



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA

INFORME FINAL

**“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA
LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO”**

Clave Conacyt: MOR-2011-C02-173996

Responsable de operatividad y ejecución: **Dra. Eugenia López López**

Corresponsable del proyecto por parte del IMTA: **Dra. Anne M. Hansen**

Participantes: **M. en I. Carlos Esteban Corzo Juárez**

I.Q. Axel Falcón Rojas

M. en I. Henri Márquez Pacheco

I.T.A. Zayra García Chimalpopoca

Julio de 2013

CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| | 1.1 Objetivo general del proyecto de Conacyt..... | 1 |
| | 1.2 Objetivo específico de la colaboración del IMTA..... | 1 |
| 2 | ANTECEDENTES..... | 3 |
| 3 | MUESTREO DE AGUA Y SEDIMENTO..... | 7 |
| 4 | ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA Y SEDIMENTO..... | 13 |
| | 4.1 Análisis de muestras de agua..... | 13 |
| | 4.2 Análisis de muestras de sedimento..... | 15 |
| 5 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA Y SEDIMENTO..... | 21 |
| | 5.1 Caracterización de agua..... | 21 |
| | 5.2 Resumen de la caracterización de agua..... | 50 |
| | 5.3 Caracterización de sedimento..... | 54 |
| | 5.3.1 Caracterización de pH, contenido de materia orgánica, humedad y granulometría..... | 54 |
| | 5.3.2 Barrido cuantitativo de compuestos orgánicos semivolátiles..... | 59 |
| | 5.4 Resumen de la caracterización de sedimento..... | 60 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 63 |
| 7 | REFERENCIAS..... | 65 |

ANEXO 1. IMAGENES DE MUESTREO POR SITIO

ANEXO 2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE ALCALINIDAD TOTAL, COLOR VERDADERO, DBO₅, NITRÓGENO COMO NITRITOS, DUREZA TOTAL, COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN MUESTRAS DE AGUA

ANEXO 3. RESULTADOS DE BARRIDO CUALITATIVO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMIVÓLÁTILES EN SEDIMENTO

ANEXO 4. PRODUCTOS DERIVADOS DE LA COLABORACIÓN CON EL IMTA

FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Localización de sitios de muestreo | 7 |
| Figura 2 | Muestreo de agua y medición de parámetros <i>in-situ</i> | 10 |
| Figura 3 | Muestreo de sedimento | 11 |
| Figura 4 | Preservación de muestras de agua y sedimento | 12 |
| Figura 5 | Espectrofotómetro Merck y termorreactor para digestión de muestras | 13 |
| Figura 6 | Preparación y secado de muestras de sedimento en horno..... | 16 |
| Figura 7 | Muestras de sedimento secas y disgregadas | 17 |
| Figura 8 | Preparación de suspensión agua-sedimento y lectura de pH..... | 17 |
| Figura 9 | Agitación de muestra de sedimento para determinación de granulometría..... | 18 |
| Figura 10 | Introducción de hidrómetro para granulometría mediante lectura de densidad | 18 |
| Figura 11 | Tamizado de muestra de sedimento con malla No. 200..... | 19 |
| Figura 12 | Muestras de sedimento calcinadas | 19 |
| Figura 13 | Temperatura en muestras de agua..... | 30 |
| Figura 14 | pH en muestras de agua | 31 |
| Figura 15 | Turbiedad en muestras de agua. Las líneas indican las CN en cada muestreo..... | 33 |
| Figura 16 | Color verdadero en muestras de agua | 33 |
| Figura 17 | Conductividad eléctrica en muestras de agua | 34 |
| Figura 18 | Oxígeno disuelto en muestras de agua..... | 35 |
| Figura 19 | Potencial redox en muestras de agua | 36 |
| Figura 20 | Alcalinidad total en muestras de agua | 36 |
| Figura 21 | Dureza total en muestras de agua..... | 37 |
| Figura 22 | Salinidad en muestras de agua | 38 |
| Figura 23 | Sólidos disueltos totales en muestras de agua..... | 39 |
| Figura 24 | Cloruro en muestras de agua..... | 39 |
| Figura 25 | Nitrógeno amoniacal en muestras de agua..... | 40 |
| Figura 26 | Nitrógeno como nitratos en muestras de agua | 41 |
| Figura 27 | Nitrógeno como nitritos en muestras de agua..... | 42 |
| Figura 28 | Nitrógeno total en muestras de agua | 42 |
| Figura 29 | Fósforo como fosfatos en muestras de agua | 43 |
| Figura 30 | Fósforo total en muestras de agua..... | 44 |
| Figura 31 | Demanda Bioquímica de Oxígeno en muestras de agua | 45 |
| Figura 32 | Coliformes fecales en muestras de agua | 46 |
| Figura 33 | Coliformes totales en muestras de agua..... | 47 |
| Figura 34 | Hierro en muestras de agua..... | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 35 Manganeso en muestras de agua..... | 49 |
| Figura 36 Aluminio en muestras de agua..... | 50 |
| Figura 37 pH en sedimento | 57 |
| Figura 38 Contenido de materia orgánica en sedimento | 57 |
| Figura 39 Composición granulométrica del sedimento..... | 58 |
| Figura 40 Contenido de humedad en sedimento | 58 |
| Figura 41 Número de COSV identificados en sedimento por sitio | 59 |

TABLAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1 | Coordenadas, elevación y descripción de la localización de los sitios de muestreo (ordenados desde aguas arriba hacia aguas abajo)..... | 8 |
| Tabla 2 | Métodos analíticos, de conservación de muestras y límites de calidad de agua | 9 |
| Tabla 3 | Resultados de parámetros medidos en agua (septiembre, 2012)..... | 22 |
| Tabla 4 | Resultados de parámetros medidos en agua (diciembre, 2012) | 24 |
| Tabla 5 | Resultados de parámetros medidos en agua (febrero, 2013)..... | 26 |
| Tabla 6 | Resultados de parámetros medidos en agua (junio, 2013)..... | 28 |
| Tabla 7 | pH en muestras de agua por evento de muestreo y límite CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática | 32 |
| Tabla 8 | Parámetros que no cumplen los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento (DOF, 1989) por sitio y evento de muestreo (de 1 a 4)..... | 51 |
| Tabla 9 | Parámetros que no cumplen los CE-CCA-001/89 para riego agrícola (DOF, 1989) por sitio y evento de muestreo (de 1 a 4) | 52 |
| Tabla 10 | Parámetros que no cumplen los CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática (DOF, 1989) por sitio y evento de muestreo (de 1 a 4) | 53 |
| Tabla 11 | Resultados de parámetros medidos en sedimento (septiembre 2012)..... | 55 |
| Tabla 12 | Resultados de parámetros medidos en sedimento (febrero 2013)..... | 56 |
| Tabla 13 | Clasificación de sustancias químicas identificadas por grupo químico | 60 |

1 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de realizar una evaluación del estado de salud del río Apatlaco desde la parte alta hasta la parte baja, en esta parte del proyecto se presentan los resultados de cuatro muestreos de agua y sedimento realizados en el transcurso de un año, considerando las épocas de lluvia, estiaje e intermedias. Se presenta la caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua y sedimento en siete sitios de muestreo en el cauce de la corriente principal del río Apatlaco, cuatro en afluentes y tres sitios fuera de la cuenca hidrológica. Los resultados obtenidos para muestras de agua fueron presentados en tablas e ilustraciones, donde se compararan con límites establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (DOF, 1989) para los diferentes usos que se le da en río Apatlaco, con límites que clasifican el estado trófico del agua (OECD, 1982) y con indicadores de calidad del agua (CONAGUA, 2010).

Los resultados de compuestos orgánicos semivolátiles en sedimento, se presentan en listado anexo, donde se indica si estas sustancias están siendo consideradas en los criterios recopilados por Friday (2005). Asimismo, en los anexos a este informe se presentan los datos detallados de las mediciones realizadas y los resultados de los análisis de agua y sedimento, así como fotografías ilustrando los trabajos en laboratorio, gabinete y campo.

1.1 Objetivo general del proyecto de Conacyt

Determinar el estado actual del río Apatlaco mediante un acercamiento que permita identificar el estado abiótico y biológico del ecosistema rivereño y proponer un sistema de monitoreo basado en ensambles de macroinvertebrados bentónicos que sea de fácil aplicación, económico y que pueda extenderse a los cuerpos de agua lóticos del estado de Morelos, que permita además, evaluar la recuperación del río.

1.2 Objetivo específico de la colaboración del IMTA

Evaluación del estado actual de la calidad del agua y sedimentos del río Apatlaco mediante determinaciones fisicoquímicas.

2 ANTECEDENTES

Los cambios ambientales que se observan en el mundo son principalmente antropogénicos debido al crecimiento de la población humana y sus actividades con un alto consumo de recursos (Vitousek, 1994; Vitousek *et al.*, 1997; Tilman y Lehman, 2001). Como consecuencia de ello, los ríos, lagos, humedales, acuíferos, aguas costeras y demás sistemas de aguas interiores se han visto sometidos a consumos desproporcionados por parte de los seres humanos (UNESCO-WWAP, 2006). Esta situación, junto con las crecientes descargas de aguas residuales tanto domésticas como industriales y agropecuarias, provoca un incremento en el vertido de contaminantes. Dicho escenario favorece la degradación de los cuerpos de agua, originando problemas sanitarios, socioeconómicos y ecológicos, lo que a su vez trae consigo la limitación en sus usos, tales como: recreación, vida acuática, pecuario, agricultura y como fuente de abastecimiento de agua (Cooke *et al.*, 2005). En este contexto, la cuenca del río Apatlaco en el estado de Morelos no se encuentra exenta a dicha situación.

