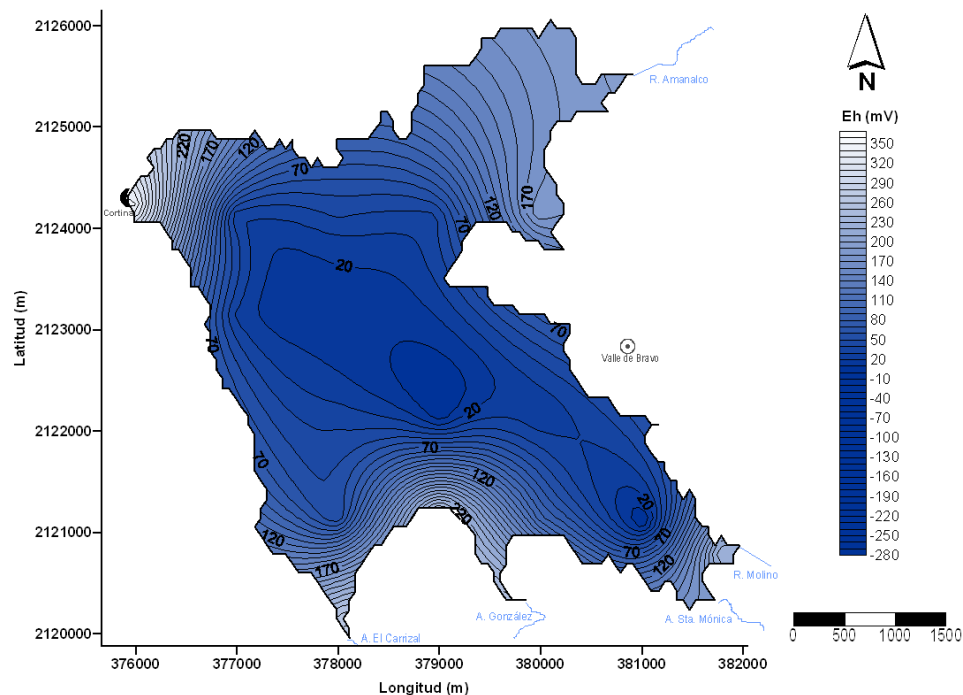


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 43.** Potencial redox en agua de superficie, semana 22 (Jun 2-3, 2010)



**Figura 44.** Potencial redox en agua de fondo, semana 22 (Jun 2-3, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-7



**CONAGUA**

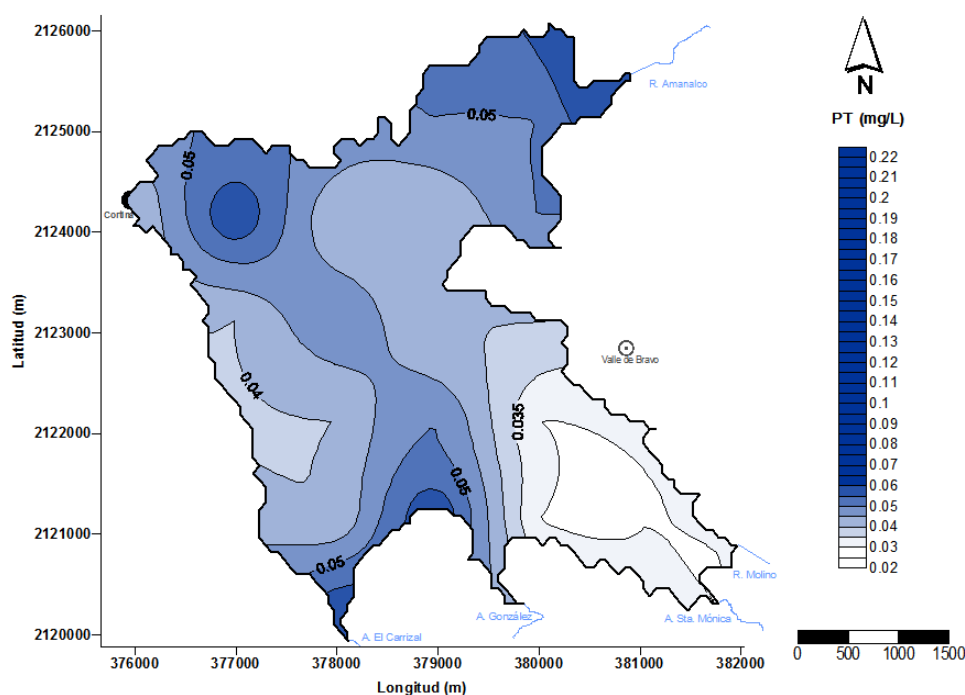
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

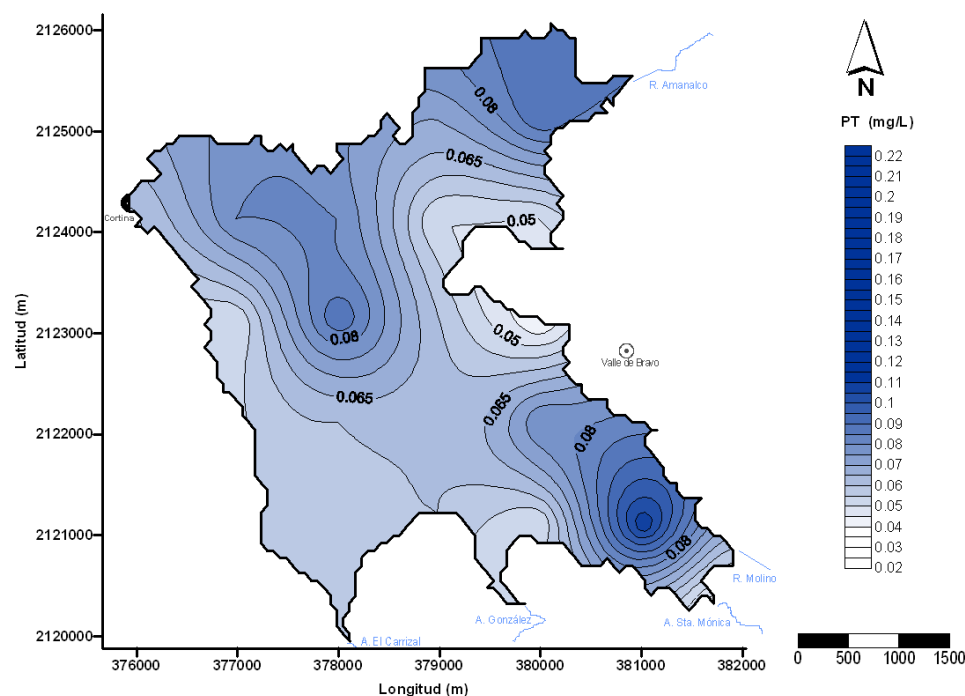


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 45.** Fósforo total en agua de superficie, semana 22 (Jun 2-3, 2010)



**Figura 46.** Fósforo total en agua de fondo, semana 22 (Jun 2-3, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa



**CONAGUA**

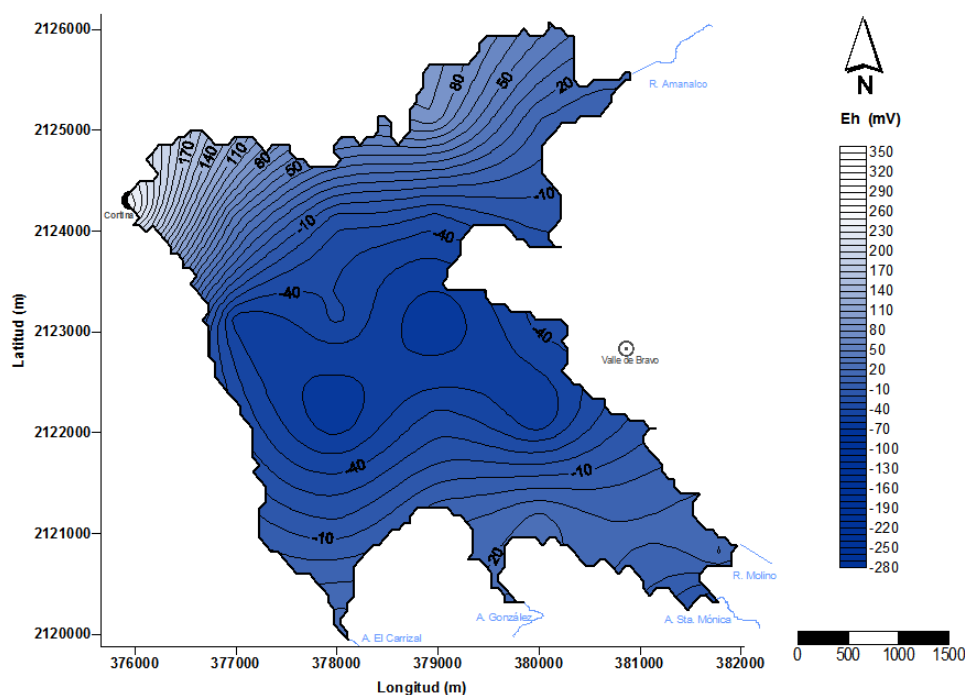
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

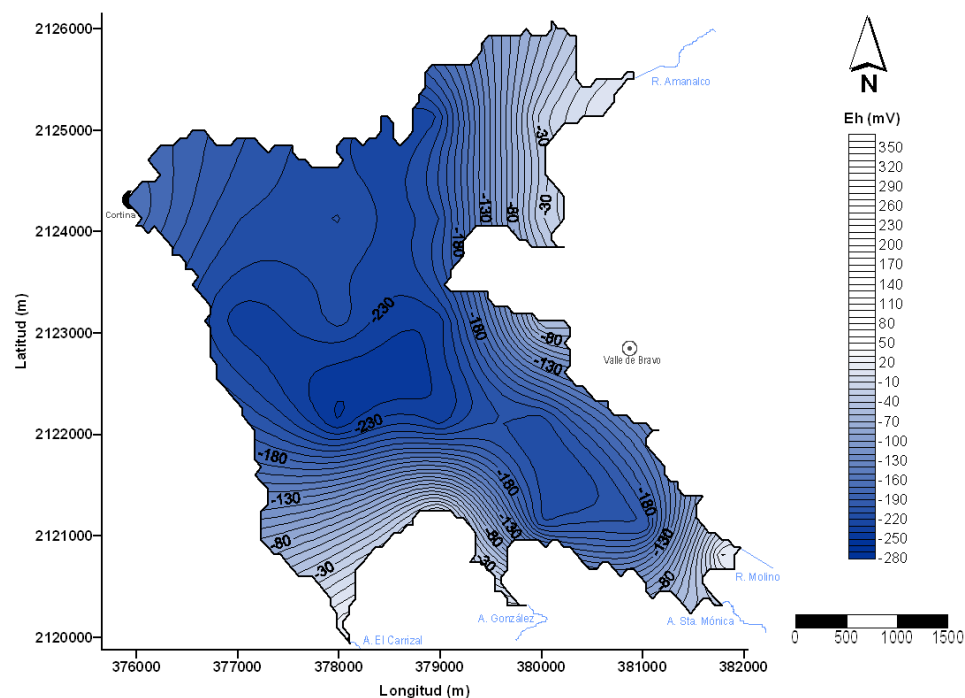


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 47.** Potencial redox en agua de superficie, semana 29 (Jul 20-22, 2010)



**Figura 48.** Potencial redox en agua de fondo, semana 29 (Jul 20-22, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-9



**CONAGUA**

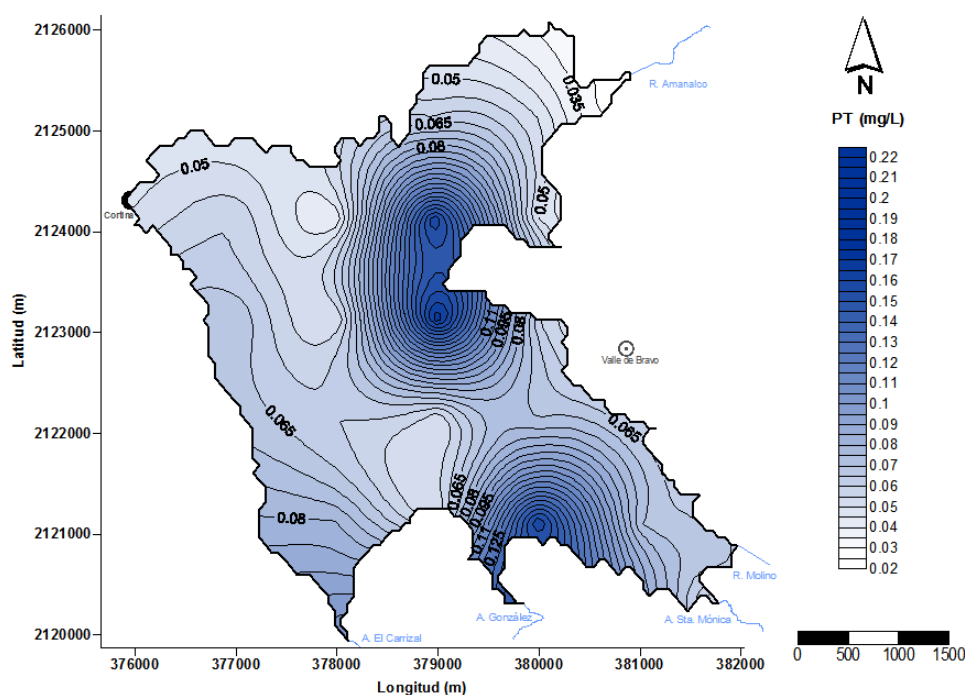
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

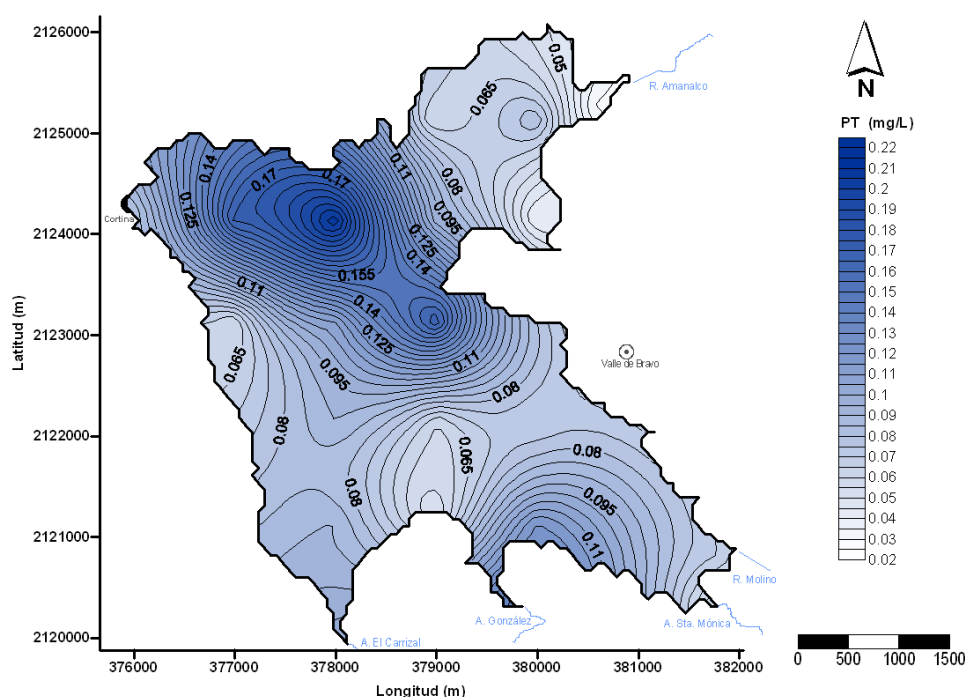


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 49.** Fósforo total en agua de superficie, semana 29 (Jul 20-22, 2010)



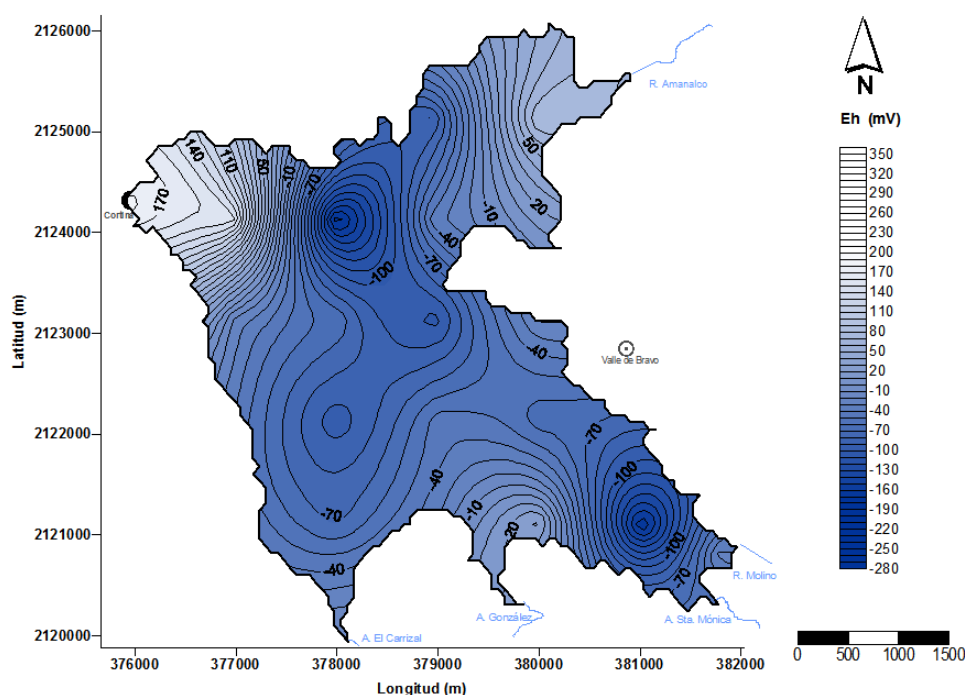
**Figura 50.** Fósforo total en agua de fondo, semana 29 (Jul 20-22, 2010)