La cuenca del río Apatlaco se ubica al noroeste del estado de Morelos; cubre un área de 746 km², de los cuales 656 se encuentran en el estado de Morelos, y el resto en el Estado de México y el Distrito Federal. Tiene como fronteras naturales: al norte las Lagunas de Zempoala y la serranía de Zempoala y Huitzilac, al sur colinda con el río Yautepec, al este con la sierra de Tepoztlán-Tlaltizapán, al oeste limita con el río Tembembe y las lagunas de El Rodeo y Coatetelco, y al suroeste limita con la cuenca del lago de Tequesquitengo. El colector principal tiene una longitud de cauce permanente de 63 km hasta su confluencia con el río Yautepec, y una pendiente de entre 5 y 15%. Se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 13' 24" y 18° 36' 00" latitud norte, y 99° 09' 55" y 99° 21' 11" longitud oeste; pertenece a la Región Hidrológica del Río Balsas número 18, Subregión del Alto Balsas, correspondiendo a la cuenca del río Amacuzac y a la Región Administrativa IV de la Comisión Nacional del Agua.

En su trayecto el río Apatlaco atraviesa diez municipios del estado de Morelos, de norte a sur, dichos municipios son: Huitzilac, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Temixco, Xochitepec, Tlaltizapán, Zacatepec, Puente de Ixtla y Jojutla. La extensión territorial de los diez municipios es de 1 396 km², pero sólo 47% del área municipal, corresponde a la subcuenca.

De acuerdo a la Ley Federal de Derechos (DOF, 2012), en su artículo 278-A, en el estado de Morelos los usos del agua del río Apatlaco, son:

“Tipo A (Uso en riego agrícola): Todos los que no se señalan como tipos B o C.

Tipo B (Uso público urbano): Río Tembembe en el municipio de Miacatlán (hasta la derivadora Perritos); Río Apatlaco en su parte alta en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca y Temixco; Arroyos Chalchihuapan, Zompante, Ahutlán, Atzingo, El Tecolote, El Mango y El Túnel en el municipio de Cuernavaca; Arroyo Chapultepec en los municipios de Cuernavaca y Temixco; Arroyos Los Arquillos, Pilcaya y El Limón en el municipio de Temixco.

Tipo “C” (Protección de la vida acuática): Laguna de Tequesquitengo en los municipios de Puente de Ixtla y Jojutla; Laguna de Zempoala en el municipio de Huitzilac.”

Este informe forma parte del informe final del proyecto “Determinación del estado de salud e indicadores biológicos para la evaluación de la recuperación del río Apatlaco”, cuyo objetivo general es: “Realizar una valoración del estado actual del curso del río Apatlaco considerando su parte alta (antes de su ingreso a la ciudad de Cuernavaca), la parte media (la zona de Cuernavaca y Temixco), y la parte baja, antes de su entronque con el río Amacuzac (Jojutla, Zacatepec), para proponer un sistema de monitoreo biológico que se pueda equiparar con el estado de calidad del agua y se pueda dar seguimiento de forma fácil, rápida y económica”. En este informe se presentarán los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de cuatro muestreos de

agua y sedimento en 14 sitios localizados sobre el cauce principal (7), los tributarios (4) y fuera de la cuenca hidrológica (3) del río Apatlaco.

De la misma forma, el Instituto Politécnico Nacional obtendrá muestras biológicas que permitan valorar la riqueza específica de peces y se obtendrán colectas de macroinvertebrados bentónicos con la finalidad de calificar la calidad del agua. La integración de los resultados dará cuenta del estado global del río Apatlaco, correlacionando los resultados de calidad del agua, sedimentos y muestras biológicas.

3 MUESTREO DE AGUA Y SEDIMENTO

Para determinar el estado actual del río Apatlaco se tomaron muestras de agua y sedimento en el cauce principal así como en afluentes. Los muestreos se realizaron con una frecuencia de aproximadamente tres meses. Los sitios de muestreo se establecieron en conjunto con personal del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Se seleccionaron 14 sitios de muestreo incluyendo 12 aguas abajo de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y los sitios de Las Truchas y El Texcal. Once de estos sitios se ubican dentro de la cuenca del río Apatlaco (Figura 1) y tres de ellos se ubican en la cuenca del río Yautepec. A partir del segundo muestreo se substituyó el sitio Paseo del Río por el de La Alameda.

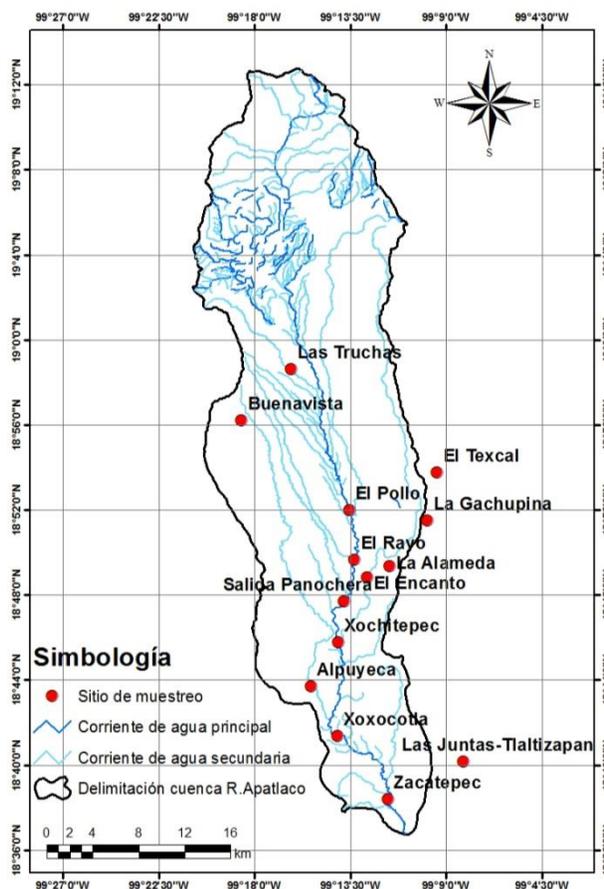


Figura 1 Localización de sitios de muestreo

Los muestreos correspondientes al 2012 se realizaron del 04 al 07 de septiembre (temporada de lluvia) y del 10 al 13 de diciembre (intermedio). Durante el 2013 los muestreos se realizaron del 26 al 28 de febrero (estiaje) y del 04 al 06 de junio (intermedio). La colecta de sedimento se realizó durante el primer y tercer muestreo (lluvia y estiaje). En el Anexo 1 se presentan las imágenes por sitio de muestreo y en la Tabla 1, las coordenadas y la elevación de los sitios de muestreo, obtenida con equipo de posicionamiento global (GPSmap 62s, Garmin).

Tabla 1 Coordenadas, elevación y descripción de la localización de los sitios de muestreo (ordenados desde aguas arriba hacia aguas abajo)

| Sitio | Latitud | Longitud | Elevación (msnm) | Descripción |
|------------------------|-------------|-------------|------------------|---------------------------|
| Las Truchas | 18°58'38.2" | 99°16'16.1" | 1840 | Sitio de referencia |
| El Pollo | 18°52'00.0" | 99°13'32.6" | 1293 | Corriente principal |
| El Rayo | 18°49'40.0" | 99°13'17.4" | 1218 | |
| Salida Panochera | 18°47'41.4" | 99°13'47.1" | 1141 | |
| La Alameda | 18°49'20.7" | 99°11'37.5" | 1207 | Afluente margen derecha |
| El Encanto | 18°48'49.0" | 99°12'41.8" | 1197 | Corriente principal |
| Xochitepec | 18°45'47.3" | 99°14'04.3" | 1049 | |
| Buenavista | 18°56'14.2" | 99°18'36.3" | 1851 | Afluente margen izquierda |
| Alpuyeca | 18°43'42.5" | 99°15'21.0" | 1005 | Corriente principal |
| Xoxocotla | 18°41'23.1" | 99°14'06.1" | 946 | |
| Zacatepec | 18°38'24.2" | 99°11'43.3" | 906 | |
| El Texcal | 18°53'46.9" | 99°09'24.5" | 1390 | Fuera de la cuenca |
| La Gachupina | 18°51'29.6" | 99°09'51.3" | 1303 | |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 18°40'10.6" | 99°08'10.6" | 937 | |

Durante el muestreo se obtuvieron muestras de agua y sedimento, colectando primero las muestras de agua y posteriormente, las de sedimento. La colecta de muestras de agua se realizó en la parte media de la corriente. En cada sitio se colectó una muestra de agua en un recipiente, después de haber sido enjuagado tres veces con agua del mismo sitio. De esta muestra de agua, se obtuvieron submuestras de igual conservación, que se guardaron en recipientes de polietileno, enjuagados al menos tres veces con agua del sitio antes de ser llenados, para análisis de alcalinidad total, color verdadero, demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅), nitrógeno de nitritos (N-NO₂), nitrógeno total (N_T), fosfatos (P-PO₄), fósforo total (P_T), dureza total, aluminio (Al), manganeso (Mn) y hierro (Fe) (Tabla 2).