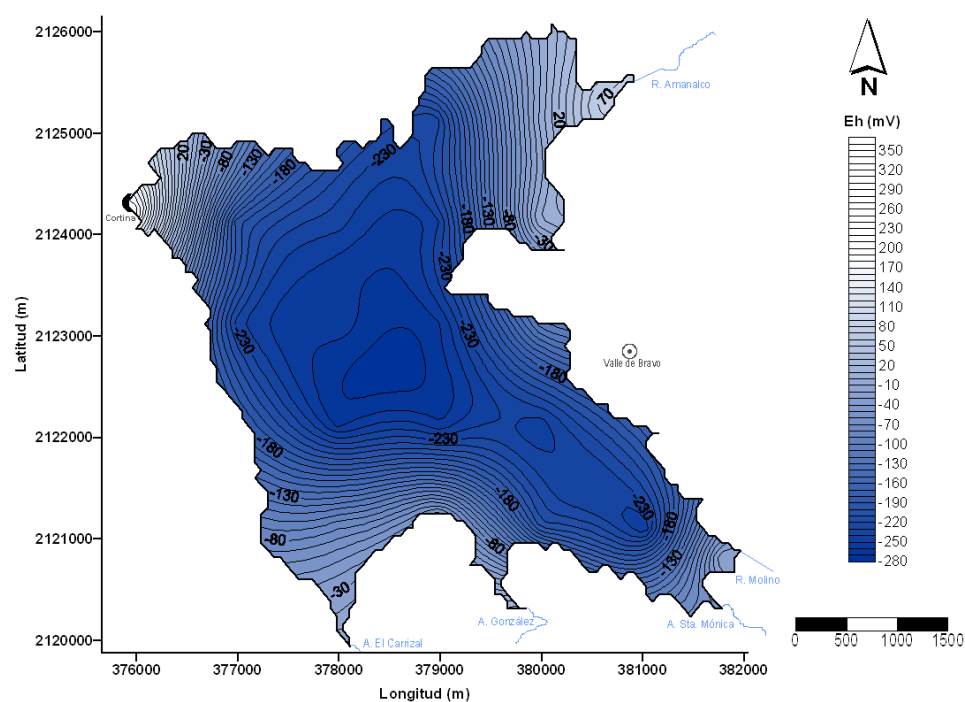
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-10



**Figura 51.** Potencial redox en agua de superficie, semana 34 (Ago 25-26, 2010)



**Figura 52.** Potencial redox en agua de fondo, semana 34 (Ago 25-26, 2010)





**CONAGUA**

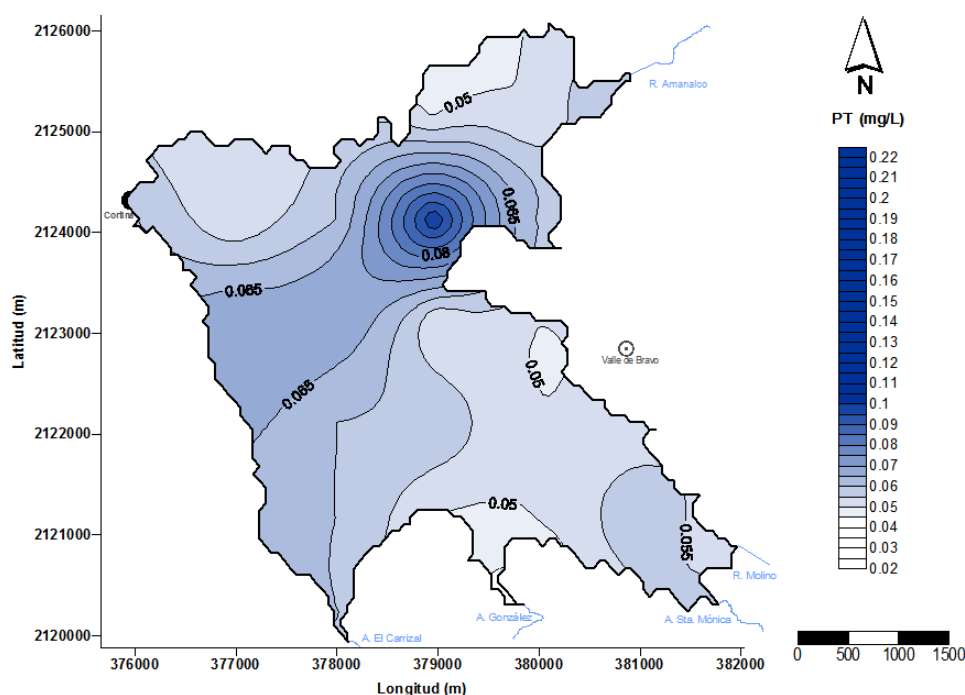
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

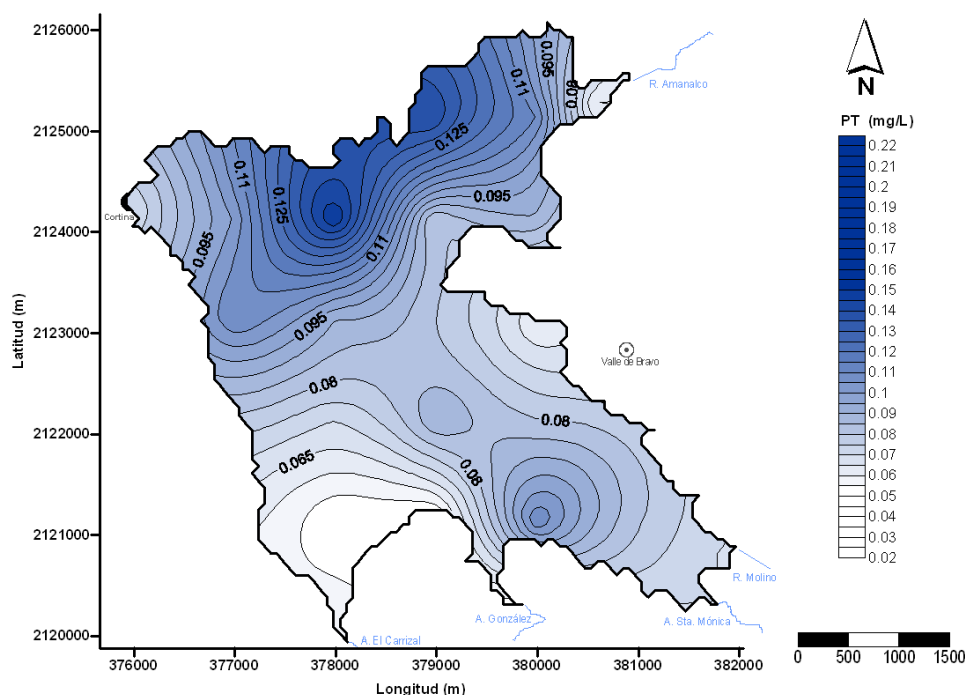


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 53.** Fósforo total en agua de superficie, semana 34 (Ago 25-26, 2010)



**Figura 54.** Fósforo total en agua de fondo, semana 34 (Ago 25-26, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-12





**CONAGUA**

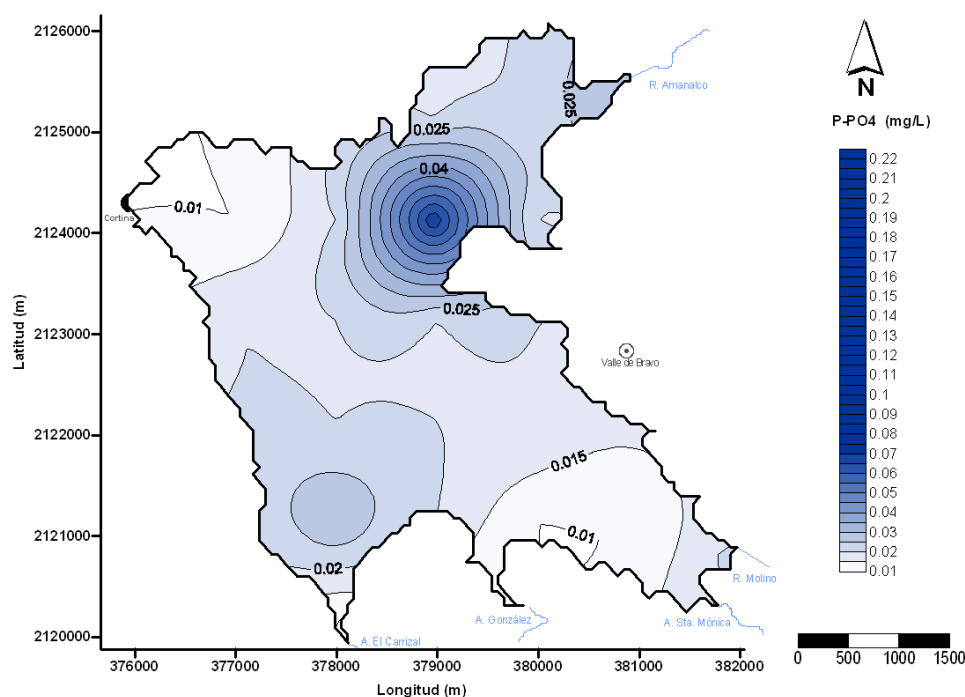
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

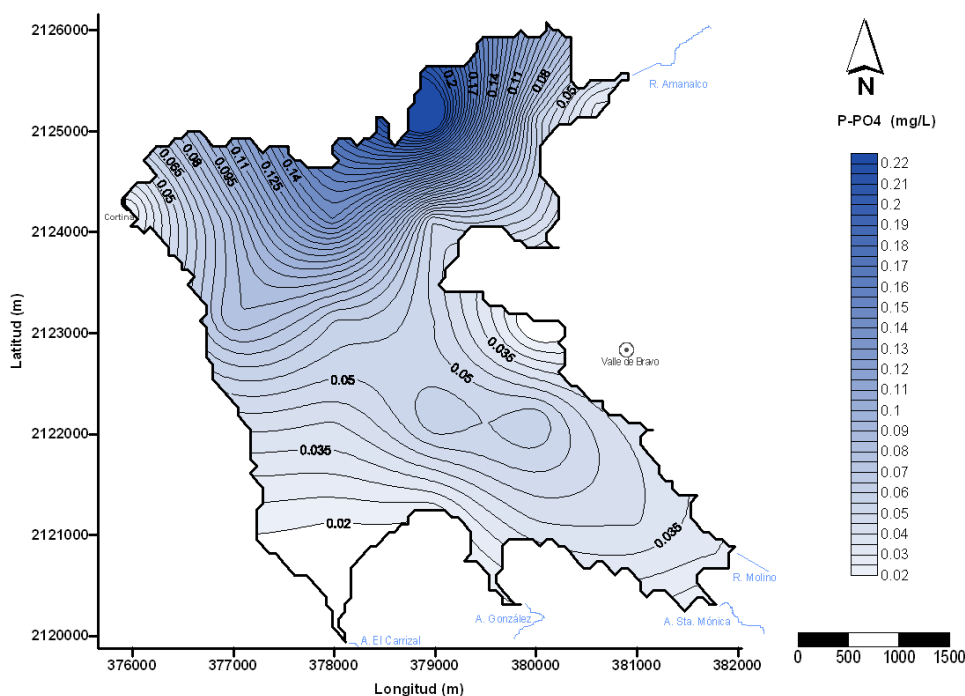


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 55.** Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 34 (Ago 25-26, 2010)



**Figura 56.** Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 34 (Ago 25-26, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-13



**CONAGUA**

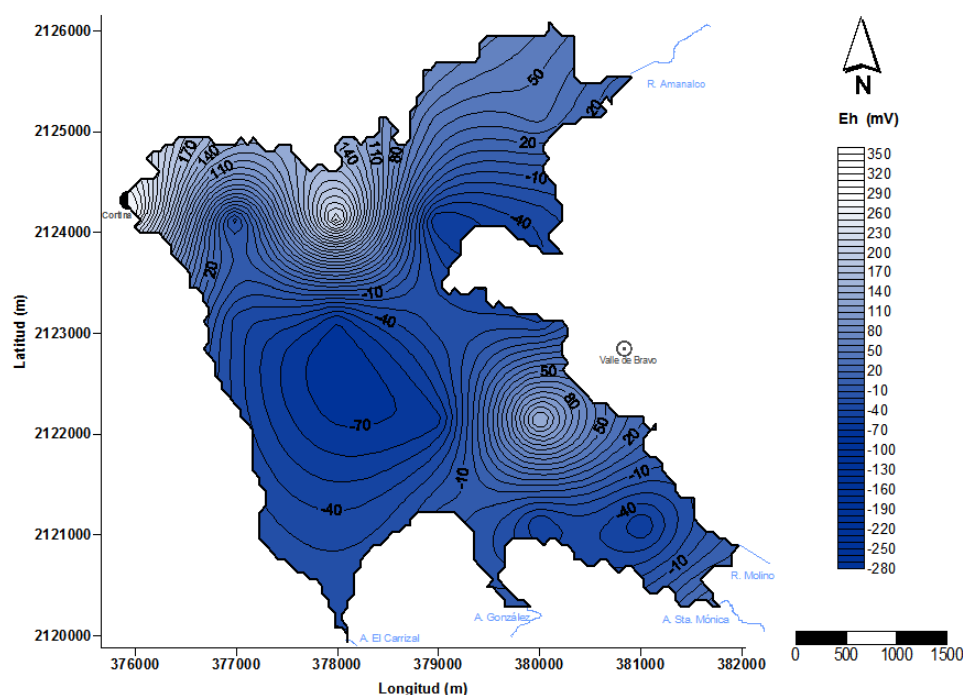
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

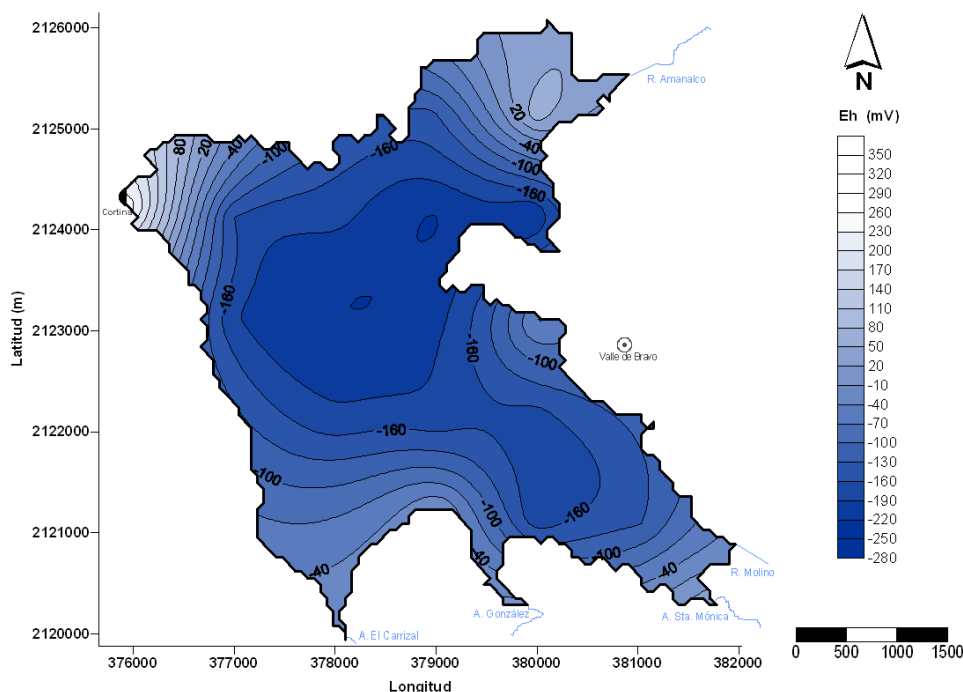


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 57.** Potencial redox en agua de superficie, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



**Figura 58.** Potencial redox en agua de fondo, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-14



**CONAGUA**

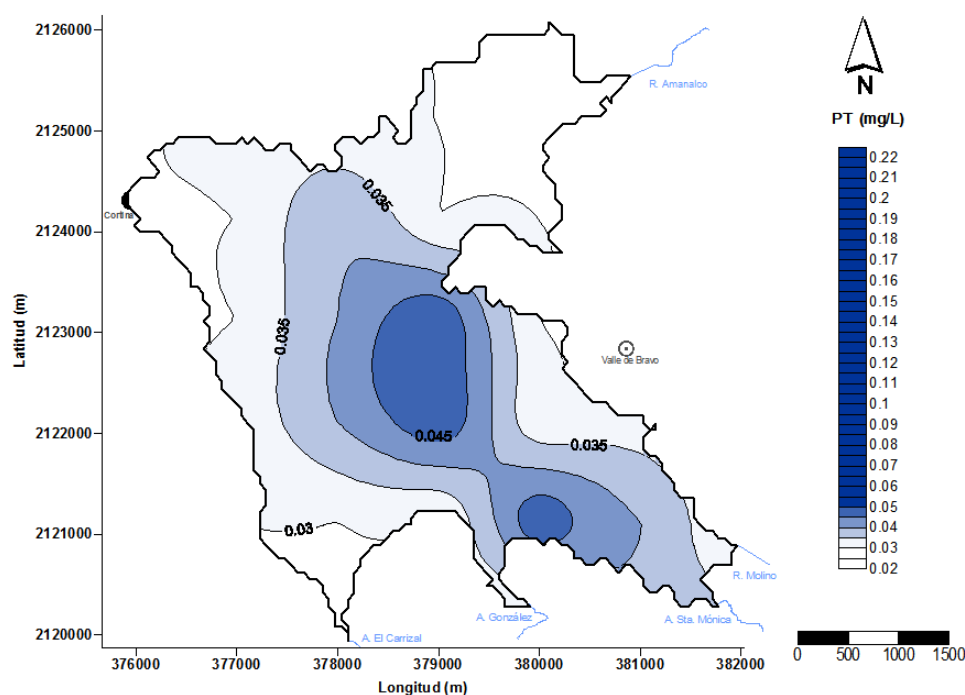
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

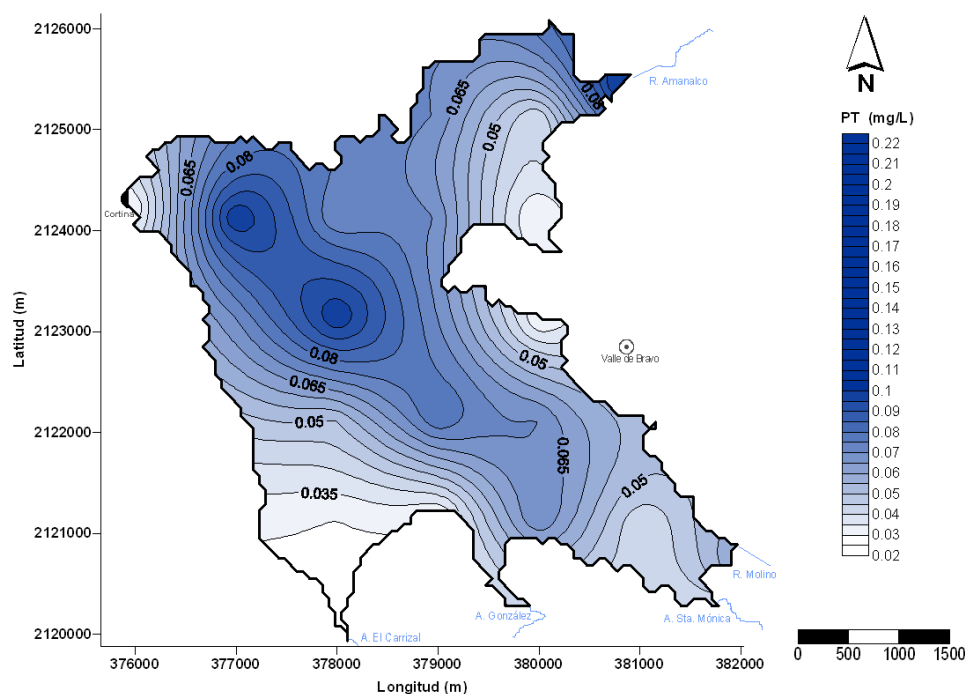


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 59.** Fósforo total en agua de superficie, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



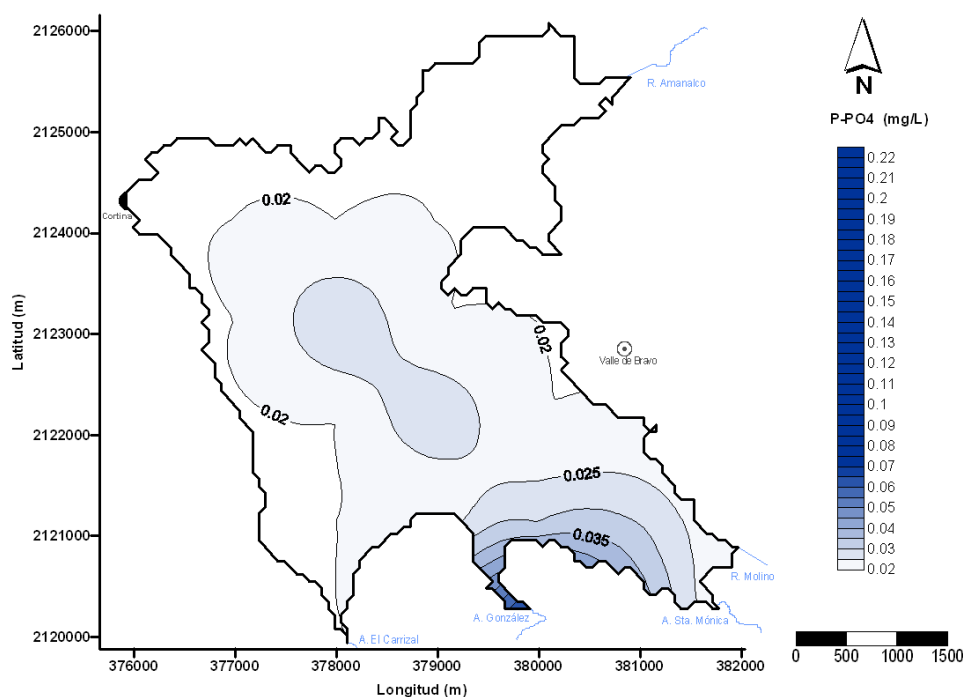
**Figura 60.** Fósforo total en agua de fondo, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



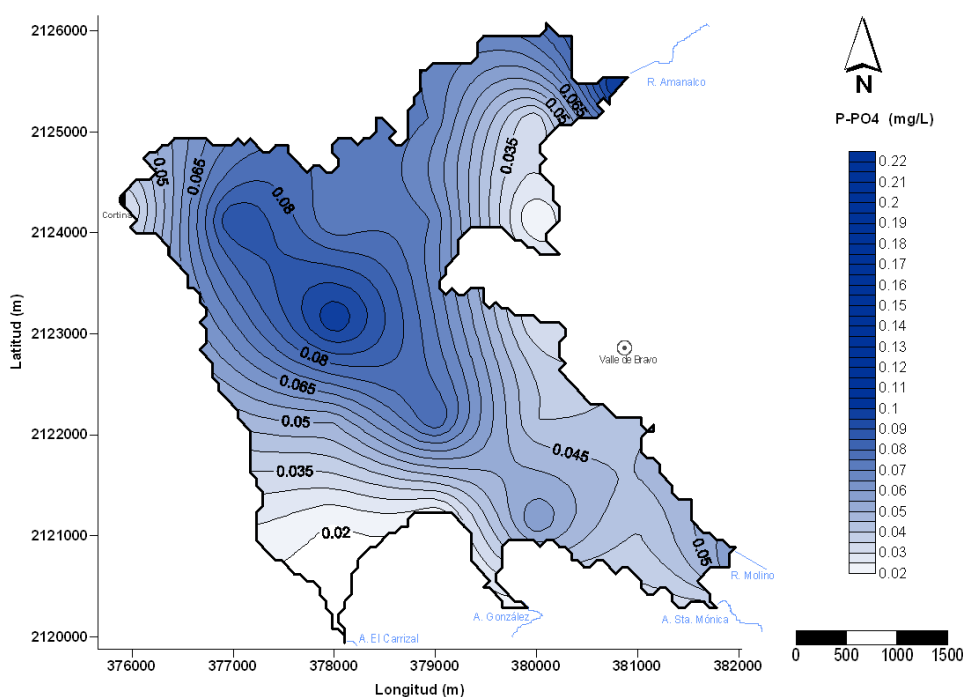
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

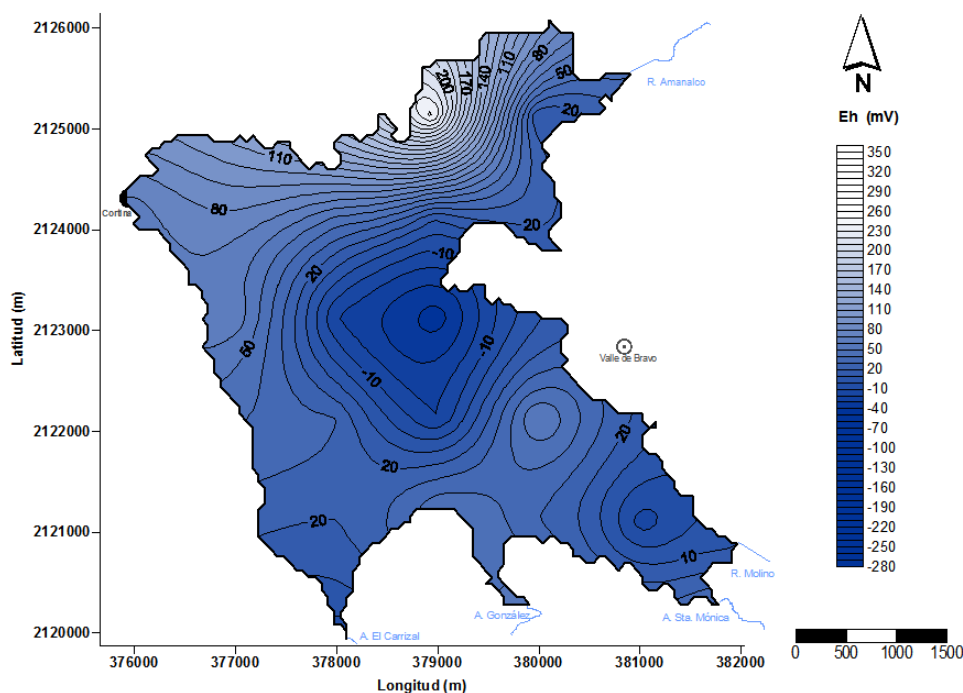
A2-15



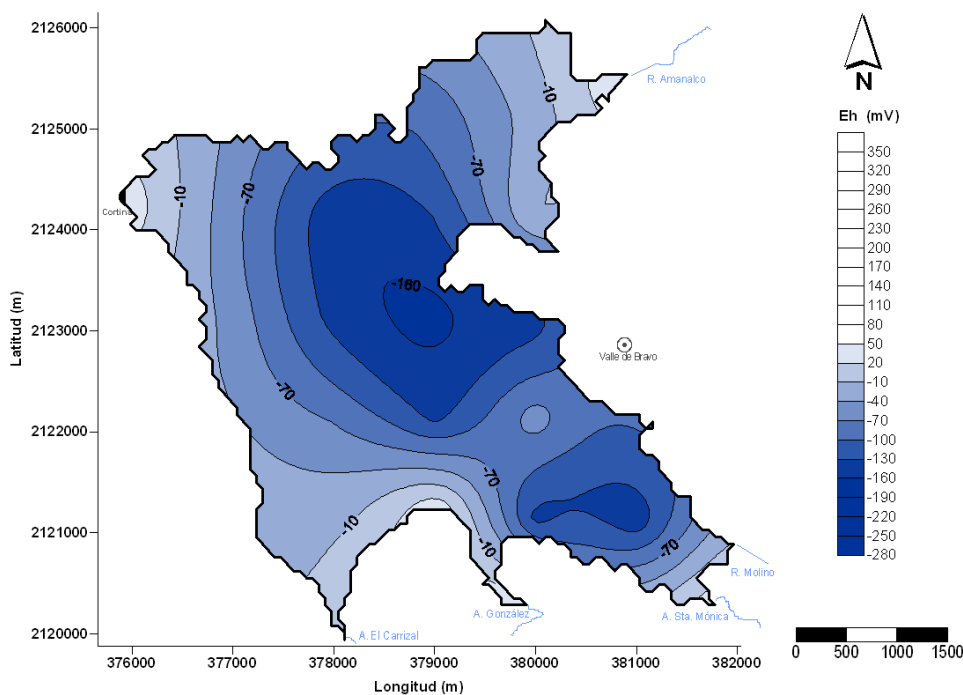
**Figura 61.** Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



**Figura 62.** Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 39 (Sep 30-Oct 01, 2010)



**Figura 63.** Potencial redox en agua de superficie, semana 45 (Nov 10-11, 2010)



**Figura 64.** Potencial redox en agua de fondo, semana 45 (Nov 10-11, 2010)



**CONAGUA**

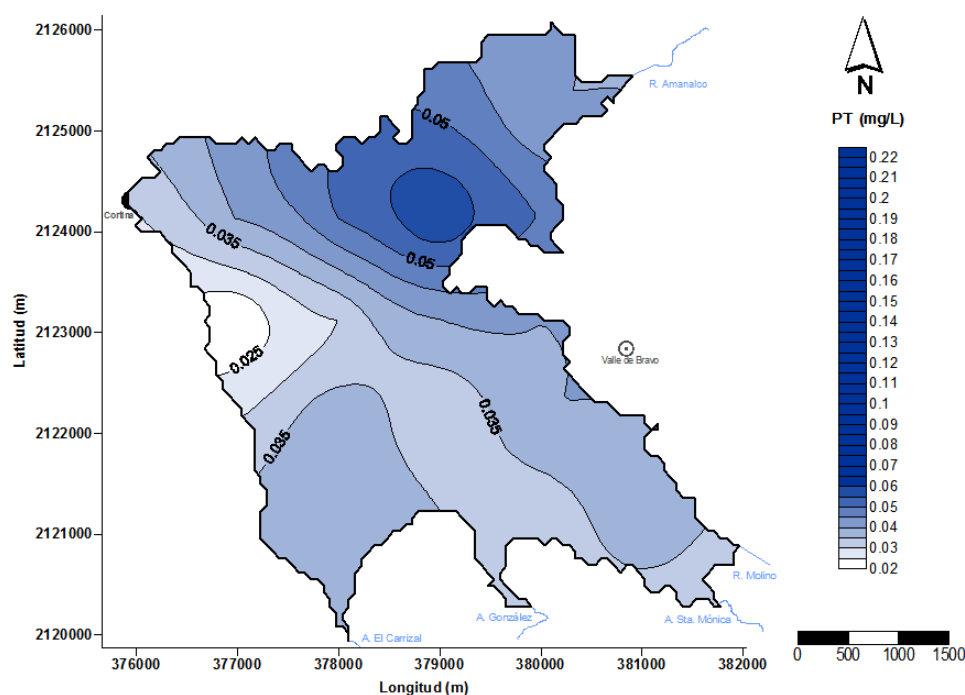
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

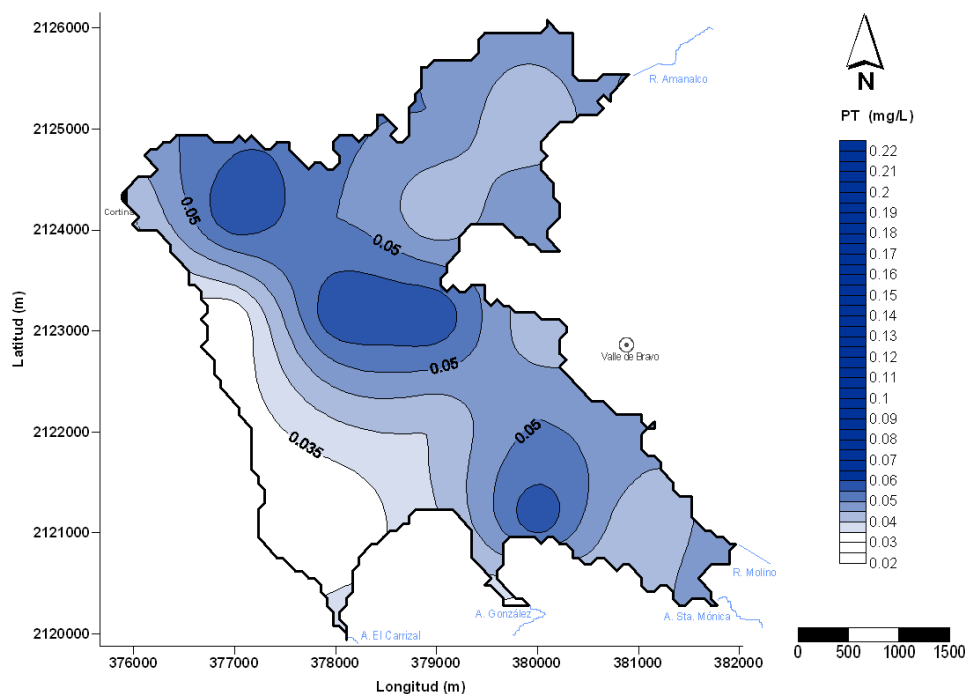


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 65.** Fósforo total en agua de superficie, semana 45 (Nov 10-11, 2010)