Tabla 2 Métodos analíticos, de conservación de muestras y límites de calidad de agua

| Parámetro | Método analítico | Conservación de la muestra | Tiempo de caducidad | Fuente de abastecimiento* | Riego agrícola* | Vida acuática (agua dulce)* |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Agua | | | | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L) |
| Alcalinidad | NMX-AA-036-SCFI-2001 (DOF, 2001a) | Refrigeración | 24 h | 400.0 | SD | 0.75CN-CN |
| Nitritos | NMX-AA-099-SCFI-2006 (DOF, 2006) | | | 0.05 | SD | SD |
| Color | NMX-AA-045-SCFI-2001 (DOF, 2001b) | | | 75.0 (unidades de Pt-Co) | SD | SD |
| DBO ₅ | NMX-AA-028-SCFI-2001 (DOF, 2001c) | | 24 h | SD | SD | SD |
| Coliformes fecales | NMX-AA-042-1987 (DOF, 1987) | | | 1000 (NMP/100 mL) | 1000 (NMP/100 mL) | 200 (NMP/100 mL) |
| Coliforme totales | | | | SD | SD | SD |
| Nitrógeno total | N 14537 (Merck, 2010) | | | SD | SD | SD |
| Fosfatos | P 14848 (Merck, 2010) | | 0.03 | SD | 0.1 | |
| Fósforo total | P 14543 (Merck, 2010) | | 28 d | SD | SD | SD |
| Dureza | NMX-AA-072-SCFI-2001 (DOF, 2001d) | | Refrigeración, HNO ₃ pH<2 | 28 d | SD | SD |
| Aluminio | Al 14825 (Merck, 2010) | 6 meses | | 0.02 | 5.0 | 0.05 |
| Manganeso | Mn 14770 (Merck, 2010) | | | 0.1 | SD | SD |
| Hierro | Fe 00796 (Merck, 2010) | | | 0.3 | 5.0 | 1.0 |
| Sedimento | | | | | | |
| Humedad (%) | D2974-00 (ASTM, 2000b) | Refrigeración | Análisis inmediato | NA | NA | NA |
| Materia Orgánica (%) | | | 28 d | NA | NA | NA |
| pH | NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002) | | Análisis inmediato | NA | NA | NA |
| Textura | D422-63 (ASTM, 1998) | | - | NA | NA | NA |
| Compuestos orgánicos semivolátiles | EPA 8270C (EPA, 1996) | | 14 d | NA | NA | NA |

SD Sin Datos, NA No Aplica, *Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (DOF, 1989)

Asimismo, se midió *in-situ* los parámetros de temperatura, pH, turbiedad, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), salinidad (Sal), Cloruro (Cl), nitrógeno en sus formas amoniacal (N-NH₄) y de nitratos (N-NO₃), potencial redox (Eh) y sólidos disueltos totales (SDT) con equipo multiparamétrico Hydrolab DS5. Las muestras para la determinación coliformes fecales y totales, se obtuvieron directamente de la corriente (Figura 2).



Figura 2 Muestreo de agua y medición de parámetros *in-situ*

El muestreo de sedimento se realizó sobre zonas de baja velocidad de corriente y sobre el margen de los ríos, donde se acumulan principalmente sedimentos finos. Asimismo, se consideraron aquellas zonas donde personal del IPN obtenía muestras biológicas.

De acuerdo con lo recomendado en referencias internacionales (ASTM, 2000a; EPA, 2001) para la colecta y homogenización de muestras de sedimento, se utilizó espátula y palangana de acero inoxidable (Figura 3). Se almacenaron las muestras de sedimento en frasco de vidrio, previamente lavados con diclorometano grado HPLC, para determinar en laboratorio los parámetros de pH, humedad, contenido de materia orgánica (MO), textura y contaminantes orgánicos semivolátiles (determinación cualitativa).



Figura 3 Muestreo de sedimento

Las muestras fueron conservadas de acuerdo al parámetro a determinar (Figura 4) y transportadas bajo refrigeración y en la obscuridad hasta su análisis en laboratorio. Los

métodos analíticos utilizados para las caracterizaciones en laboratorio se presentan en la Tabla 2, donde también se muestra para cada parámetro el método de conservación, los tiempos de caducidad y los criterios ecológicos de calidad para diferentes usos del agua para su comparación.



Figura 4 Preservación de muestras de agua y sedimento

Se hace la aclaración que la muestra colectada para el sitio La Alameda, fue obtenida aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento del mismo nombre, en un canal de riego no revestido y con reducido caudal durante la realización de los muestreos (Figuras 9 y 10 del Anexo 1).

4 ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA Y SEDIMENTO

A continuación se presentan los métodos de análisis de muestras de agua y sedimento

4.1 Análisis de muestras de agua

Los análisis de agua se realizaron de acuerdo con los métodos presentados anteriormente (Tabla 2). A continuación se describen las metodologías utilizadas para el análisis de los parámetros de $P-PO_4$, P_T , N_T , Al, Fe y Mn en agua, por métodos fotométricos con espectrofotómetro Pharo 300 marca Merck (Figura 5).



Figura 5 Espectrofotómetro Merck y termorreactor para digestión de muestras

La determinación de $P-PO_4$ se realizó a través del método fotométrico Fosfatos 14848, Spectroquant® (Merck, 2010) el cual consiste en colocar en un tubo de ensayo una alícuota de 5 mL de muestra, agregar cinco gotas de reactivo PO_4-1 (Fosfatos 14848) y mezclar. Posteriormente se agrega una dosis de reactivo PO_4-2 (Fosfatos 14848) y se agita vigorosamente hasta que el reactivo se disuelve; transcurrido cinco minutos de reacción se trasvasa la solución a una celda vacía y se mide la concentración de $P-PO_4$ en el espectrofotómetro.

La cuantificación de P_T se realizó con el método fotométrico Fosfatos 14543 Spectroquant[®] (Merck, 2010) el cual consiste en la digestión de una alícuota de 5 mL de muestra con peroxodisulfato de dipotasio contenido en una celda de reacción, calentamiento a 120 °C durante 30 min en termorreactor marca Merck modelo TR 320 (Figura 5). Después de enfriar a temperatura ambiente, a la muestra digerida se agregan cinco gotas de reactivo P-2K (Fosfatos 14543) y se mezcla. Posteriormente se agrega una dosis de reactivo P-3K (Fosfatos 14543) agitando vigorosamente hasta que el reactivo se disuelve; transcurrido cinco minutos de reacción se miden las concentraciones de P_T en espectrofotómetro.

Para determinar N_T se utilizó el método fotométrico Nitrógeno total 14537 Spectroquant[®] (Merck, 2010). Para ello se agregan 10 mL de muestra a una celda vacía, se añade una microcuchara del reactivo N-1K (Nitrógeno total 14537) y se mezcla. A continuación se agregan seis gotas del reactivo N-2K (Nitrógeno total 14537). Se calienta a 120 °C en el termorreactor durante una hora para llevar a cabo la digestión y se deja enfriar hasta temperatura ambiente. En una celda de reacción que contiene ácido sulfúrico se agrega una micro-cuchara de reactivo N-3K (Nitrógeno total 14537) y se agita durante un minuto; posteriormente se añade 1.5 mL de muestra digerida dejando reaccionar durante 10 min para posteriormente medir en el espectrofotómetro.

Para la determinación de Fe en las muestras se utilizó el método fotométrico Hierro 00796 Spectroquant[®] (Merck, 2010). Este método consiste en añadir 8 mL de muestra en un tubo de ensayo. Posteriormente se agrega una gota de reactivo Fe-1 (Hierro 00796) y se mezcla. A continuación con pipeta se agrega 0.50 mL de reactivo Fe-2 (Hierro 00796) y se mezcla. Después, se agrega una dosis de reactivo Fe-3 (Hierro 00796) y se agita vigorosamente hasta que el reactivo se disuelve; transcurrido 10 min de reacción se miden las concentraciones de Fe en el espectrofotómetro.

El Mn se determinó con el método fotométrico Manganeso 14770 Spectroquant[®] (Merck, 2010). Para realizar este método se utilizan 5 mL de muestra los cuales son agregados a un tubo de ensayo, a la muestra se le añade cuatro gotas de reactivo Mn-1 (Manganeso 14770) y se mezcla. Se mide pH el cual debe ser aproximadamente 11.5 y si es necesario se ajusta con solución de hidróxido de sodio 1M. Posteriormente se agregan dos gotas de reactivo Mn-2 (Manganeso 14770), se mezcla y se deja reposar por 2 min. Por último se adicionan dos gotas de reactivo Mn-3 (Manganeso 14770) y se mezcla la solución y se deja reposar 2 min (tiempo de reacción), luego se introduce la muestra en una cubeta para medir en el espectrofotómetro.

La determinación de Al se realizó por el método fotométrico Aluminio 14825 Spectroquant[®] (Merck, 2010). Este método consiste en añadir 5 mL de muestra en un tubo de ensayo. Posteriormente se agrega una dosis de reactivo Al-1 (Aluminio 14825) y se agita vigorosamente hasta que el reactivo se disuelve. A continuación con pipeta se agrega 1.2 mL de reactivo Al-2 (Aluminio 14825) y se mezcla. Después, igualmente con pipeta se añade 0.25 mL de reactivo Al-3 (Hierro 00796) y se mezcla; transcurrido 2 min de reacción se miden las concentraciones de Fe en el espectrofotómetro.

4.2 Análisis de muestras de sedimento

Las muestras de sedimento fueron caracterizadas de acuerdo a los siguientes parámetros: pH, humedad, materia orgánica (MO) y granulometría conforme a la metodología mencionada en la Tabla 2. Las muestras de sedimento fueron secadas en horno eléctrico (marca Lindberg Blue, modelo SW-L7TA-1) a 105°C hasta peso constante (Figura 6) y a continuación fueron disgregadas (Figura 7).

Para la determinación de pH se utilizó la metodología de la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002), que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Se colocaron 10 g de sedimento seco en un vial, al cual se le adicionó 20 mL de agua MilliQ (marca Millipore, modelo Milli-Q plus), obteniendo una relación sedimento:agua de 1:2 (w/v); la suspensión se agitó manualmente durante 30 min, a

intervalos de 5 min y se dejó reposar por 15 min. Pasado el tiempo de reposo, se agitó nuevamente la suspensión antes de tomar la lectura con electrodo de pH y potenciómetro modelo Oyster marca Extech Instruments modelo 34145A (Figura 8), previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4, 7 y 10.

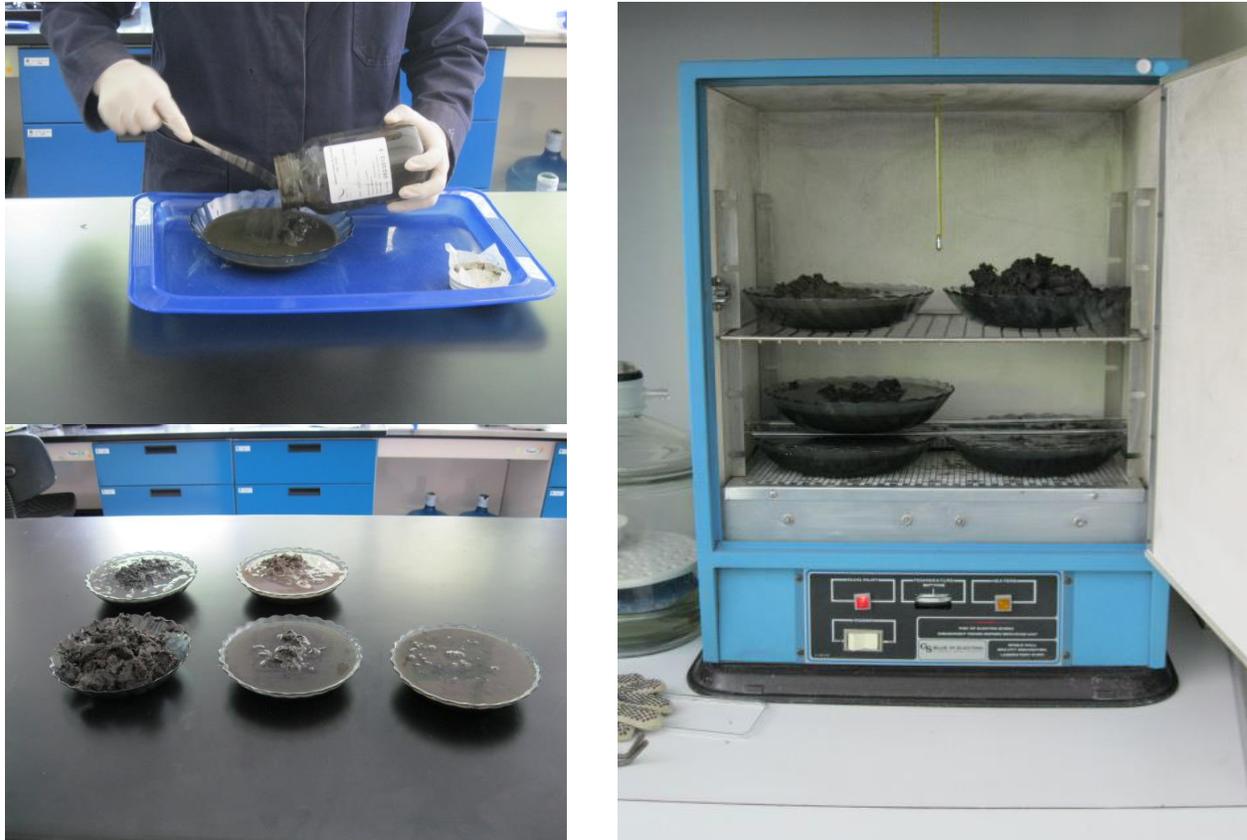


Figura 6 Preparación y secado de muestras de sedimento en horno

Para determinar la granulometría de los sedimentos se utilizó el método D422-63 (ASTM, 1998). Antes de la realización de la prueba se retiró el material grueso de las muestras de sedimento por tamizado a través de la malla No. 10 (apertura de 2 mm). La distribución de partículas de menor tamaño se determinó por sedimentación utilizando hidrómetro ASTM 151H. Para ello, se pesaron 50 g de sedimento seco y se depositaron en un matraz Erlenmeyer al cual se agregó 125 mL de hexametáfosfato de sodio (40

g/L). La suspensión sedimento-hexametafosfato se dejó reposar durante 16 h; posteriormente se vertió en un vaso para su agitación durante un minuto (Figura 9).



Figura 7 Muestras de sedimento secas y disgregadas



Figura 8 Preparación de suspensión agua-sedimento y lectura de pH

Posteriormente, se depositó la suspensión en una probeta y se aforó a un litro con agua MilliQ, se agitó manualmente durante un minuto y se dejó reposar para la toma de lecturas de las densidades de la suspensión con hidrómetro ASTM 151H a diferentes tiempos (Figura 10) hasta 24 h.



Figura 9 Agitación de muestra de sedimento para determinación de granimetría



Figura 10 Introducción de hidrómetro para granulometría mediante lectura de densidad

Posterior a la obtención de las lecturas de densidad, se determinaron mediante tamizado las partículas de tamaño mayor a 0.074 mm (retenidas sobre la malla No. 200 de apertura 0.073 mm) (Figura 11).

Para determinar el contenido de agua y de MO en las muestras de sedimento, se utilizó el método D2974-00 (ASTM, 2000b). El contenido de humedad se determinó a partir de submuestras de sedimento húmedo, secadas en horno eléctrico (marca Lindberg Blue, modelo SW-L7TA-1) a 105 ± 5 °C hasta peso constante (Figura 6).



Figura 11 Tamizado de muestra de sedimento con malla No. 200

La MO se determinó a partir de submuestras de sedimento seco, que fueron calcinadas en mufla (marca Thermo Scientific, modelo Lindberg Blue M) a 440 °C durante dos horas (Figura 12); se determinaron los contenidos de MO por diferencia de peso en muestras enfriadas en desecador.



Figura 12 Muestras de sedimento calcinadas

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA Y SEDIMENTO

A continuación se presentan y se analizan los resultados de caracterización de agua respecto a los límites establecidos en los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (DOF, 1989) para (a) uso como fuente de abastecimiento de agua potable, (b) riego agrícola y (c) protección de la vida acuática, que fueron presentados con anterioridad (Tabla 2).

Debido a la carencia de normatividades mexicanas que establezcan límites para sedimento, los resultados de pH y MO en sedimento se compararan con los criterios de clasificación de suelos establecidos en la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002).

Los resultados se presentan de la Tabla 3 a Tabla 12 y en la Figura 13 a Figura 41. En estas figuras, los resultados han sido organizados por ubicación, es decir, muestras obtenidas en la corriente principal (primera sección de las figuras), en afluentes (sección intermedia de las figuras) y fuera de la cuenca del río Apatlaco (última sección en cada figura). Cada sección es ordenada de aguas arriba hacia aguas abajo (Figura 1).

5.1 Caracterización de agua

En la Tabla 3 a Tabla 6 se presentan los resultados de caracterización de las muestras de agua por sitio y por evento de muestreo. Asimismo, en el ANEXO 2 se presentan las hojas con resultados de los parámetros de alcalinidad total, color verdadero, DBO_5 , nitritos, dureza total, coliformes totales y fecales.

Para comparar los resultados obtenidos con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89), el sitio Las Truchas fue considerado como sitio de referencia, es decir, como indicador de las condiciones naturales (CN), ya que este sitio en comparación con los demás sitios es menos afectado por las actividades humanas. Asimismo, las características de este sitio como CN fueron establecidas para cada muestreo.