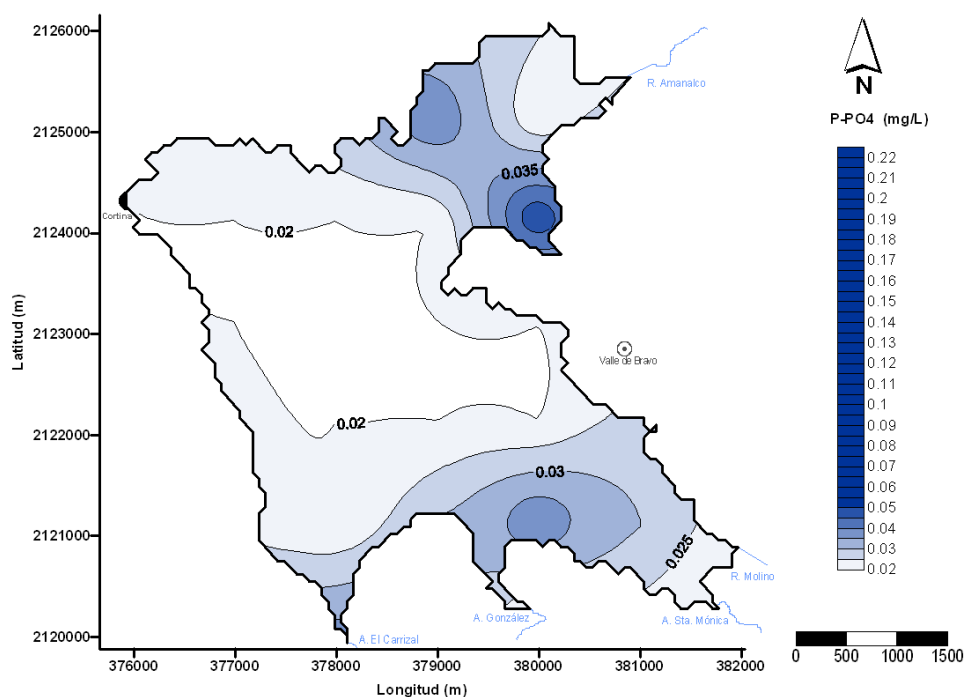
**Figura 66.** Fósforo total en agua de fondo, semana 45 (Nov 10-11, 2010)



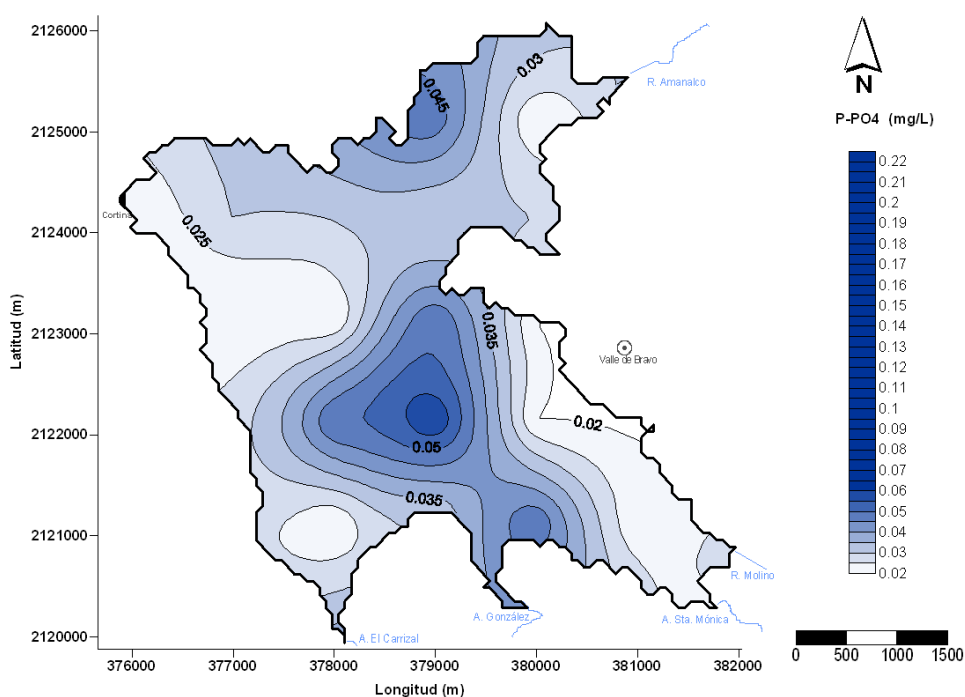
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A2-18

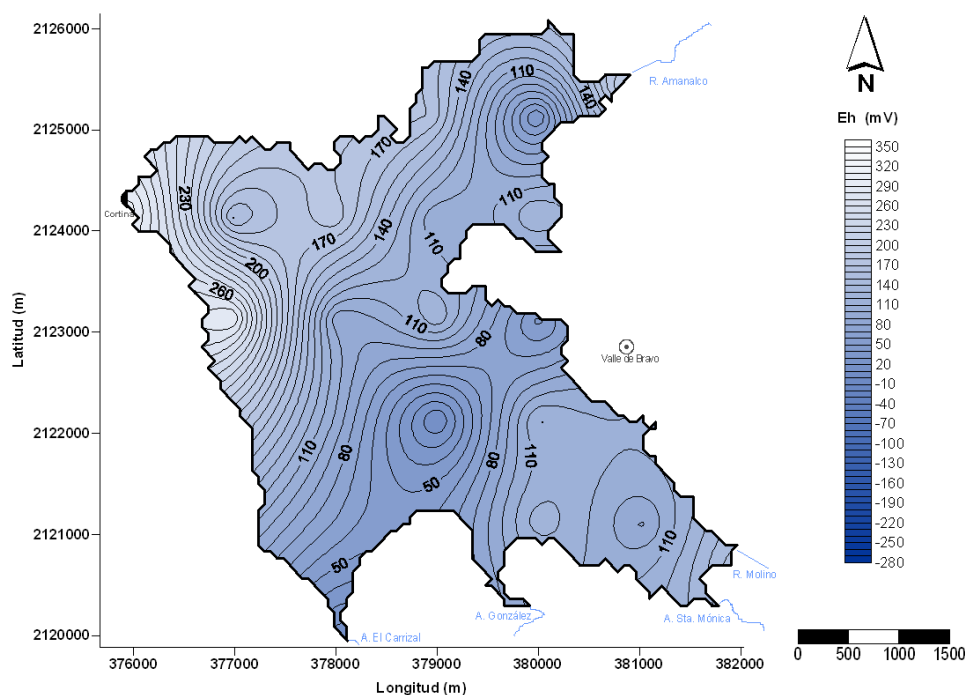


**Figura 67.** Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 45 (Nov 10-11, 2010)

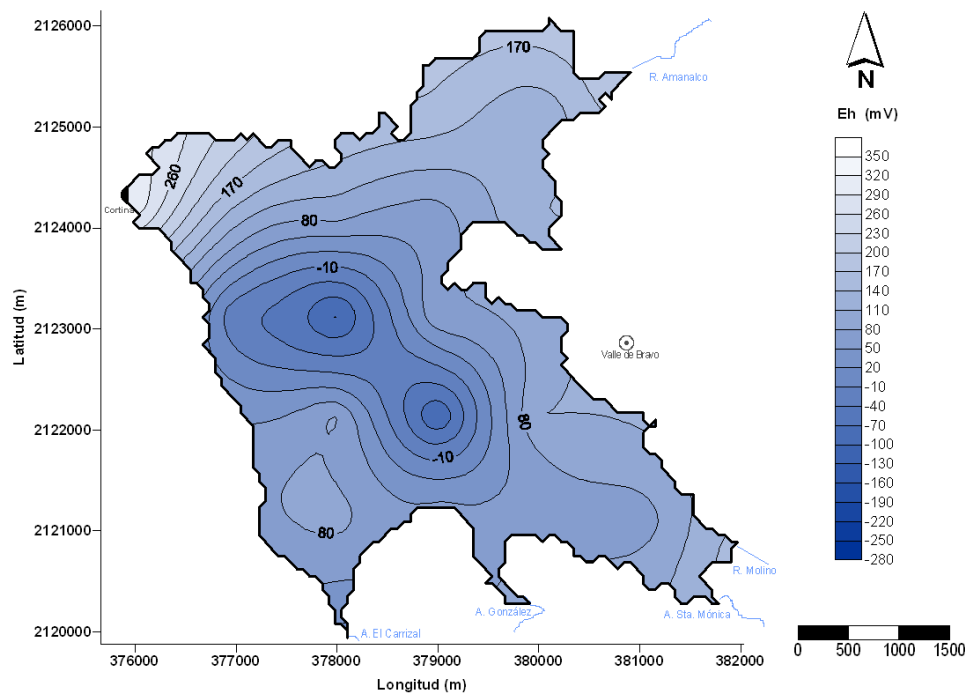


**Figura 68.** Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 45 (Nov 10-11, 2010)





**Figura 69.** Potencial redox en agua de superficie, semana 50 (Dic 14-15, 2010)



**Figura 70.** Potencial redox en agua de fondo, semana 50 (Dic 14-15, 2010)





**CONAGUA**

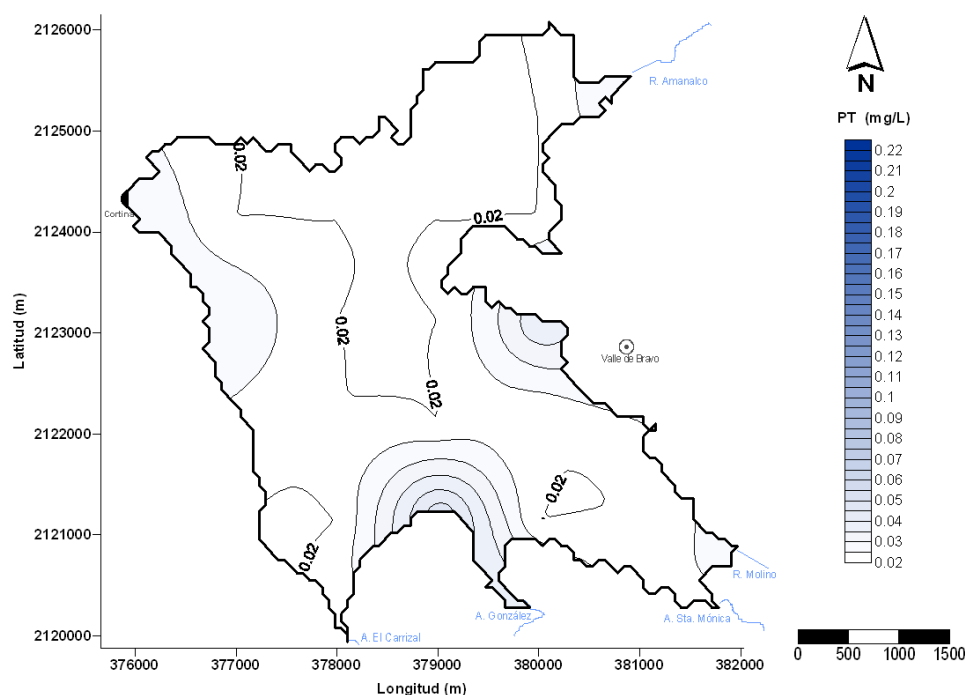
Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.

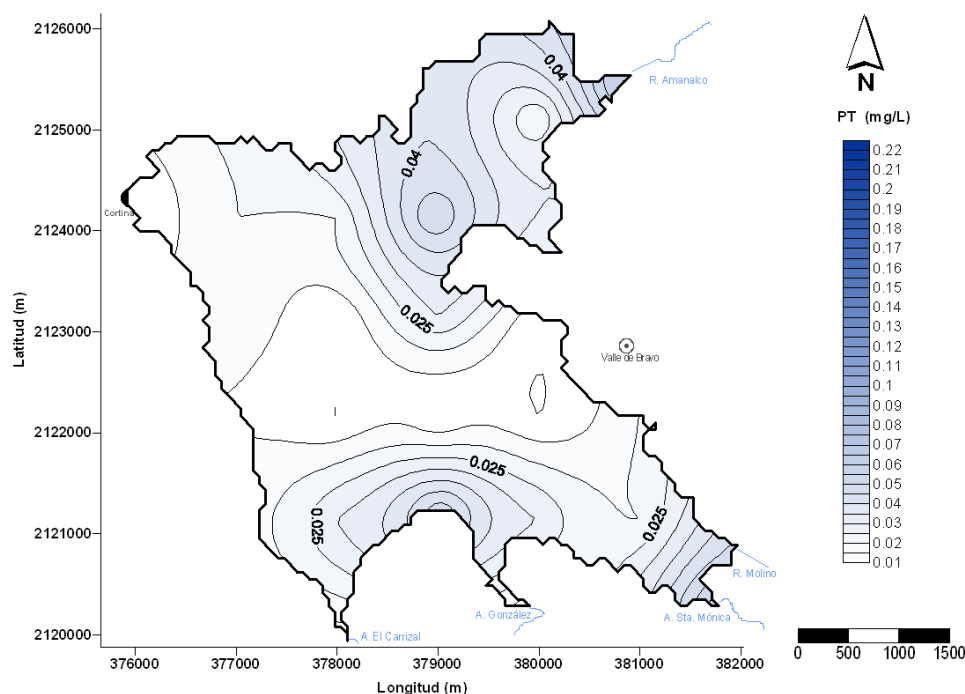


SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT



**Figura 71.** Fósforo total en agua de superficie, semana 50 (Dic 14-15, 2010)



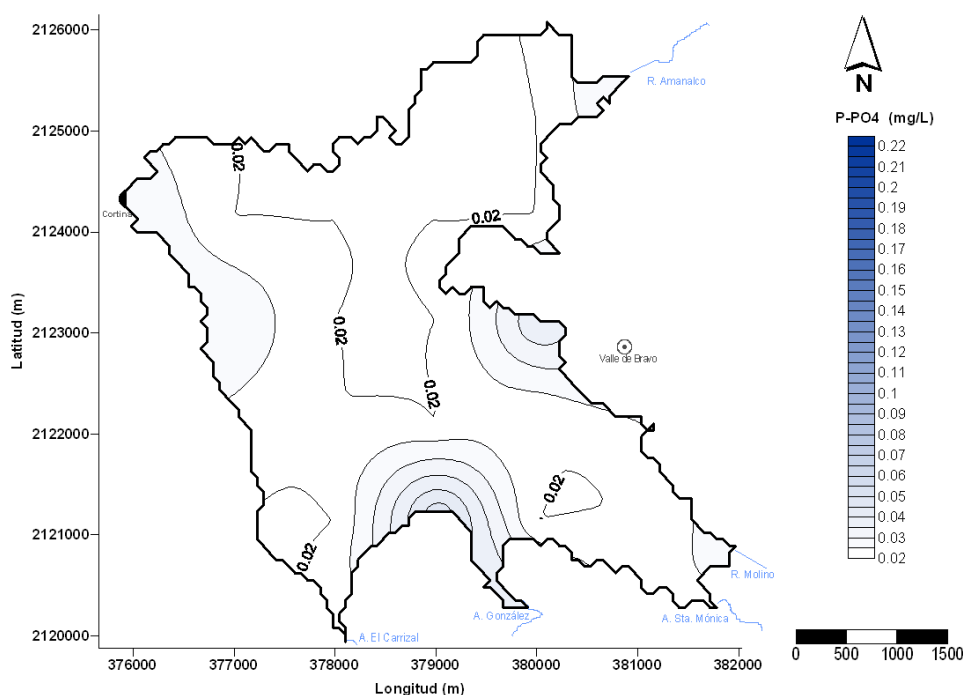
**Figura 72.** Fósforo total en agua de fondo, semana 50 (Dic 14-15, 2010)



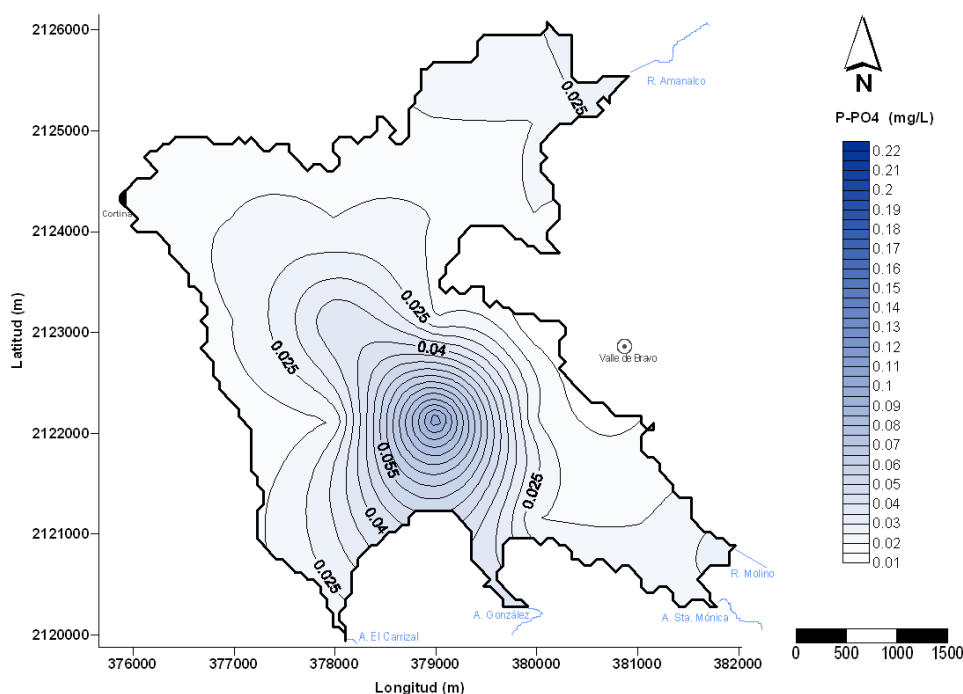
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

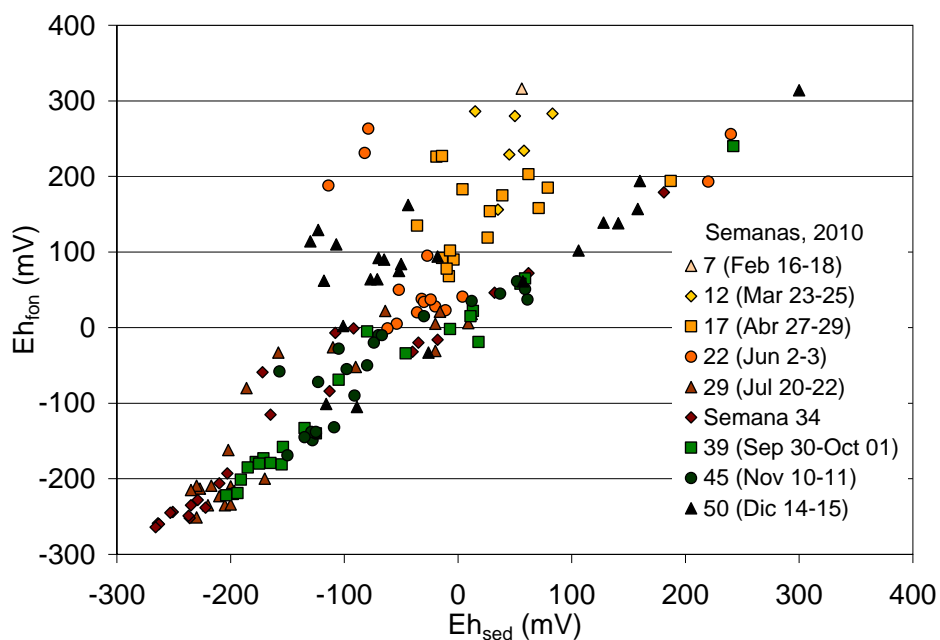
A2-21



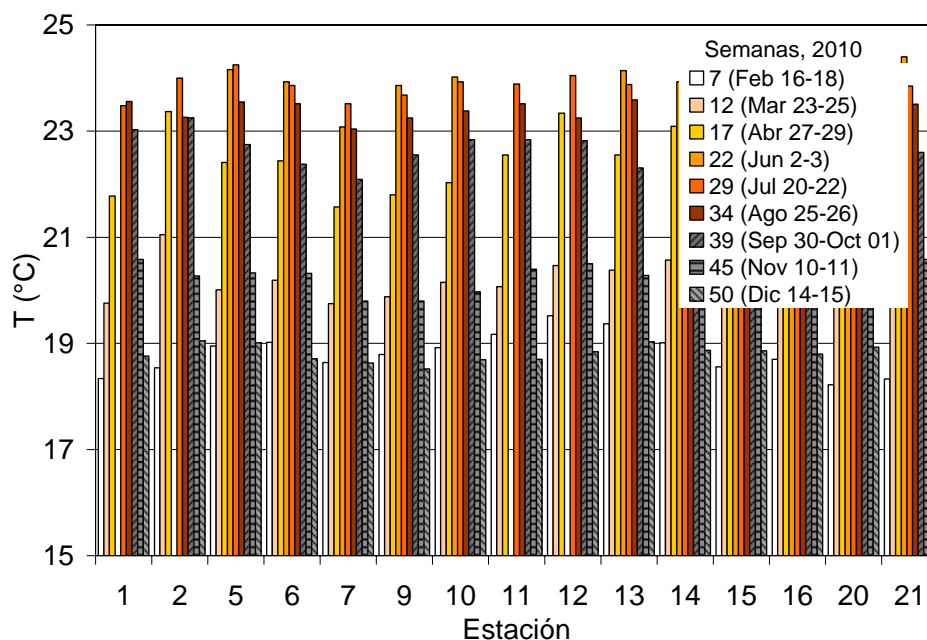
**Figura 73.** Fósforo como fosfatos en agua de superficie, semana 50 (Dic 14-15, 2010)



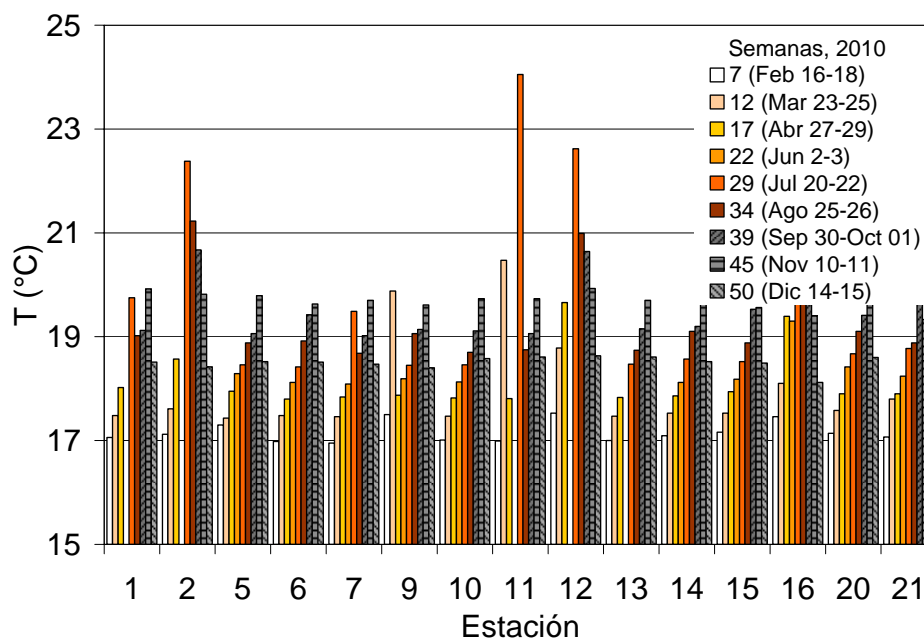
**Figura 74.** Fósforo como fosfatos en agua de fondo, semana 50 (Dic 14-15, 2010)



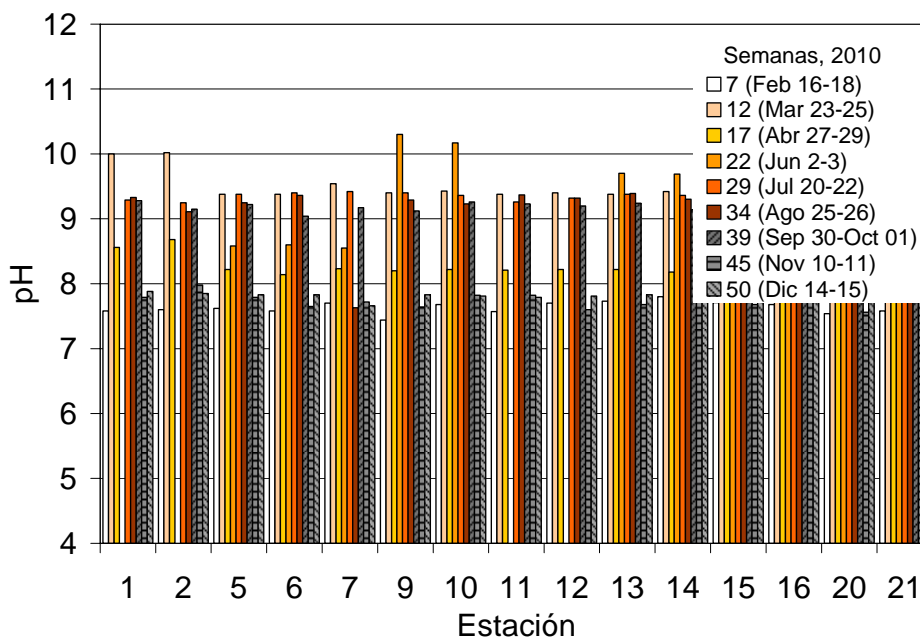
**Figura 75.** Comparación de potencial redox en agua y sedimentos



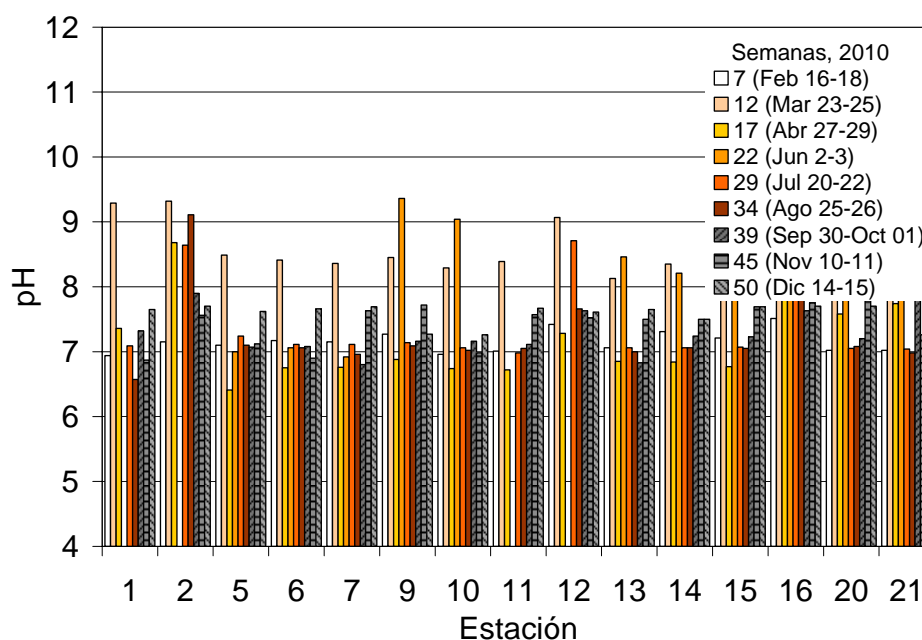
**Figura 76.** Temperatura en agua de superficie



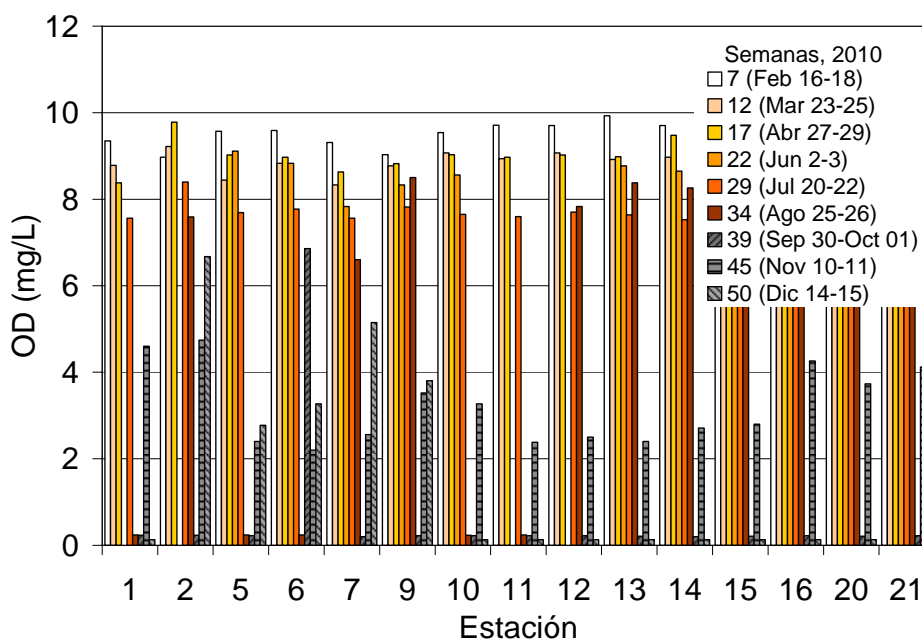
**Figura 77.** Temperatura en agua de fondo



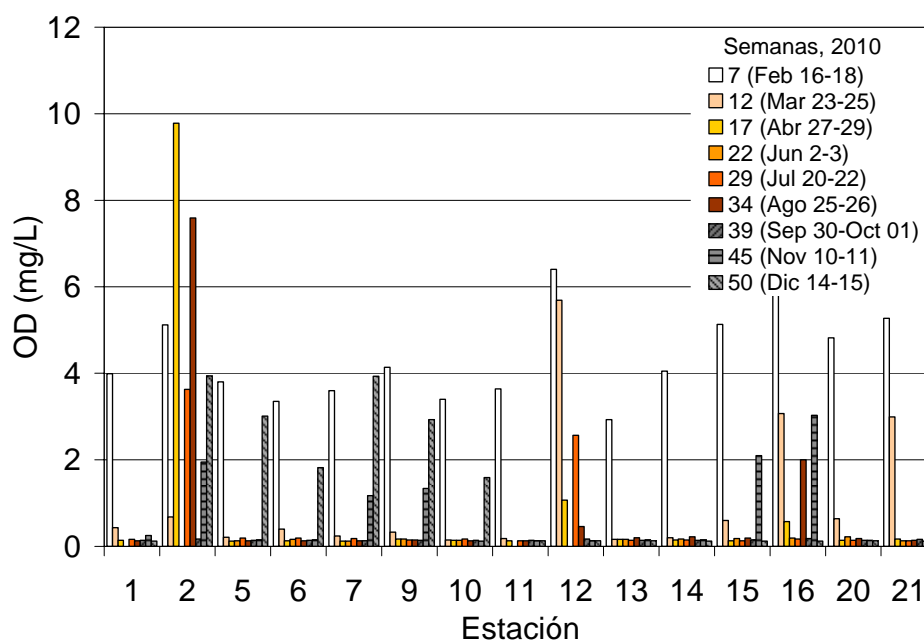
**Figura 78.** pH en agua de superficie



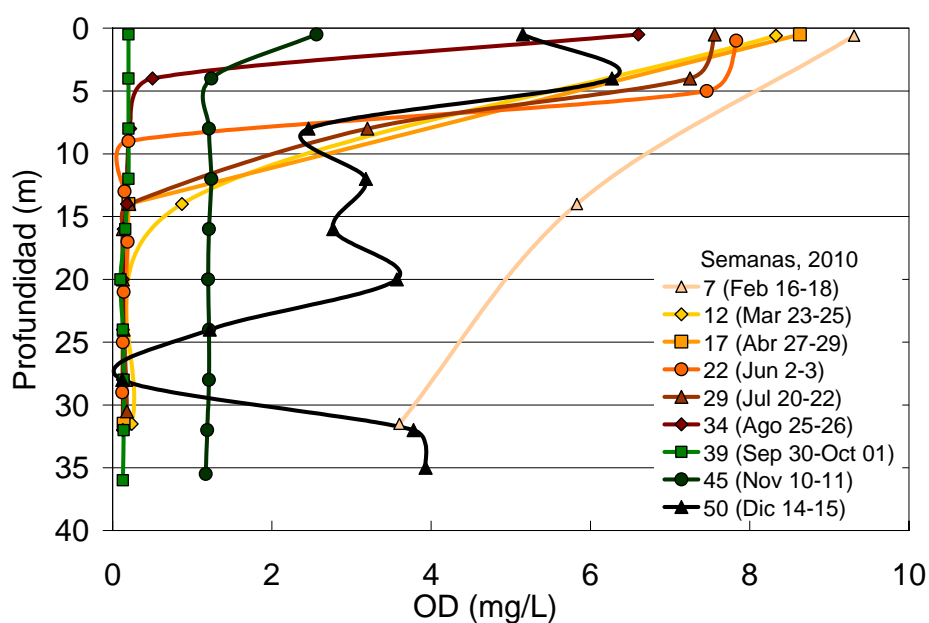
**Figura 79.** pH en agua de fondo



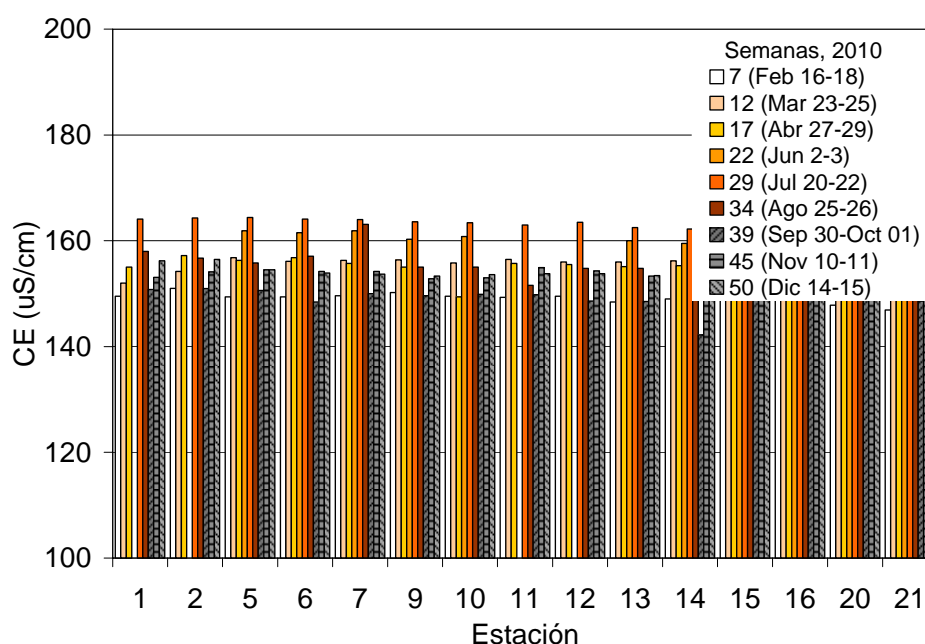
**Figura 80.** Oxígeno disuelto en agua de superficie