Tabla 3 Resultados de parámetros medidos en agua (septiembre, 2012)

| Sitio de muestreo | T (°C) | pH (Unidad) | Turbiedad (NTU) | CE (µS/cm) | OD (mg/L) | Salinidad (g/L) | Cl (mg/L) | N-NH ₄ (mg/L) | N-NO ₃ (mg/L) | Eh (mV) | Presión barométrica (mm Hg) | SDT (mg/L) |
|------------------------|--------|-------------|-----------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|------------|
| Las Truchas | 15.96 | 8.38 | 6.90 | 77.00 | 7.38 | 0.03 | 1.96 | 0.15 | 0.63 | 472 | 612.2 | 48.2 |
| El Pollo | 20.65 | 8.69 | 11.10 | 273.80 | 0.17 | 0.13 | 16.45 | 0.83 | 4.57 | 453 | 660.4 | 175.6 |
| El Rayo | 23.47 | 8.88 | 12.10 | 318.60 | 0.24 | 0.16 | 22.83 | 1.72 | 5.58 | 439 | 664.3 | 204.1 |
| Salida Panochera | 22.92 | 7.61 | 18.20 | 352.10 | 8.83 | 0.17 | 38.78 | 1.28 | 18.92 | 586 | 673.6 | 225.6 |
| Paseo del Río | 24.80 | 8.47 | 65.2 | 466.00 | 0.27 | 0.23 | 144.7 | 6.86 | 36.74 | 454 | 665.6 | 298.0 |
| El Encanto | 27.85 | 8.39 | 52.45 | 491.05 | 5.04 | 0.25 | 122.75 | 6.04 | 12.21 | 432 | 664.7 | 313.5 |
| Xochitepec | 26.58 | 11.72 | 14.00 | 812.70 | 0.32 | 0.42 | 70.54 | SD | 4.55 | 265 | 677.1 | 520.0 |
| Buenavista | 18.52 | 8.11 | 61.90 | 227.20 | 0.13 | 0.11 | 27.33 | 1.07 | 25.99 | 469 | 613.3 | 146.1 |
| Alpuyeca* | 23.21 | 8.49 | 16.70 | 1272.50 | 0.78 | 0.67 | 18.33 | 0.48 | 1.11 | 453 | 684.1 | 812.5 |
| Xoxocotla | 27.18 | 8.73 | 11.30 | 732.80 | 0.34 | 0.38 | 44.95 | 1.00 | 5.22 | 438 | 689.7 | 469.5 |
| Zacatepec | 27.03 | 8.66 | 14.40 | 748.10 | 8.50 | 0.39 | 45.43 | 1.03 | 5.74 | 437 | 688.9 | 479.2 |
| El Texcal | 17.34 | 7.72 | 8.37 | 150.73 | 8.23 | 0.07 | 7.79 | 0.25 | 5.01 | 498 | 653.1 | 96.6 |
| La Gachupina | 18.75 | 8.30 | 17.25 | 190.70 | 7.54 | 0.09 | 13.79 | 0.81 | 5.40 | 460 | 660.8 | 122.1 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 26.85 | 8.49 | 17.00 | 1143.00 | 0.33 | 0.60 | 27.56 | 0.81 | 2.73 | 446 | 686.7 | 732.6 |

SD Sin Datos

* Muestra por duplicado

Tabla 3 Resultados de parámetro medidos en agua (septiembre, 2012; Cont.)

| Sitio de muestreo | P _T (mg/L) | P-PO ₄ (mg/L) | N _T (mg/L) | Fe (mg/L) | Mn (mg/L) | Al (mg/L) | Alcalinidad T. (mg/L CaCO ₃) | Color verdadero (UPt-Co) | DBO ₅ (mg/L) | N-NO ₂ (mg/L) | Dureza T. (mg/L CaCO ₃) | Coliformes fecales (NMP/100 mL) | Coliformes totales (NMP/100 mL) |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| Las Truchas | 0.04 | 0.03 | 1.0 | 0.11 | 0.056 | 0.061 | 32.7 | 10 | 1.80 | <0.0213 | 32 | 2.40E+02 | 4.60E+02 |
| El Pollo | 0.72 | 0.71 | 4.3 | 0.25 | 0.142 | 0.067 | 77.2 | 12 | 5.00 | 0.4163 | 99 | 1.10E+05 | 1.10E+05 |
| El Rayo | 0.88 | 0.86 | 5.0 | 0.39 | 0.129 | 0.144 | 82.9 | 12 | 5.90 | 0.4792 | 103 | 2.10E+04 | 1.10E+05 |
| Salida Panochera | 0.94 | 0.88 | 4.3 | 0.29 | 0.122 | 0.081 | 97.2 | 15 | 5.50 | 0.4176 | 113 | 2.10E+04 | 1.10E+05 |
| La Alameda | 1.40 | 1.37 | 8.7 | 0.70 | 0.552 | 0.336 | SD | SD | SD | SD | SD | SD | SD |
| El Encanto | 1.34 | 1.24 | 9.6 | 0.46 | 0.552 | 0.202 | 124.0 | 30 | 26.00 | 1.3540 | 133 | 9.30E+04 | 1.10E+06 |
| Xochitepec | 1.09 | 1.03 | 6.3 | 0.32 | 0.236 | 0.121 | 185.0 | 15 | 7.90 | 1.0320 | 322 | 7.50E+03 | 1.10E+05 |
| Buenavista | 0.31 | 0.31 | 3.2 | 0.36 | 0.099 | 0.241 | 32.4 | 10 | 1.70 | 0.1001 | 87 | 1.50E+03 | 1.10E+04 |
| Alpuyeca* | 0.07 | 0.07 | 0.7 | 0.24 | 0.245 | 0.164 | 180.5 | 8 | <0.58 | <0.0213 | 725 | 2.35E+03 | 4.25E+03 |
| Xoxocotla | 0.87 | 0.84 | 4.3 | 0.22 | 0.154 | 0.127 | 146.0 | 12 | 2.20 | 0.5190 | 328 | 4.60E+03 | 1.10E+04 |
| Zacatepec | 0.88 | 0.87 | 4.4 | 0.26 | 0.161 | 0.134 | 152.0 | 12 | 2.50 | 0.3651 | 328 | 2.30E+01 | 2.10E+04 |
| El Texcal | 0.27 | 0.26 | 3.6 | 0.09 | 0.039 | 0.032 | 34.6 | 8 | 0.78 | <0.0213 | 51 | 9.00E+00 | 4.30E+02 |
| La Gachupina | 0.45 | 0.41 | 3.1 | 0.25 | 0.138 | 0.078 | 53.1 | 12 | 6.10 | 0.1935 | 65 | 9.30E+03 | 1.50E+05 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 0.28 | 0.27 | 2.3 | 0.20 | 0.267 | 0.226 | 264.0 | 8 | 3.10 | 0.0533 | 602 | 3.90E+03 | 1.50E+04 |

Alcalinidad T. Alcalinidad Total

Dureza T. Dureza Total

SD Sin Datos

* Muestra por duplicado

Tabla 4 Resultados de parámetros medidos en agua (diciembre, 2012)

| Sitio de muestreo | T (°C) | pH (Unidad) | Turbiedad (NTU) | CE (µS/cm) | OD (mg/L) | Salinidad (g/L) | Cl (mg/L) | N-NH ₄ (mg/L) | N-NO ₃ (mg/L) | Eh (mV) | Presión barométrica (mm Hg) | SDT (mg/L) |
|------------------------|--------|-------------|-----------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|------------|
| Las Truchas | 14.26 | 7.40 | 0 | 95.6 | 8.26 | 0.04 | 2.28 | 0.10 | 0.80 | 387 | 608.3 | 61.3 |
| El Pollo | 16.34 | 7.92 | 5.20 | 408.0 | 7.27 | 0.20 | 32.98 | 3.01 | 6.10 | 421 | 660.3 | 261.0 |
| El Rayo | 24.33 | 7.92 | 31.20 | 384.2 | 7.05 | 0.19 | 39.54 | 1.69 | 5.20 | 385 | 665.6 | 245.9 |
| Salida Panochera | 20.06 | 7.94 | 3.30 | 403.4 | 7.13 | 0.20 | 32.62 | 2.17 | 4.40 | 215 | 669.2 | 257.8 |
| La Alameda | 19.76 | 7.36 | 16.90 | 665.5 | 0.74 | 0.34 | 179.90 | 10.25 | 2.00 | 262 | 661.8 | 425.9 |
| El Encanto | 23.24 | 7.79 | 33.50 | 650.0 | 4.00 | 0.33 | 236.50 | 14.30 | 1.30 | 359 | 663.6 | 415.3 |
| Xochitepec | 22.51 | 7.96 | 7.50 | 801.7 | 11.85 | 0.42 | 40.52 | 0.79 | 4.70 | 220 | 675.4 | 513.4 |
| Buenavista | 15.01 | 8.03 | 10.00 | 980.8 | 2.47 | 0.51 | 155.50 | 2.51 | 1.10 | 384 | 613.3 | 629.1 |
| Alpuyeca | 20.45 | 8.00 | 26.00 | 803.7 | 7.61 | 0.42 | 42.15 | 0.44 | 5.20 | 364 | 678.9 | 513.8 |
| Xoxocotla | 19.41 | 8.46 | 9.80 | 1155.0 | 8.01 | 0.61 | 70.03 | 0.33 | 5.10 | 417 | 687.7 | 739.9 |
| Zacatepec | 19.46 | 8.26 | 10.70 | 1188.0 | 7.28 | 0.63 | 73.81 | 0.41 | 5.40 | 407 | 691.3 | 760.6 |
| El Texcal | 17.13 | 7.81 | 0.00 | 144.3 | 7.88 | 0.06 | 6.09 | 0.03 | 1.90 | 387 | 655.3 | 92.4 |
| La Gachupina* | 15.50 | 7.65 | 3.25 | 233.4 | 6.3 | 0.11 | 24.85 | 2.11 | 0.65 | 335 | 659.9 | 149.1 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 23.84 | 8.00 | 22.70 | 1290.0 | 7.87 | 0.68 | 36.95 | 0.32 | 2.50 | 381 | 690.1 | 826.0 |