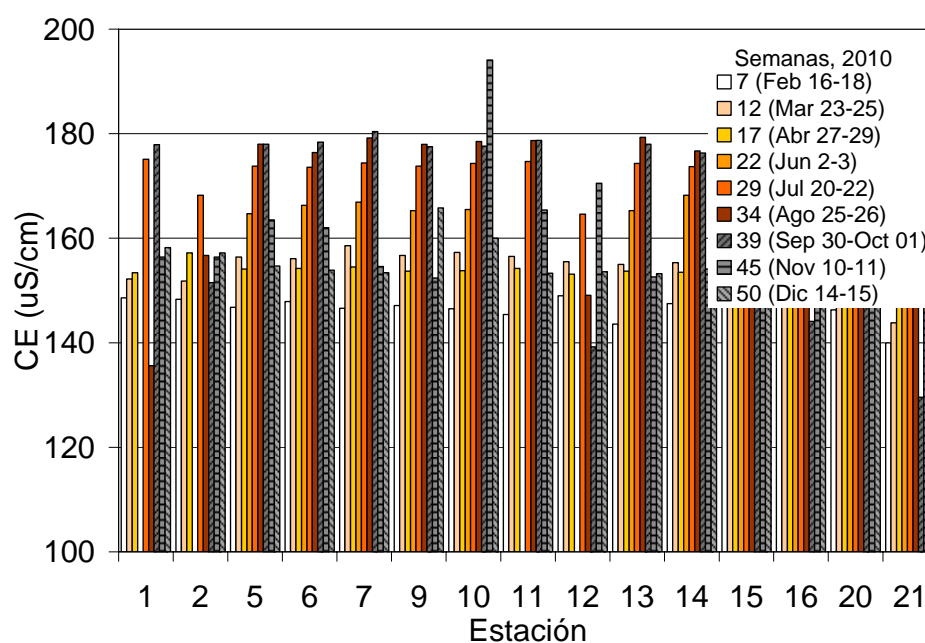
**Figura 81.** Oxígeno disuelto en agua de fondo



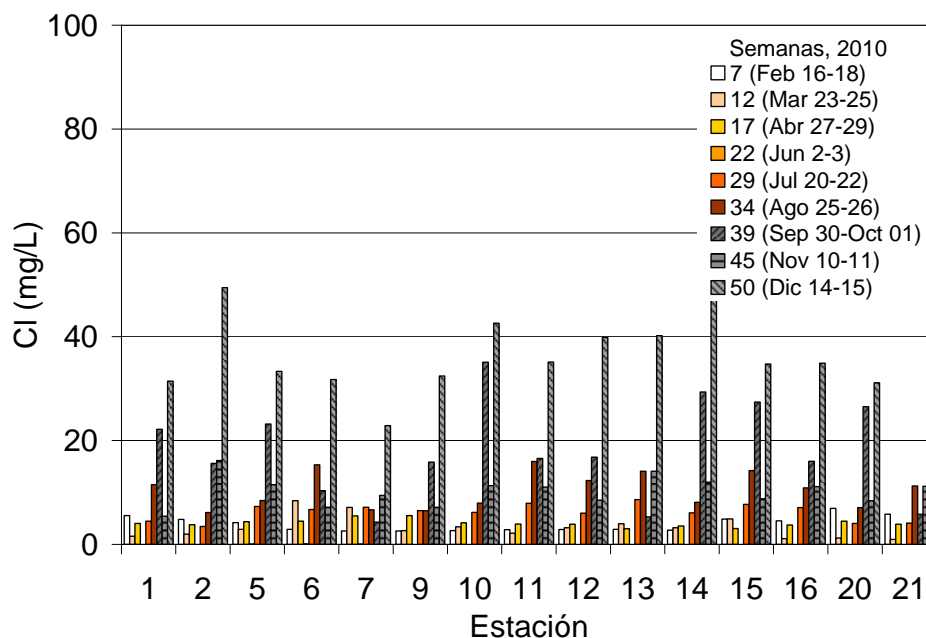
**Figura 82.** Oxígeno disuelto en la columna de agua, estación 7



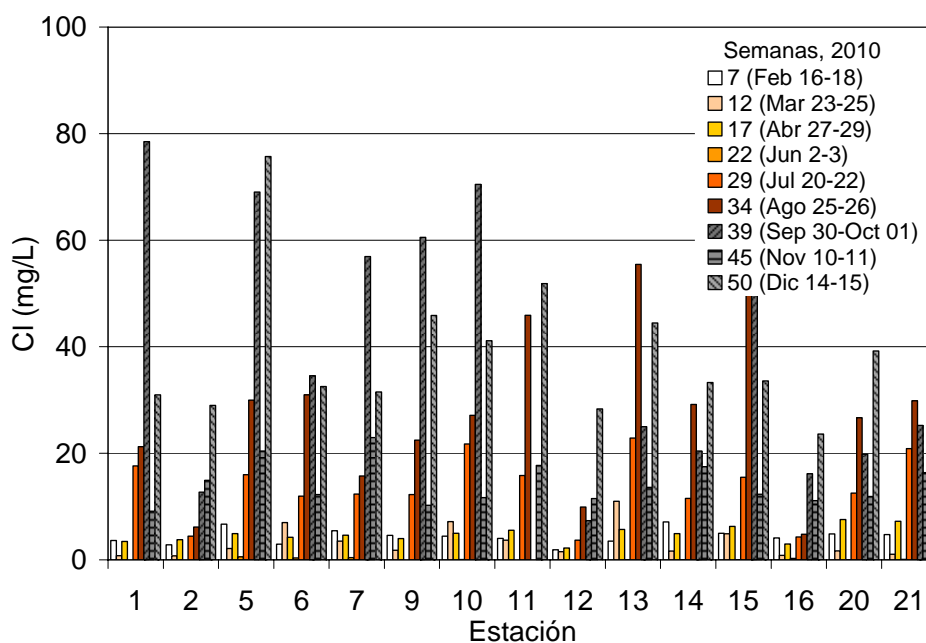
**Figura 83.** Conductividad eléctrica en agua de superficie



**Figura 84.** Conductividad eléctrica en agua de fondo

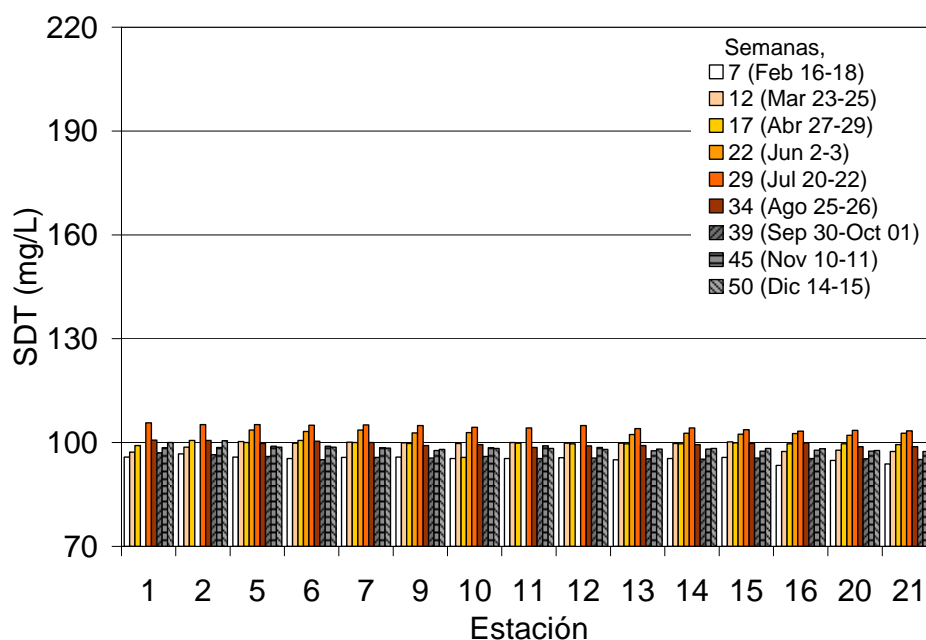


**Figura 85.** Cloruros en agua de superficie

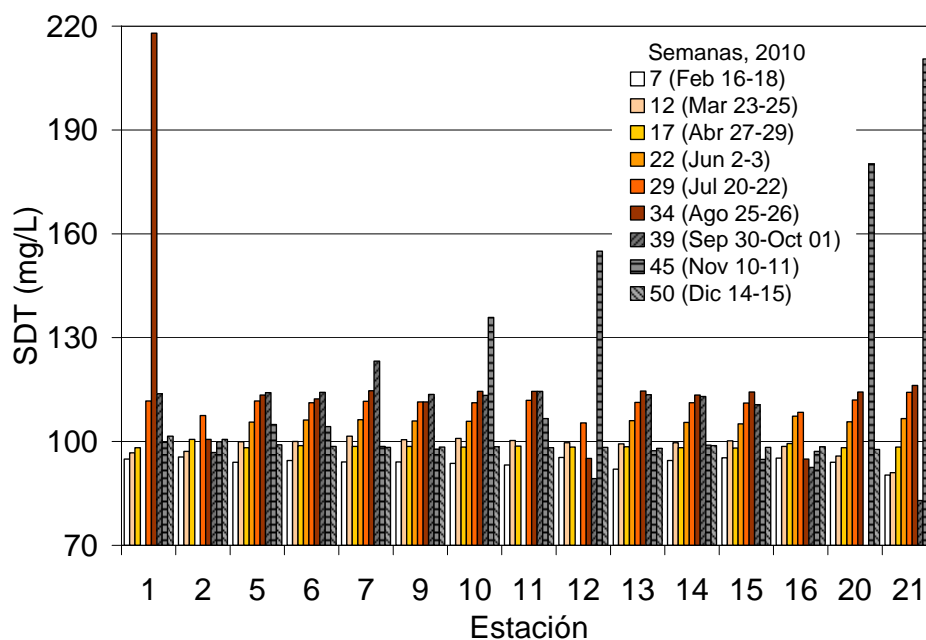


**Figura 86.** Cloruros en agua de fondo





**Figura 87.** Sólidos disueltos totales en agua de superficie



**Figura 88.** Sólidos disueltos totales en agua de fondo



### **Anexo 3. Resultados de dosis óptimas para remoción de P-PO<sub>4</sub> y comparación con dos adsorbentes naturales**





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

**Tabla 41.** Evaluación de dosis óptima de Phoslock para remover P-PO<sub>4</sub> en agua

Tiempo (d)	Dosis de adsorbente (g adsorbente/g P-PO <sub>4</sub> )											
	50/1		75/1		100/1		125/1		150/1		100/1 (Duplicado)	
	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)
0	8.30	0.52	8.30	0.52	8.29	0.52	8.27	0.52	8.28	0.52	8.28	0.52
0.5	8.25	0.40	8.24	0.41	8.22	0.27	8.21	0.19	8.23	0.16	8.22	0.27
1	7.89	0.36	7.88	0.28	7.87	0.22	7.87	0.15	7.83	0.08	7.81	0.21
2	7.88	0.36	7.89	0.24	7.89	0.19	7.92	0.10	7.90	0.05	7.94	0.15
5	8.86	0.18	8.83	0.15	8.98	0.15	8.72	0.07	8.96	0.06	8.88	0.17
8	8.24	0.28	8.26	0.19	8.23	0.14	8.22	0.04	8.32	0.03	8.37	0.12
15	8.32	0.23	8.30	0.21	8.22	0.12	8.21	0.07	8.22	0.06	8.22	0.10
30	8.14	0.27	8.33	0.13	8.31	0.02	8.38	0.1	8.42	0.01	8.49	0.02
47	7.75	0.27	7.96	0.13	7.93	0.03	8.00	0.08	8.02	0.02	8.00	0.02

**Tabla 42.** Evaluación de dosis óptima de Bentonita cálcica para remover P-PO<sub>4</sub> en agua

Tiempo (d)	Dosis de adsorbente (g adsorbente/g P-PO <sub>4</sub> )											
	50/1		75/1		100/1		125/1		150/1		Blanco	
	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	pH	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)
0	8.32	0.52	8.26	0.52	8.27	0.52	8.27	0.52	8.28	0.52	8.27	0.52
0.5	8.27	0.52	8.23	0.52	8.23	0.52	8.23	0.51	8.25	0.52	8.22	0.52
1	7.78	0.52	7.83	0.51	7.81	0.51	7.81	0.51	7.83	0.52	7.88	0.51
2	7.93	0.51	7.96	0.50	7.97	0.51	7.98	0.51	7.97	0.51	8.02	0.52
5	8.69	0.50	8.71	0.50	8.75	0.50	8.77	0.50	8.80	0.51	8.83	0.51
8	8.36	0.51	8.37	0.51	8.36	0.50	8.34	0.51	8.37	0.52	8.38	0.51
15	8.15	0.50	8.13	0.51	8.18	0.50	8.19	0.52	8.18	0.51	8.28	0.52
30	8.41	0.51	8.39	0.50	8.36	0.51	8.39	0.50	8.40	0.52	8.44	0.52
47	8.32	0.51	8.25	0.51	8.41	0.51	8.44	0.51	8.32	0.51	8.38	0.52



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A3-1





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

#### **Anexo 4. Resultados de remoción de $P-PO_4$ en columnas de agua e inmovilización en sedimentos**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa





**Tabla 43.** Resultados de velocidad de remoción de P-PO<sub>4</sub> en columna de agua (Blanco)

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30	45	56
Llave	P-PO <sub>4</sub>										
1	0.32	0.29	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28
2	0.33	0.32	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.29	0.28	0.27	0.27
3	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.27	0.28
4	0.31	0.31	0.30	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28
5	0.32	0.32	0.30	0.31	0.31	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.29
Prom	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28
Desvest	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01

**Tabla 44.** pH en columna de agua (Blanco)

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	pH								
1	7.00	6.82	6.96	7.12	7.13	7.20	7.14	7.33	7.34
2	6.85	6.79	6.96	7.07	7.09	7.14	7.13	7.46	7.42
3	6.99	6.98	7.00	7.12	7.12	7.10	7.17	7.45	7.45
4	7.02	6.96	9.96	7.13	7.16	7.08	7.2	7.47	7.48
5	7.10	7.00	7.03	7.11	7.18	7.10	7.16	7.45	7.47
Prom	6.99	6.91	7.58	7.11	7.14	7.12	7.16	7.43	7.43
Desvest	0.09	0.10	1.33	0.02	0.04	0.05	0.03	0.06	0.06

**Tabla 45.** Turbiedad en columna de agua (Blanco)

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	Turbiedad (NTU)								
1	52.9	31.5	47.3	44.2	35.7	39.2	17.0	25.0	21.5
2	53.4	34.3	42.0	41.8	41.9	81.5	16.6	6.5	24.6
3	75.6	39.3	61.4	41.1	34.8	41.5	12.3	3.7	17
4	81.3	42.3	82.7	45.8	77.7	35.9	15.3	16.5	17.5
5	89.6	71.3	64.2	54.5	43.4	56.7	87.8	21.7	19.1
Prom	70.7	43.7	59.5	45.5	46.7	51.0	29.8	14.7	19.9
Desvest	16.7	16.0	16.0	5.4	17.7	18.8	32.5	9.3	3.1

**Tabla 46.** Potencial redox en columna de agua (Blanco)

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	Potencial redox (mV)								
1	257.0	235.4	230.9	263.0	390.1	365.3	394.4	270.7	287
2	226.9	239.6	236.7	265.3	391.4	369.3	394.5	270.6	287
3	243.6	233.2	211.4	265.2	397.2	375.4	395.1	270.9	285
4	210.5	239.9	219.5	269.9	400.4	367.9	386	278.2	286
5	224.7	251.3	226.6	270.6	403.8	368.8	389.2	276.5	287
Prom	232.5	239.9	225.0	266.8	396.6	369.3	391.8	273.4	286.4
Desvest	18.0	7.0	9.9	3.3	5.9	3.7	4.0	3.7	0.9

**Tabla 47.** Resultados de velocidad de remoción de P-PO<sub>4</sub> en columna de agua con adsorbente Phoslock

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30	45	56
Llave	P-PO <sub>4</sub>										
1	0.25	0.18	0.17	0.13	0.13	0.09	0.09	0.07	0.06	0.06	0.05
2	0.25	0.18	0.16	0.12	0.12	0.09	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05
3	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.09	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.25	0.21	0.17	0.12	0.11	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
5	0.24	0.23	0.19	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.05
Prom	0.25	0.20	0.17	0.12	0.12	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05
Desvest	0.004	0.02	0.01	0.01	0.01	0.004	0.009	0.011	0.01	0.01	0.00

**Tabla 48.** pH en columna de agua con adsorbente Phoslock

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	pH								
1	6.85	6.73	6.74	7.07	7.27	7.08	7.09	7.21	7.10
2	6.84	6.70	6.76	7.05	7.28	7.09	7.13	7.21	7.15
3	6.92	6.85	6.90	7.08	7.14	7.07	7.11	7.19	7.16
4	7.10	6.93	7.03	7.05	7.16	7.09	7.11	7.19	7.17
5	7.05	6.79	6.83	7.04	7.13	7.03	7.13	7.12	7.19
Prom	6.95	6.80	6.85	7.06	7.20	7.07	7.11	7.18	7.15
Desvest	0.12	0.09	0.12	0.02	0.07	0.03	0.02	0.04	0.03

**Tabla 49.** Turbiedad en columna de agua con adsorbente Phoslock

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	Turbiedad (NTU)								
1	93.7	95.4	47.2	42.6	38.8	36.2	12.6	35.6	37.0
2	72.5	98.3	84.0	34.5	39.0	59.5	13.9	18.3	36.1
3	78.6	103.7	84.7	41.6	43.5	20.9	19.2	24.7	22.8
4	79.6	56.3	112.4	46.8	58.0	31.3	19.9	15.1	38.0
5	88.5	109.0	117.6	53.0	43.5	96.7	19.4	35.5	35.9
Prom	82.6	92.5	89.2	43.7	44.6	48.9	17.0	25.8	34.0
Desvest	8.4	20.9	28.1	6.8	7.9	30.2	3.5	9.5	6.3