* Muestra por duplicado

Tabla 4 Resultados de parámetro medidos en agua (diciembre, 2012; Cont.)

| Sitio de muestreo | P _T (mg/L) | P-PO ₄ (mg/L) | N _T (mg/L) | Fe (mg/L) | Mn (mg/L) | Al (mg/L) | Alcalinidad T. (mg/L CaCO ₃) | Color verdadero (UPt-Co) | DBO ₅ (mg/L) | N-NO ₂ (mg/L) | Dureza T. (mg/L CaCO ₃) | Coliformes fecales (NMP/100 mL) | Coliformes totales (NMP/100 mL) |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| Las Truchas | 0.05 | 0.03 | 1.3 | 0.08 | 0.041 | 0.05 | 41.4 | 2 | <0.58 | <0.0213 | 38.8 | 4.30E+01 | 4.60E+02 |
| El Pollo | 2.40 | 2.28 | 10.3 | 0.33 | 0.220 | 0.078 | 120 | 20 | 8.2 | 0.5180 | 114 | 1.10E+06 | 1.10E+06 |
| El Rayo | 2.37 | 2.13 | 8.6 | 0.35 | 0.250 | 0.073 | 108 | 20 | 25.0 | 0.6403 | 108 | 1.50E+04 | 2.40E+05 |
| Salida Panochera | 2.20 | 2.03 | 7.1 | 0.23 | 0.170 | 0.07 | 120 | 25 | 6.9 | 0.7286 | 128 | 1.10E+05 | 1.10E+05 |
| La Alameda | 8.55 | 6.75 | 13.7 | 0.42 | 0.380 | 0.058 | 215 | 25 | 10 | 0.0294 | 184 | 4.60E+05 | 1.10E+06 |
| El Encanto | 4.16 | 3.29 | 16.4 | 0.84 | 0.630 | 0.107 | 176 | 40 | 20 | 0.1341 | 145 | 9.30E+04 | 4.60E+06 |
| Xochitepec | 1.78 | 1.55 | 6.6 | 0.45 | 0.220 | 0.088 | 170 | 20 | 3.9 | 0.3383 | 355 | 2.10E+03 | 1.10E+04 |
| Buenavista | 9.75 | 9.50 | 48 | 1.4 | 0.720 | 0.051 | 388 | 70 | 17.0 | 0.3212 | 202 | 4.60E+05 | 1.10E+06 |
| Alpuyeca | 1.72 | 1.57 | 9.6 | 0.42 | 0.500 | 0.23 | 169 | 25 | 4.0 | 0.3000 | 359 | 1.50E+04 | 1.10E+05 |
| Xoxocotla | 1.28 | 1.18 | 6.2 | 0.23 | 0.490 | 0.073 | 236 | 12 | 2.2 | 0.1162 | 616 | 1.10E+04 | 1.10E+04 |
| Zacatepec | 2.96 | 1.08 | 6.8 | 0.28 | 0.620 | 0.054 | 242 | 12 | 2.5 | 0.0888 | 620 | 4.60E+04 | 1.10E+05 |
| El Texcal | 0.37 | 0.33 | 2.1 | 0.027 | 0.027 | 0.05 | 44.5 | 2 | 0.75 | <0.0213 | 46.9 | 2.40E+02 | 2.40E+02 |
| La Gachupina* | 0.83 | 0.73 | 3.6 | 0.17 | 0.140 | 0.032 | 69.2 | 9 | 6.8 | 0.0799 | 58.1 | 6.25E+04 | 1.10E+05 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 0.19 | 0.16 | 3.9 | 0.22 | 0.780 | 0.233 | 292 | 2 | 1.2 | <0.0213 | 709 | 1.10E+06 | 1.10E+06 |

Alcalinidad T. Alcalinidad Total

Dureza T. Dureza Total

* Muestra por duplicado

Tabla 5 Resultados de parámetros medidos en agua (febrero, 2013)

| Sitio de muestreo | T (°C) | pH (Unidad) | Turbiedad (NTU) | CE (µS/cm) | OD (mg/L) | Salinidad (g/L) | Cl (mg/L) | N-NH ₄ (mg/L) | N-NO ₃ (mg/L) | Eh (mV) | Presión barométrica (mm Hg) | SDT (mg/L) |
|------------------------|--------|-------------|-----------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|------------|
| Las Truchas | 13.89 | 8.50 | 0.35 | 89 | 6.32 | 0.03 | <1.06 | 0.04 | 0.26 | 425 | 608.5 | 74 |
| El Pollo | 16.81 | 7.86 | 6.70 | 416 | 6.70 | 0.21 | 28.0 | 5.68 | 3.35 | 386 | 654.3 | 321 |
| El Rayo | 22.16 | 7.89 | 8.80 | 416 | 6.91 | 0.21 | 25.5 | 3.58 | 6.50 | 339 | 659.7 | 286 |
| Salida Panochera | 20.54 | 7.70 | 4.60 | 424 | 6.67 | 0.21 | 24.0 | 2.04 | 5.20 | 352 | 664.1 | 280 |
| La Alameda | 24.13 | 7.42 | 17.80 | 860 | 0.65 | 0.45 | 85.0 | 15.95 | 4.50 | 115 | 657.2 | 568 |
| El Encanto* | 25.11 | 7.60 | 33.65 | 788 | 4.27 | 0.41 | 74.8 | 12.54 | 3.75 | 296 | 659.1 | 513 |
| Xochitepec | 24.79 | 7.55 | 10.90 | 1229 | 9.11 | 0.65 | 32.0 | 1.29 | 1.50 | 357 | 668.5 | 802 |
| Buenavista | 16.25 | 8.05 | 33.00 | 817 | 5.10 | 0.42 | 98.0 | 99.00 | 6.60 | 361 | 612.5 | 637 |
| Alpuyeca | 22.44 | 8.24 | 9.90 | 1365 | 7.84 | 0.72 | 25.5 | 0.14 | 1.30 | 345 | 670.5 | 933 |
| Xoxocotla | 19.87 | 8.47 | 6.30 | 1085 | 8.37 | 0.57 | 30.2 | 0.08 | 0.80 | 375 | 681.1 | 782 |
| Zacatepec | 20.85 | 7.94 | 7.50 | 1159 | 7.21 | 0.61 | 29.5 | 0.36 | 0.80 | 366 | 684.6 | 818 |
| El Texcal | 16.45 | 6.42 | 0.20 | 134 | 8.31 | 0.06 | 3.5 | 0.08 | 0.40 | 435 | 648.5 | 104 |
| La Gachupina | 19.57 | 7.52 | 14.30 | 437 | 4.3 | 0.22 | 38.5 | 6.54 | 2.70 | 327 | 651.0 | 317 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 22.03 | 7.92 | 36.20 | 1199 | 5.72 | 0.63 | 19.0 | 2.95 | 2.30 | 174 | 683.8 | 826 |

* Muestra por duplicado

Tabla 5 Resultados de parámetro medidos en agua (febrero, 2013; Cont.)

| Sitio de muestreo | P _T (mg/L) | P-PO ₄ (mg/L) | N _T (mg/L) | Fe (mg/L) | Mn (mg/L) | Al (mg/L) | Alcalinidad T. (mg/L CaCO ₃) | Color verdadero (UPt-Co) | DBO ₅ (mg/L) | N-NO ₂ (mg/L) | Dureza T. (mg/L CaCO ₃) | Coliformes fecales (NMP/100 mL) | Coliformes totales (NMP/100 mL) |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| Las Truchas | 0.20 | 0.04 | 1.5 | 0.032 | 0.023 | 0.140 | 42.2 | <2 | <0.58 | <0.0213 | 38.9 | <3 | 1.40E+01 |
| El Pollo | 3.33 | 3.20 | 13.5 | 0.340 | 0.230 | 0.084 | 135 | 25 | 9.3 | 0.4406 | 121 | 7.50E+05 | 9.30E+05 |
| El Rayo | 2.99 | 2.78 | 11.1 | 0.310 | 0.260 | 0.120 | 122 | 25 | 9.2 | 0.9948 | 105 | 2.40E+05 | 4.60E+05 |
| Salida Panochera | 2.84 | 2.64 | 8.5 | 0.140 | 0.170 | 0.048 | 134 | 25 | 1.1 | 0.8288 | 117 | 9.30E+04 | 2.40E+05 |
| La Alameda | 5.85 | 5.12 | 23.0 | 0.720 | 0.530 | 0.148 | 233 | 60 | 25 | <0.0213 | 115 | 7.50E+06 | 1.50E+07 |
| El Encanto* | 4.15 | 4.00 | 20.6 | 0.705 | 0.520 | 0.223 | 202 | 50 | 23 | 0.0731 | 134 | 2.62E+05 | 9.80E+06 |
| Xochitepec | 1.30 | 1.23 | 5.9 | 0.200 | 0.500 | 0.215 | 264 | 15 | 5.1 | 0.1973 | 613 | 7.50E+04 | 4.60E+05 |
| Buenavista | 20.85 | 20.75 | 116.0 | 1.840 | 0.760 | 0.123 | 640 | 120 | 32.0 | 0.1118 | 173 | 2.40E+06 | 4.60E+06 |
| Alpuyeca | 1.26 | 1.16 | 4.4 | 0.230 | 0.560 | 0.120 | 249 | 12 | 2.2 | 0.1302 | 812 | 4.30E+03 | 4.30E+04 |
| Xoxocotla | 1.16 | 1.12 | 5.5 | 0.140 | 0.380 | 0.091 | 265 | 12 | 1.7 | 0.0756 | 653 | 9.30E+02 | 2.40E+03 |
| Zacatepec | 0.77 | 0.73 | 3.9 | 0.170 | 0.320 | 0.130 | 278 | 10 | 1.9 | 0.0858 | 653 | 1.10E+05 | 1.10E+05 |
| El Texcal | 0.39 | 0.36 | 2.1 | 0.032 | 0.037 | 0.030 | 43.3 | 2 | 1.10 | <0.0213 | 42.9 | 4.60E+03 | 1.10E+04 |
| La Gachupina | 2.14 | 1.60 | 10.0 | 0.500 | 0.350 | 0.121 | 161 | 20 | 30.0 | 0.0248 | 46.8 | 1.20E+05 | 9.30E+06 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 0.88 | 0.78 | 5.9 | 0.300 | 0.550 | 0.096 | 321 | 12 | 30.0 | 0.0330 | 653 | 1.10E+07 | 1.10E+07 |

Alcalinidad T. Alcalinidad Total

Dureza T. Dureza Total

* Muestra por duplicado

Tabla 6 Resultados de parámetros medidos en agua (junio, 2013)

| Sitio de muestreo | T (°C) | pH (Unidad) | Turbiedad (NTU) | CE (µS/cm) | OD (mg/L) | Salinidad (g/L) | Cl (mg/L) | N-NH ₄ (mg/L) | N-NO ₃ (mg/L) | Eh (mV) | Presión barométrica (mm Hg) | SDT (mg/L) |
|------------------------|--------|-------------|-----------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|------------|
| Las Truchas | 16.03 | 6.82 | 0.00 | 109 | 5.94 | 0.04 | 3.99 | 0.13 | 1.42 | 410 | 609.3 | 70 |
| El Pollo | 19.97 | 7.83 | 11.00 | 477 | 5.15 | 0.24 | 42.2 | 1.22 | 0.53 | 407 | 658.9 | 305 |
| El Rayo | 27.03 | 7.87 | 12.90 | 406 | 6.61 | 0.20 | 26.9 | 1.75 | 4.00 | 359 | 665.5 | 260 |
| Salida Panochera | 26.46 | 7.91 | 6.30 | 420 | 6.86 | 0.21 | 30.1 | 1.21 | 3.85 | 348 | 671.4 | 269 |
| La Alameda | 31.45 | 7.37 | 12.10 | 796 | 1.94 | 0.41 | 213.9 | 6.60 | 3.25 | 362 | 662.8 | 509 |
| El Encanto* | 28.55 | 7.82 | 10.75 | 262 | 6.02 | 0.13 | 108.8 | 8.14 | 2.50 | 367 | 663.9 | 230 |
| Xochitepec | 29.55 | 7.34 | 8.40 | 862 | 6.41 | 0.45 | 46.5 | 1.49 | 3.10 | 208 | 677.6 | 551 |
| Buenavista | 19.02 | 7.72 | 32.20 | 1073 | 1.33 | 0.56 | 116.3 | 50.75 | 0.05 | 513 | 609.6 | 687 |
| Alpuyeca | 29.36 | 7.84 | 17.90 | 1148 | 6.36 | 0.60 | 52.3 | 0.15 | 1.50 | 309 | 679.8 | 736 |
| Xoxocotla | 29.19 | 8.26 | 18.40 | 947 | 7.16 | 0.50 | 68.1 | 0.28 | 2.95 | 329 | 683.6 | 587 |
| Zacatepec | 24.48 | 7.90 | 6.20 | 1027 | 6.04 | 0.54 | 54.7 | 0.28 | 3.10 | 395 | 690.2 | 658 |
| El Texcal | 18.90 | 7.68 | 0.00 | 164 | 6.14 | 0.07 | 33.4 | <0.05 | 1.15 | 401 | 648.6 | 105 |
| La Gachupina | 26.91 | 7.52 | 4.30 | 154 | 5.2 | 0.07 | 36.5 | 3.85 | 1.35 | 429 | 653.2 | 99 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 19.02 | 7.72 | 32.20 | 1073 | 1.33 | 0.56 | 116.3 | 50.75 | 1.10 | 513 | 609.6 | 687 |

* Muestra por duplicado

Tabla 6 Resultados de parámetro medidos en agua (junio, 2013; Cont.)

| Sitio de muestreo | P _T (mg/L) | P-PO ₄ (mg/L) | N _T (mg/L) | Fe (mg/L) | Mn (mg/L) | Al (mg/L) | Alcalinidad T. (mg/L CaCO ₃) | Color verdadero (UPt-Co) | DBO ₅ (mg/L) | N-NO ₂ (mg/L) | Dureza T. (mg/L CaCO ₃) | Coliformes fecales (NMP/100 mL) | Coliformes totales (NMP/100 mL) |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| Las Truchas | 0.07 | 0.05 | 1.6 | 0.180 | 0.054 | 0.170 | 42.6 | <2 | <0.58 | <0.0213 | 39 | 9.30E+01 | 4.60E+03 |
| El Pollo | 1.34 | 1.23 | 7.2 | 0.420 | 0.300 | 0.220 | 117 | 3 | 7.6 | 0.6915 | 135 | 4.60E+05 | 1.10E+06 |
| El Rayo | 1.31 | 1.21 | 6.5 | 0.340 | 0.230 | 0.202 | 113 | 18 | 7.6 | 0.5855 | 123 | 2.40E+06 | 4.60E+06 |
| Salida Panochera | 1.37 | 1.27 | 5.8 | 0.270 | 0.210 | 0.124 | 120 | 20 | 2.4 | 0.7063 | 123 | 1.10E+06 | 1.10E+06 |
| La Alameda | 3.83 | 3.73 | 15.2 | 0.450 | 0.370 | 0.169 | 171 | 30 | 7 | 0.1209 | 197 | 1.10E+01 | 7.50E+01 |
| El Encanto* | 2.61 | 2.39 | 10.6 | 0.530 | 0.345 | 0.161 | 157 | 25 | 8 | 0.1073 | 127 | 3.35E+05 | 7.80E+05 |
| Xochitepec | 1.21 | 1.12 | 5.4 | 0.380 | 0.290 | 0.260 | 202 | 15 | 3.9 | 0.5104 | 348 | 2.40E+05 | 2.40E+05 |
| Buenavista | 6.50 | 5.60 | 50.0 | 2.760 | 1.510 | 0.096 | 420 | 70 | 23.0 | 0.6025 | 206 | 1.10E+06 | 1.10E+06 |
| Alpuyeca | 0.71 | 0.66 | 2.4 | 0.340 | 0.260 | 0.327 | 217 | 18 | 3.6 | 0.1474 | 576 | 4.30E+05 | 9.30E+05 |
| Xoxocotla | 0.97 | 0.91 | 4.6 | 0.500 | 0.370 | 0.491 | 202 | 18 | 3.2 | 0.2805 | 447 | 9.30E+04 | 4.60E+05 |
| Zacatepec | 1.05 | 0.92 | 3.8 | 0.360 | 0.280 | 0.302 | 224 | 15 | 2.5 | 0.1771 | 477 | 1.50E+05 | 4.60E+05 |
| El Texcal | 0.45 | 0.41 | 3.7 | 0.050 | 0.033 | 0.090 | 48.1 | <2 | <0.58 | <0.0213 | 51.6 | <3 | <3 |
| La Gachupina | 1.26 | 1.03 | 5.3 | 0.250 | 0.210 | 0.117 | 85 | 15 | 9.8 | 0.0417 | 43.7 | <3 | 4.00E+00 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 6.50 | 5.6 | 50.0 | 2.760 | 1.510 | 0.096 | 420 | 70 | 23.0 | 0.6025 | 206 | 1.10E+07 | 1.10E+07 |

Alcalinidad T. Alcalinidad Total

Dureza T. Dureza Total

* Muestra por duplicado

De manera general se puede observar que las mayores temperaturas se obtuvieron en el muestreo de junio, 2013 (Figura 13). Durante el muestreo de septiembre 2012, la temperatura del agua en los sitios muestreados oscilo entre 15.96 y 27.85 °C, mientras que en el segundo muestreo la temperatura del agua fluctuó entre 14.26 y 24.33 °C. En lo que respecta al tercer muestreo la temperatura de agua varió entre 13.89 y 25.11 °C. La temperatura del agua en el último muestreo marcó de 15.96 °C a 27.85 °C.