**Tabla 50.** Potencial redox en columna de agua con adsorbente Phoslock

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	Potencial redox (mV)								
1	220.4	258.1	235.4	205.9	279.6	366.9	384.7	185.3	264
2	227.4	267.5	239.6	218.5	328.6	348.0	337.7	217.2	266
3	231.6	264.7	243.6	224.5	330.0	359.8	348.6	236.2	269
4	134.2	270.9	239.9	235.9	335.1	351.1	347.5	247.3	273
5	236.5	280.5	251.3	245.8	344.4	355.5	346.5	256.2	279
Prom	210.0	268.3	242.0	226.1	323.5	356.3	353.0	228.4	270.2
Desvest	42.8	8.3	6.0	15.4	25.3	7.4	18.2	28.2	6.0

**Tabla 51.** Resultados de velocidad de remoción de P-PO<sub>4</sub> en columnas de agua con adsorbente bentonita cálcica

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30	45	56
Llave	P-PO <sub>4</sub>										
1	0.30	0.31	0.32	0.30	0.28	0.29	0.29	0.27	0.24	0.23	0.23
2	0.29	0.32	0.32	0.32	0.29	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.21
3	0.29	0.32	0.33	0.31	0.28	0.28	0.27	0.23	0.21	0.21	0.21
4	0.29	0.33	0.33	0.32	0.29	0.28	0.27	0.23	0.22	0.21	0.21
5	0.42	0.31	0.34	0.32	0.29	0.27	0.26	0.26	0.23	0.23	0.22
Prom	0.32	0.32	0.33	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25	0.22	0.22	0.22
Desvest	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01

**Tabla 52.** pH en columna de agua con adsorbente bentonita cálcica

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	pH								
1	6.96	6.75	6.78	7.04	7.13	7.08	7.12	7.45	7.41
2	6.85	6.69	6.74	7.06	7.10	7.08	7.1	7.34	7.40
3	6.85	6.81	6.80	7.08	7.10	7.12	7.13	7.28	7.45
4	6.92	6.85	6.88	7.14	7.14	7.16	7.14	7.26	7.5
5	6.88	6.79	6.84	7.11	7.11	7.10	7.18	7.32	7.5
Prom	6.89	6.78	6.81	7.09	7.12	7.11	7.13	7.33	7.45
Desvest	0.05	0.06	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.07	0.05

**Tabla 53.** Turbiedad en columna de agua con adsorbente bentonita cálcica

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	Turbiedad (NTU)								
1	43.5	44.8	51.6	35.8	33.1	30.6	28.9	52.9	28.6
2	43.6	30.7	51.7	32.4	30.5	107.3	45.7	29.0	26.6
3	89.4	32.0	43.7	36.2	36.0	67.1	29.5	44.1	21.7
4	59.2	33.1	50.4	37.3	30.2	43.3	37.3	12.9	27.4
5	83.6	31.9	95.1	58.6	54.7	124.9	21.5	104.0	26.6
Prom	63.9	34.5	58.5	40.1	36.9	74.6	32.6	48.6	26.2
Desvest	21.8	5.9	20.8	10.5	10.2	40.5	9.2	34.5	2.6

**Tabla 54.** Potencial redox en columna de agua con adsorbente bentonita cálcica

t (d)	0	0.02	0.5	1	2	5	8	15	30
Llave	Potencial redox (mV)								
1	226.4	245.2	257.0	253.9	396.5	364.5	373.8	258.1	288
2	243.5	234.4	226.9	257.8	397.4	358.8	371.8	267.5	291
3	239.4	241.2	233.2	255.9	399.3	361.8	370.7	264.7	283
4	132.3	243.4	210.5	262.3	388.4	362.2	371.2	270.9	285
5	136.2	245.2	224.7	365.8	399.6	361.8	380.8	280.5	277
Prom	195.6	241.9	230.5	279.1	396.2	361.8	373.7	268.3	284.8
Desvest	56.3	4.5	17.0	48.5	4.6	2.0	4.2	8.3	5.3



## Anexo 5. Cotizaciones para la estimación de costos de tratamientos



De: Nigel Traill [mailto:ntraill@phoslock.com.au]  
Enviado el: Tuesday, October 27, 2009 4:40 AM  
Para: Anne Hansen; rs61@bigpond.net.au  
CC: 'lab2 de Anne Hansen'  
Asunto: Re: Your enquiry about Phoslock

Dear Anne / Arturo,

Thank you for your email and my apologies for the delay in responding was in the UK. Unfortunately, it won't be possible for David Garman to extend his stay, as he has commitments in Australia.

Your lake is obviously a very large and complex system with major eutrophication issues. While I would like to be able to offer an estimate of the initial and on-going costs for a treatment of your reservoir, I believe that it would be somewhat risky to do this without understanding the situation in more detail.

For example, of the 340 tonnes of nutrients that enter the reservoir yearly, what percentage is TP ? Also, do you have any information on annual outflows and concentrations of TP in the outflows ? The concentration range of TP you provide in your email (0.01 - 045 mg/L) is very wide and the variation is presumably due to different concentrations at different times of the years, at different locations and different depths. It would be difficult to estimate a required dosage of Phoslock without knowing what percentage of the total TP load is at the higher end of this range and what percentage of the total TP load is at the lower end of the range.

Perhaps the best way of estimating costs in the first instance would be to do so on the basis of cost per kg of P removed. This would then allow you to develop a strategy aimed at reducing the total TP load and thereby achieving a reduction in trophic status.

Essentially, 100g of Phoslock will bind 1g of phosphorus (when the phosphorus is in the phosphate form). The price of Phoslock from the port where we would ship from in China is USD 1,700 per tonne. To this would need to be added the cost of freight to Mexico (probably between USD 50-75 / tonne) and any in-country costs such as domestic freight, customs clearance charges and any tariffs or taxes that would be levied by Mexican authorities. I don't have any

information about what (if any) tariffs and duties would be applicable in Mexico, as these do vary widely from country to country.

In general, it can be said that a Phoslock application is best suited to situations where the key driver of eutrophication is the internal rather than the external load of TP. As you mention that two thirds of the total yearly load in your reservoir is from external sources, it is likely that a treatment of your reservoir with Phoslock would require regular reapplications. Although not all of the 340 tonnes of nutrients entering the reservoir would be TP, there is obviously a huge amount of phosphorus entering the reservoir annually and removal of this load through Phoslock can be expected to require large volumes.

I hope that this answer is helpful to you and apologise that I cannot give a more exact estimate of the likely cost of a Phoslock application. Please let me know if you require any further information. I look forward to hearing from you.

Kind regards

Nigel



From: Digna Mardueño Ibarra dmardueno@woodward.com.mx  
To: "Carlos Corzo Juarez de Anne Hansen" <lab3@tlaloc.imta.mx>  
Cc: <jperez@woodward.com.mx>  
Sent: Mon, 1 Nov 2010 13:09:51 -0600  
Subject: RE: INTEGRADORA WOODWARD

Hola Mtro. Carlos,  
El IGI, es el Impuesto General de Importación, que se determina según el producto a importar en su caso esta exento.

DTA (Derecho de tramite aduanero)son contribuciones a pagar por las operaciones aduaneras que sean realizadas, y es del .008 % del Valor en Aduana (Valor factura + flete y seguro hasta Mzlllo)

PRV, Prevalidador de \$162.00 pesos por embarque, este se paga para checar que estén correctos los datos del pedimento.

Saludos,,,

-----Mensaje original-----

De: Carlos Corzo Juárez de Anne Hansen [mailto:lab3@tlaloc.imta.mx]  
Enviado el: Lunes, 01 de Noviembre de 2010 11:23 a.m.  
Para: Digna Mardueño Ibarra  
Asunto: Re: INTEGRADORA WOODWARD

Buen día Lic. Digna

Me podría explicar un poco más a fondo los costos o en su caso un ejemplo para el cálculo total de sus servicios.

Qué es el IGI,DTA y PRV?

Muchas gracias

On Mon, 1 Nov 2010 10:32:56 -0600, Digna Mardueño Ibarra wrote

Buenos días Mtro. Carlos:

Esperando haya tenido un excelente fin de semana, le comento que el producto a importar esta exento de IGI, y referente al IVA, se tiene que pagar el 16% como todas las mercancías, pero lo tendría que checar directamente CONAGUA, para que lo reembolsaran.

IGI exento  
DTA .008%  
PRV \$162  
IVA 16%

Los honorarios por nuestra parte para la importación de Arcilla (Bentonita) 0.32% por embarque mínimo \$3,000 MXP

Servicios Complementarios por contenedor \$1,200 MXP

Los honorarios no incluyen IVA.

El transporte terrestre Manzanillo - Valle de Bravo Manzanillo

\$ 23,202.90 + IVA + pistas ida y vuelta \$ 4,274.14 Plataforma sencilla

El flete es por 1 contenedor ya que las rutas de acceso a Valle de Bravo no permiten que sea plataforma doble.

Maniobras \$8,000 + IVA Aprox. (dependiendo la terminal a la que llegue)

Cualquier comentario quedo a sus órdenes.

Saludos cordiales,,,

Date: Tue, 9 Nov 2010 15:13:05 -0600  
From: <http://www.google.com/search?q=WvonMayer%40dredgebrokers.com>  
To: Carlos Corzo <lab3@tlaloc.imta.mx>  
Subject: RE: Solicitud cotización barcaza

Estimado Carlos

Pues hay una línea que se llama línea peninsular (lineaships.com) que se encuentran en Panamá City Florida. Se podría llevar en camión ahí (para acortar distancia) y de ahí ponerla en un barco de línea peninsular y mandarla a progreso Yucatán. Ahí la podrían pasar a buscar.

En caso que la necesite más al norte del país pues otra opción es llevarla en camión hasta donde la necesiten. Es una embarcación pequeña. Puesta en Texas no creo que sea mas de 15,000 dólares.

Estoy a la orden

Saludos,

Wilhelm von Mayer  
Dredge Brokers LLC  
(225) 635-6369  
<http://www.dredgebrokers.com/>

From: Carlos Corzo [mailto:lab3@tlaloc.imta.mx]  
Sent: Tuesday, November 09, 2010 3:11 PM  
To: W von Mayer  
Subject: RE: Solicitud cotización barcaza

Muchas gracias por su rápida respuesta. La duda que tengo es que como la necesitamos en México, cuál sería el costo adicional

Saludos

De: W von Mayer [mailto:WvonMayer@dredgebrokers.com]  
Enviado el: martes, 09 de noviembre de 2010 02:48 p.m.  
Para: Carlos Corzo  
Asunto: RE: Solicitud cotización barcaza

Estimado Carlos

Gracias por el correo. Esta embarcación se encuentra disponible. La barcaza viene con una grúa construida en 1997 manejada con sistema hidráulico pullmaster con cable de acero inoxidable. Estos propulsados con un motor Briggs & Stratton de 16 caballos de fuerza. Los especificaciones técnicas las pueden encontrar en el link aquí abajo mencionado.

[http://www.dredgebrokers.com/Barges\\_Work/80829-BW/barge.html](http://www.dredgebrokers.com/Barges_Work/80829-BW/barge.html)

Sobre el precio, este esta actualizado al momento. Obviamente es negociable directamente con el dueño y esto lo podrán hacer cuando sea la embarcación inspeccionada en persona.

Cualquier pregunta o comentario, estoy a la orden

Saludos,

Wilhelm von Mayer  
Dredge Brokers LLC  
(225) 635-6369  
<http://www.dredgebrokers.com/>

From: Carlos Corzo [mailto:lab3@tlaloc.imta.mx]  
Sent: Tuesday, November 09, 2010 2:42 PM  
To: W von Mayer  
Subject: Solicitud cotización barcaza

Estimado Wilhelm von Mayer,

Por este medio le solcito la cotización de compra para la barcaza de trabajo tipo grúa que aparece en su página con archivo 80829-BW. El costo que aparece en el sitio es de USD\$86000. Podría indicarme cual sería el precio actualizado y qué se incluye en este.

Saludos.

Atte.

M. en I. Carlos Corzo  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Laboratorio de Hidrogeoquímica  
Tel. (052) 777 3293600 Ext. 161 Cuernavaca, Morelos, México



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

*Dredges and Dredging Equipment*

[Home](#)

[List Your Equipment](#)

[Terms of Use](#)

[Privacy Policy](#)

[FAQ](#)

[Contact Us](#)

*File 80829 BW*



[More Photos](#)

### 25 foot Work Barge Crane

This is a lightweight, trailerable 12'x 25' custom built aluminum barge. The barge comes with a 1997 035 Hiab knuckle boom crane (4) section hydraulic boom with a used pull master winch with stainless cable and a 16 hp Briggs & Stratton Vanguard pump to run crane.

Located in the State of **Florida, USA**

**Price for Barge: USD \$ 86,000**

## ***Technical Details***

### Principal Dimensions and Characteristics

Length	3.66 m	12 feet
Width	7.62 m	25 feet

### Main Engine

Make / Model	Honda engine	
Engine Capacity	67.05 kW	90 hp

### Others

All the hydraulic cylinders on the crane have recently been re-done.

It comes with two steel spuds, which are powered up and down by two Dayton electric winches.

A ten gallon gas tank and an 8D battery are mounted on the back of the barge to create more deck space.

*All details on these pages are given in good faith and are believed to be accurate but no warranty of accuracy or completeness or suitability for purpose is either stated or implied. Prices are subject to change without notice.*

- **Si usted prefiere hablar español**, contacte por favor a Wilhelm von Mayer aqui.
- **Für kontakt auf Deutsch**, bitte melden Sie sich mit Herr Wilhelm von Mayer hier.
- List Your Equipment for Free.

**De:** COFISEM M [cofisem@hotmail.com]  
**Enviado el:** Thursday, November 11, 2010 8:02 PM  
**Para:** ahansen@tlaloc.imta.mx  
**Asunto:** COTIZACION

BUENA NOCHE

LE COMENTO SOBRE LA COTIZACIÓN DEL RESGUARDO Y TRANSPORTACIÓN DEL MATERIAL QUE LLEGARA A MANZANILLO:

1.- UNA VEZ QUE SU DISTRIBUIDOR ENTREGARA EN PUERTO DE MANZANILLO EL MATERIAL EN LA ADUANA, EL SEGURO DE TRANSPORTES QUE TRANSPORTARA A TOLUCA INCLUIRÁ LA COBERTURA DE LA ESTADÍA EN LA ADUANA;

PRIMA NETA	\$ 1'670,000.00
DERECHOS	\$ 1,000.00
IVA	\$ 267,360.00
PRIMA TOTAL	\$ 1'938,360.00

ESTO HASTA LA BODEGA DE TOLUCA CONSIDERANDO SI SE MANDARA EL 100% DEL MATERIAL

2.- YA PUESTO EL MATERIAL EN LA BODEGA DE TOLUCA OTRA PÓLIZA CUBRIRÁ EL INCENDIO, RAYO, TERREMOTO, FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS;

	PRIMER MES	SEGUNDO MES
PRIMA NETA	\$ 125,000.00	\$ 125,000.00
DERECHOS	\$ 500.00	\$ 0.00
IVA	\$ 20,080.00	\$ 20,000.00
PRIMA TOTAL	\$ 145,580.00	\$ 125,000.00

3.- EL SEGURO DE TRANSPORTES QUE TRANSPORTARA DE TOLUCA A VALLE DE BRAVO;

PRIMA NETA	\$ 2,808.00
DERECHOS	\$ 500.00
IVA	\$ 529.28
PRIMA TOTAL	\$ 3,837.28

ESTO HASTA LA BODEGA DE VALLE DE BRAVO

LA PÓLIZA A DECLARACIÓN QUE SE CONTRATARA SOLO GENERARA UN SOLO DERECHO DE EMISIÓN QUE EQUIVALE A LOS \$500.00.



SE DEBERÁ DE ENTREGAR CADA MES UN INFORME DE LOS VIAJES DE CADA ENVIO, Y SE COBRARA EN BASE A ESA DECLARACIÓN, HASTA AGOTAR LAS EXISTENCIAS EN BODEGA.

EL ENVIO DEL MATERIAL DE LA BODEGA DE VALLE DE BRAVO A MUELLE NO HAY PÓLIZA CONSIDERADA POR CONTRATAR.

EN ESPERA DE QUE LA COTIZACIÓN SEA LO ESPERADO.

QUEDO EN ESPERA DE SU INSTRUCCIÓN

MARCO ANTONIO ORTEGA ROBLES

**CORPORACION DE FIANZAS Y SEGUROS MEXICO**

PASEO CUAUHNHUAC KM1.5, DESP. A1, COL. ALEGRIA, C.P. 62469, CUERNAVACA, MORELOS, EN LA REPUBLICA MEXICANA

TELEFONO: 01 (777) 1 00 27 76

FAX: 01 (777) 3 10 31 49

E-MAIL: cofisem@hotmail.com



GENERADOR ELECTRICO, GENERADORES ELECTRICOS, GRUPO ELECTROGENO, QUADS, MINIMOTOS, PIT BIKE, PATINETE [CLICK AQUÍ PARA CONTACTAR](#)

[IR A LA PÁGINA DE INICIO](#)

Condiciones generales Política de privacidad

MINIMOTOS Y GENERADORES ELECTRICOS Generadores Electricos Low Cost -  
Generador Ele... Generador Gasolina 8Kva Trifásico Digital con Carrito de Transporte  
Generador Gasolina 8Kva Trifásico Digital con Carrito de Transporte

N.º de pedido: Generador Gasolina 8Kva Trifásico Digital con Carrito de Transporte

Nueva tecnología en generadores, gama donde todos montan motores OHV Filial de otras marcas de reconocido nombre, mismo motor a un precio mucho más económico. Ahora todos nuestros modelos nuevos incorporan ya voltímetro, cuenta horas, amperímetro, Hz todo Digital, alta calidad.

Gama que goza de 2 años de garantía total y 10 años de seguridad de recambios para los mismos.

Disponibilidad de un amplio stock de recambios.

Generador Eléctrico de 8Kva Trifásico Con Arranque Eléctrico, Modelo Deluxe con Carrito para su Transporte

Importante: Rellene el nivel de aceite antes de su uso



## CARACTERÍSTICAS

Motor OHV refrigerado por aire. Gran autonomía. Alternador AVR par mejor calidad de corriente. Motores con alarma de aceite. Panel de control Voltímetro.

La nueva gama de generadores RETTO gasolina 2009 incorpora numerosas novedades. Robustas bancadas que ofrecen una gran robustez en toda la gama, nuevos alternadores AVR, paneles de control de última generación con iluminación interna para usos nocturnos, kit profesional de transporte con ruedas neumáticas, Los nuevos que van a llegar van a incluir un panel Digital en LED con Indicador De Voltaje

Otra importante presentación en este nuevo catálogo 2009 son los esperados modelos de 6.5kW, con el excelente rendimiento de nuestro nuevo motor OHV de



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

13HP.

### Dimensiones y características:

Motor (ml)	337cc
Tipo de Motor	4 stroke, Single cilindro, air -cooled OHV
Potencia Max (kw/r/min)	8Kva/3600/RPM /6500w
generador motor:	Brushless 3 Fases 220v/380v
Voltaje regulador	Condensador Type
Tanque de gasolina	22 litros
sistemas de encendido	T.C.I Arranque electrónico
modo de encendido	Eléctrico y manual Dispone de llave de seguridad
Duración del tanque de Combustible:	10,5 Horas a pleno rendimiento
batería	Incluida en el precio de 12v 8.3Amp
Modelo alternador	Síncrono,sin escobillas
Potencia del motor:	13HP/3600RPM
peso en Orden:	95 Kg
Capacidad cárter Aceite	1.1 litro
Tamaño sin caja:	674×510×532 mm
Tamaño en caja:	700×530×550mm

### CONTENIDO de la CAJA

Generador Completo de 8 Kva con Protecciones para su transporte.

Piezas y conectores para posibles instalaciones.

Llave de Bujía,Ruedas y carrito para su transporte.

Batería y IVA Incluida en el precio.

### MANUALES e INSTRUCCIONES

Los manuales Instrucciones de Funcionamiento son Totalmente en castellano.

con cada generador entregamos Diagrama de todo el circuito eléctrico según el modelo que hayas comprado

este producto Dispone de las 2 Homologaciones que solicita la comunidad Europea



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

Fotos:



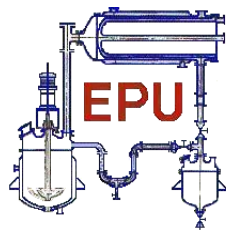
- Montaje completo.
- Apriete y reajuste de tornillería y elementos externos.
- Engrase de partes móviles.
- Carburación o ajuste de la inyección
- Llenado de aceite ( 4T )
- Cebado del motor ( en caso de motores diesel )
- Comprobación de cargas ( si se requiere )
- Prueba mecánica y arrancado del motor.
- Seguimiento de funcionamiento, durante las primeras horas de uso.

Recuerde que todo estos ajustes están realizados por mecánicos titulados, y el propio servicio altamente calificado !!

Plazo de entrega: 3 día(s)  
Oferta ultima hora 731,20 €  
599,00 €

IVA INCLUIDO

Peso de entrega: 35 kg



## EQUIPOS DE PROCESO ULLMANN

EL INVENTARIO MÁS GRANDE DE EQUIPO DE PROCESO QUÍMICO EN MÉXICO

Pocito 141, Col. Popotla, México, D.F., TEL: 01(55) 53996372, FAX: 53863218,  
Bodega: 01(55) 57558283, e-mail: ullmann\_equipos@yahoo.com, www.ullmann.com.mx

COT.303/10

07 de Diciembre de 2010

-INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

Atención M. en I. Henri Márquez Pacheco.

Estimado M. en I. Márquez:

De acuerdo a su amable solicitud, nos es grato someter a su apreciable consideración nuestra cotización por el siguiente equipo:

EPU-50AGITADOR MARCA AGIMEX Mod. 2XEC/100 para 1 HP No. de Serie 1000-791 350 r.p.m. Motor SIEMENS de 1HP trifásico. Con flecha de 1" de diámetro y propela de 3 aspas de 10" de diámetro, con base y soporte.

**X... \$ 9,000.00**

**Precio LAB Bodega Xalostoc, México + IVA**

**Tiempo de entrega: INMEDIATO**

**Condiciones de pago: CONTADO**

Esperando servirle en un futuro próximo, quedo de usted.

Atentamente

Ing. Ricardo Salazar Chávez  
DIRECTOR



**Servicio Especializado de Transportes Industrial y Automotriz, S.A. de CV.**

Leopoldo Blakaller Lote 6 Mz. 68 Col. San Pedro Xalpa, Azcapotzalco, D. F.

Tel: 2098-2945, 1040-

6926

Nextel ID 52\*167842\*1

Y 52\*167842\*5

México D. F. a 07 de Diciembre de 2010.

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

**SR. HENRI MARQUEZ**

e-mail: lab1@tlaloc.imta.mx

**Presente**

Agradeciendo de antemano su amable solicitud, a continuación sometemos a su consideración la siguiente cotización de un Montacargas en Renta:

• Renta de Montacargas mensual	\$	14,000.00
• Flete de entrega y recolección del Montacargas en el D.F. y área metropolitana	\$	2,600.00
• Tanque de combustible de 40 litros	\$	440.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$</b>	<b>17,040.00</b>

Estos precios **NO** incluyen IVA, y los pagos deberán realizarse por adelantado.

En el caso de requerir del Servicio, le solicitamos realizar el depósito en el Banco **Banamex** a la cuenta 0232 7685298 clave 002180023276852987 a nombre de **Servicio Especializado de Transportes Industrial y Automotriz SA de CV.** y confirmar depósito al Fax (55) 53-18-58-10 o al correo electrónico felisa.tiasa.ventas@hotmail.com

Sin otro en particular, y en espera de ofrecerle nuestros servicios, nos ponemos a sus apreciables ordenes.

ATENTAMENTE

Lic. Felisa Vázquez Rosas  
Coordinador de Ventas





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

**LOWRANCE**

## Lista de Precios 2009



**[www.lowrance.es](http://www.lowrance.es)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes. 2ª Etapa

A5-17



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

**LOWRANCE**

www.lowrance.es



Lowrance, diseñador y fabricante de Son­das, GPS e instrumentos para la Aviación, inició su trayectoria en Joplin, Missouri en 1957. Carl Lowrance, compartía su afición por la pesca con sus dos hijos, Darrell y Arlen.

Diseñaron la primera sonda, de alta frecuencia, a base de transistores del mundo. El hecho de incluir transistores como componentes electrónicos resultó un concepto revolucionario.

En Noviembre de 1959 la Compañía introdujo la primera sonda portátil, denominada "Little Green Box". Se convirtió en la sonda más popular del mundo. Entre 1959 y 1984 se fabricaron más de un millón de unidades.

En 1964 se desplazaron a Tulsa, Oklahoma. En 1965 Lowrance introdujo las primeras sondas y transductores capaces de garantizar un alto rendimiento navegando rápido.

En 1985, Lowrance desarrolló su primer sistema Gráfico de Cristal Líquido (LCG), el X-3.

En 1996 Lowrance introdujo el primer GPS portátil del mercado que incorporaba 12 canales.

A medida que la Compañía crecía, también lo hacía su reputación y los esfuerzos en investigación y desarrollo.

La actual oferta de Lowrance constituye la gama más completa de Son­das, GPS, Radares y Plotters del mercado internacional, asequibles para cualquier armador, pescador o aficionado a todo tipo de actividades al aire libre.

## Indice

- 3 HDS – Sistema de alta definición
- 5 Combo: Son­das, Plotters, GPS....
- 6 Cartografía
- 7 GPS Chartplotters
- 8 Son­das
- 9 Radios VHF
- 10 Ethernet e instrumentación
- 11 Radares
- 12 GPS portátil ENDURA
- 13 Accesorios y repuestos





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

www.lowrance.es

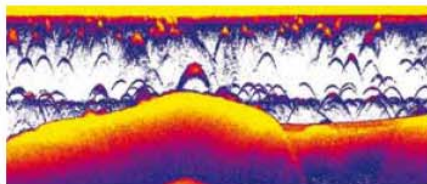
**LOWRANCE**

## HDS – Sistema de Alta Definición multitarea

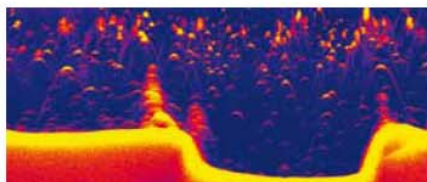
Un paso revolucionario hacia el futuro de la innovación en la electrónica



Lo mejor de las nuevas tecnologías Lowrance: Sonda, GPS, Radar ..... en pantallas alta definición SolarMAX™ PLUS que presentan todos los detalles realizados, incluso bajo luz solar. El nuevo dial tipo FlyWheel™, junto con las teclas de pantalla facilitan un control rápido y sencillo. Ahora, además, las HDS son totalmente compatibles con tarjetas cartográficas Navionics® : – Platinum+, Platinum, Platinum HotMaps. Incorporan dos lectores –alta velocidad– de tarjetas SD. Totalmente "listas" para que usted disponga de un sistema independiente o apto para trabajo en red.



Broadband con 83 kHz (Se muestra con fondo de pantalla blanco) proporciona cobertura ancha y facilita la identificación de blancos cercanos a termoclinas y a la superficie.



Broadband con 200 kHz (muestra el fondo de pantalla azul) facilita la identificación de los blancos en los cardumen.

### Ecosonda HDS - "Broadband" Alta Definición

- Menos ruidos, más blancos
- Presentaciones nítidas: claras y cristalinas
- Mayor detalles y cobertura incluso en aguas poco profundas
- Excepcional rendimiento en aguas profundas
- Posibilidad de expansión sin costo adicional

### Nuevas y fantásticas Cartas Alta Definición

- Mapa de fondo del mundo: Navionics®
- Ampliación de opciones cartográficas, incluyendo: Navionics® Platinum+, Platinum y HotMaps Platinum con TurboView™

### HDS: nuevas opciones y posibilidades de expansión

- Puerto de expansión red Ethernet: NEP-1
- Total conectividad red: NMEA 2000®
- Nuevo receptor GPS – antena: LGC-4000
- Indicadores multi-función LMF
- Sensores electrónicos para detección: EP

### Gran detalle y cobertura en aguas someras

Para pesca en aguas someras, el módulo Broadband puede trabajar a 83 y 200 KHz. A 83 kHz, puede conseguir 120 grados de cobertura con gran definición de los ecos de peces frente al fondo y las termoclinas.

### Increíbles características para aguas profundas

El módulo Broadband es la electrónica seria para buscar pesca en aguas profundas independientemente de las condiciones climatológicas. Incluso en barcos de alta velocidad, el módulo le mostrará el lecho marino con precisión excepcional de los blancos cercanos al fondo, en torno a pecios y otras estructuras del fondo marino. Y cuando usa transductores de 1kW se pueden alcanzar fondos superiores a los 1000m .

### Amplie su sistema sin costo extra

Para añadir valor a los equipos HDS equipados con el módulo Broadband, pueden convertir un equipo de la serie HDS M o un GlobalMap, con conector amarillo de red, en un equipo multipropósito: Sonda, Plotter y GPS, con solo interconectar los equipos mediante la red ethernet de lowrance.

HDS – Sistema de alta definición

3



**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

**LOWRANCE**

www.lowrance.es

## Las HDS son 'Fáciles de usar'

- Nueva función de menú: Seleccionar, aún más fácil de usar
- Nuevo dial de desplazamiento FlyWheel™ y nuevas teclas-software
- Alta sensibilidad, 16 canales de recepción – disponible en versión interna y externa mediante módulo LGC-4000
- Pantalla SolarMAX™ PLUS que garantiza el mejor detalle, incluso bajo sol directo y con ángulos de visualización muy abiertos



### Estilo y preparado para Retrofit

El modelo HDS muestra un diseño moderno que se adapta al puente de cualquier embarcación. El HDS permite actualizar su electrónica Lowrance. HDS es compatible con los últimos modelos de transductores Lowrance, transductores con conector amarillo y conector NMEA 2000® en red.

### Disfrute el nuevo Menu

El nuevo y más versátil y flexible sistema de manejo del HDS presenta una completa forma innovadora de ver y seleccionar las características y funciones con el menor número de movimientos. Este nuevo formato de menú es rápido y funcional. Le permitirá volar de una función a otra con facilidad y rapidez increíbles.

### El mejor toque

Para un control más fácil y rápido de las funciones de los equipos: HDS-8, -8m, -10 y -10m, presenta el botón único FlyWheel™ que le permitirá disfrutar aún más de las características de este excepcional equipo.



**SOLAR  
MAX+**

### Para saber dónde estás

El HDS tiene internamente un receptor de GPS de alta sensibilidad con 16-canales+WAAS. Es una solución ideal para montaje de sobremesa y empotrado. Se puede conectar en redes NMEA 2000® para compartir datos que no dispongan de antena externa de GPS. Alta precisión de posición.

También hay una nueva antena externa compacta, LGC-4000 GPS + WAAS. Es un módulo de antena de GPS opcional para sistemas que requieran una frecuencia de datos de 5hz / segundo.

### La Pantalla

La pantalla de los modelos HDS realmente brillan. Todas las características del nuevo display SolarMAX™ PLUS para la mejor imagen en cualquier condición de luz y ángulo, incluso a pleno sol, o modos de visualización nocturnos que protegen la vista.





**CONAGUA**

Comisión Nacional del Agua

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Gerencia Técnica.



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

www.lowrance.es

**LOWRANCE**

## Combo: Sonatas, GPS y Chartplotters (Radar opcional)



### HDS-10

- Pantalla de 10.4" Brilliant SolarMax™
- Resolución: 600x800 pixels
- Dimensiones: 31.2 L x 22.5 A x 9.2cm F
- Brillo: 1,400 Candelas
- Alimentación: 10 – 17Vdc, Max 1 Amp
- Peso: 2.1kgs
- Retroiluminación: Led de Luz blanca
- Botón FlyWheel™ y teclas multifunción



### HDS-8

- Pantalla de 8.4" SolarMax™ PLUS
- Resolución: 600x800 pixels
- Dimensiones: 26.9 L x 19.7 A x 9.4cm F
- Brillo: 1,650 Candelas
- Alimentación: 10 – 17Vdc, Max 900mA
- Peso: 1.8kgs
- Retroiluminación Led de luz blanca
- Botón FlyWheel™ y teclas multifunción

Descripción	Referencia	P.V.P	P.V.P + IVA
HDS-10 sin transductor, CE Mapa básico del mundo	000-0140-03	2,679 €	3,107 €

Descripción	Referencia	P.V.P	P.V.P + IVA
HDS-8 sin transductor, CE Mapa básico del mundo	000-0140-08	2,055 €	2,384 €



### HDS-7

- Pantalla de 6.4" SolarMax™ PLUS
- Resolución: 480x640 pixels
- Dimensiones: 22.3 L x 16.4 A x 8.8cm F
- Brillo: 1,600 Candelas
- Alimentación: 10 – 17Vdc, Max 750mA
- Peso: 1.3kgs
- Retroiluminación: Led de luz blanca



### HDS-5

- Pantalla de 5" Brilliant SolarMax™ PLUS
- Resolución: 480x480 pixels
- Dimensiones: 18.4 W x 14.5 H x 8.8cm D
- Brillo: 1,000 Candelas
- Alimentación: 10 – 17Vdc, Max 700mA
- Peso: 0.92kgs
- Retroiluminación: Catodo frio

Descripción	Referencia	P.V.P	P.V.P + IVA
HDS-7 sin transductor, CE Mapa básico del mundo	000-0140-37	1,331 €	1,544 €

Descripción	Referencia	P.V.P	P.V.P + IVA
HDS-5 sin transductor, CE Mapa básico del mundo	000-0140-23	747 €	867 €
HDS-5 83/200 CE Mapa básico del mundo	000-0140-01	803 €	931 €
HDS-5 50/200 CE Mapa básico del mundo	000-0140-43	860 €	998 €

### HDS Combo. Algunos detalles

PANTALLA SolarMAX™ PLUS TFT	Almacena 5000 Waypoints
Superposición Datos Sonda y GPS	Función Hombre al Agua
Presentación Pantalla Partida	
Idiomas soportados 23	
SONDA	RADAR
Frecuencia 50/200 or 83/200 kHz	Tipo de Antena radome y abierta
Potencia salida Max 250W/32W	Conectable en red
RMS actual; equivalente a 30,000/3,750 RMS analógicos	Conexiones NMEA 2000®, NMEA 0183 y Ethernet
Alcance máximo en condiciones propicias 1524 m	CONDICIONES AMBIENTALES
Alarmas : Pez, Prof. Máx. y Mínima	Memoria interna de seguridad
Pantalla Temperatura	Carcasa sellada y impermeable
GPS / NAVIGATION	OTROS
Antena GPS Interna, alta sensibilidad + WAAS + EGNOS	Capacidad para dos tarjetas de memoria SD/MMC
16 Canales Recepción GPS	Módulo Broadband conectable en red
Mapa del mundo pregrabado	2-años de garantía
Acepta cartografía Navionics®	

Combinado sonda, plotter y radar