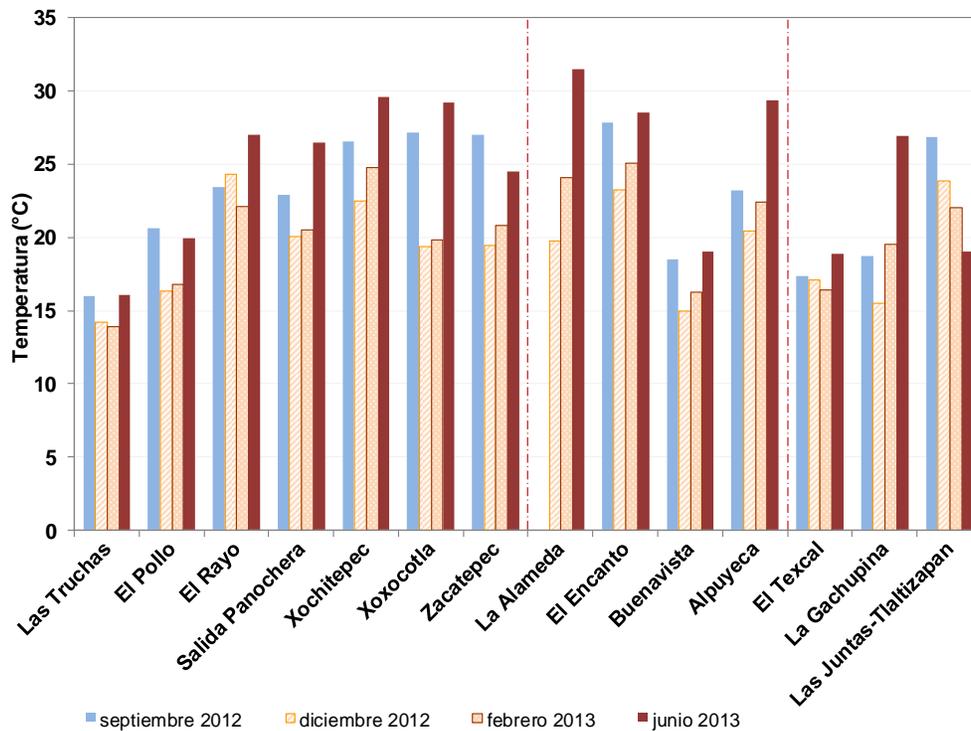


Figura 13 Temperatura en muestras de agua

En la Figura 14 se presentan los resultados de pH y se observa que únicamente el valor obtenido para el sitio Xochitepec en el muestreo de septiembre de 2012, rebasa el límite de 9, que se marca en los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento y para riego agrícola (DOF, 1989). El límite para protección de la vida acuática (DOF, 1989), marca como valor máximo admisible de pH las CN+0.2. En la Tabla 7 se presentan los límites de pH para cada muestreo. Se observa que en el muestreo de septiembre 2012, las muestras de agua en los sitios El Pollo, El Rayo, Xochitepec, Xoxocotla y Zacatepec, localizados en la corriente principal del río Apatlaco, rebasan el

valor de pH 8.58, determinado como límite de acuerdo a este criterio. Asimismo, únicamente el sitio La Alameda no rebasa el límite establecido para protección de la vida acuática (pH 7.60) durante el muestreo de diciembre 2012. Ninguna de las muestras de agua obtenidas en febrero 2013 rebasa pH 8.70, mientras que en junio 2013, todos los sitios con excepción de Las Truchas, rebasan pH 7.02.

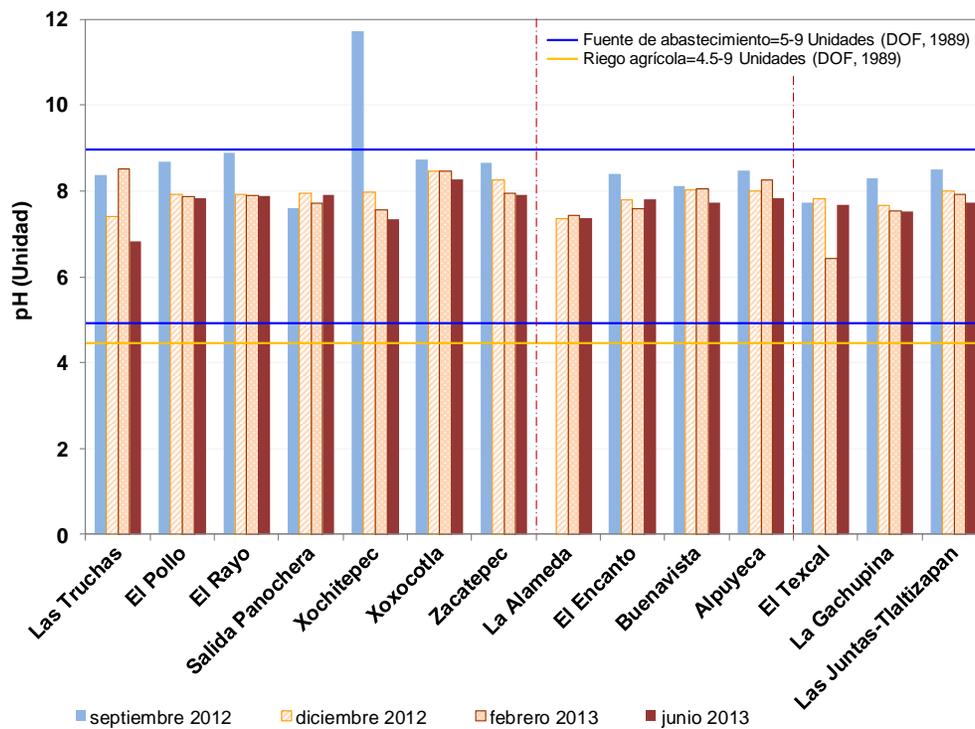


Figura 14 pH en muestras de agua

El límite para turbiedad establecido en los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento, es de CN (DOF, 1989). Al comparar este límite con los resultados de turbiedad obtenidos en septiembre 2012 (Figura 15), se observa que se rebasa CN=6.9 NTU en las muestras de agua de todos los sitios. Por el contrario, durante el muestreo en junio 2013 sólo las muestras de agua de los sitios Las Truchas y El Texcal cumplen con el límite establecido de CN=0.0 NTU. Únicamente la muestra de agua del sitio El Texcal cumple con el límite establecido de CN=0.0 NTU para el muestreo realizado en diciembre 2012 y de CN=3.5 NTU para el muestreo de febrero 2013. En la misma

Figura 15 se observa que no se observa una tendencia de variación en este parámetro respecto a la época del año.

Tabla 7 pH en muestras de agua por evento de muestreo y límite CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática

| Sitio | pH (unidades) | | | |
|---|---------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sep 2012 | Dic 2012 | Feb 2013 | Jun 2013 |
| Las Truchas | 8.38 | 7.40 | 8.50 | 6.82 |
| El Pollo | 8.69 | 7.92 | 7.86 | 7.83 |
| El Rayo | 8.88 | 7.92 | 7.89 | 7.87 |
| Salida Panochera | 7.61 | 7.94 | 7.70 | 7.91 |
| La Alameda | SD | 7.36 | 7.42 | 7.37 |
| El Encanto | 8.39 | 7.79 | 7.60 | 7.82 |
| Xochitepec | 11.72 | 7.96 | 7.55 | 7.34 |
| Buenavista | 8.11 | 8.03 | 8.05 | 7.72 |
| Alpuyeca | 8.49 | 8.00 | 8.24 | 7.84 |
| Xoxocotla | 8.73 | 8.46 | 8.47 | 8.26 |
| Zacatepec | 8.66 | 8.26 | 7.94 | 7.90 |
| El Texcal | 7.72 | 7.81 | 6.42 | 7.68 |
| La Gachupina | 8.30 | 7.65 | 7.52 | 7.52 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 8.49 | 8.00 | 7.92 | 7.72 |
| Límite CE-CCA-001/89 (CN+0.2; DOF, 1989) | 8.58 | 7.60 | 8.70 | 7.02 |

SD Sin Datos.

El sombreado claro indica valores que rebasan el límite para protección de la vida acuática (DOF, 1989).

Con excepción del valor reportado en el sitio Buenavista en febrero 2013, el color verdadero, en los sitios cumplen con el límite que marca los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) para agua como fuente de abastecimiento, tanto en septiembre 2012 como en junio 2013 (Figura 16). Asimismo, se observa que para los muestreos realizados en diciembre 2012 y febrero 2013 se reportan los valores más altos de este parámetro.

Los valores de conductividad eléctrica fueron mayores para los muestreos realizados en diciembre 2012 y febrero 2013 (Figura 17). En lo que se refiere al muestreo de septiembre 2012, el resultado del sitio Alpuyeca no cumple con el límite que marca los CE-CCA-001/89 para uso en riego agrícola (DOF, 1989). Los resultados para el sitio Las Juntas-Tlaltizapán en todos los eventos de muestreo, rebasan este límite. En los muestreos de diciembre 2012 y febrero 2013, las muestras de agua de los sitios Xochitepec, Xoxocotla, Zacatepec y Alpuyeca no cumplen con el mismo límite. De igual forma los valores obtenidos para el muestreo de junio 2013 en los sitios Zacatepec, Buenavista y Alpuyeca, rebasan este límite.

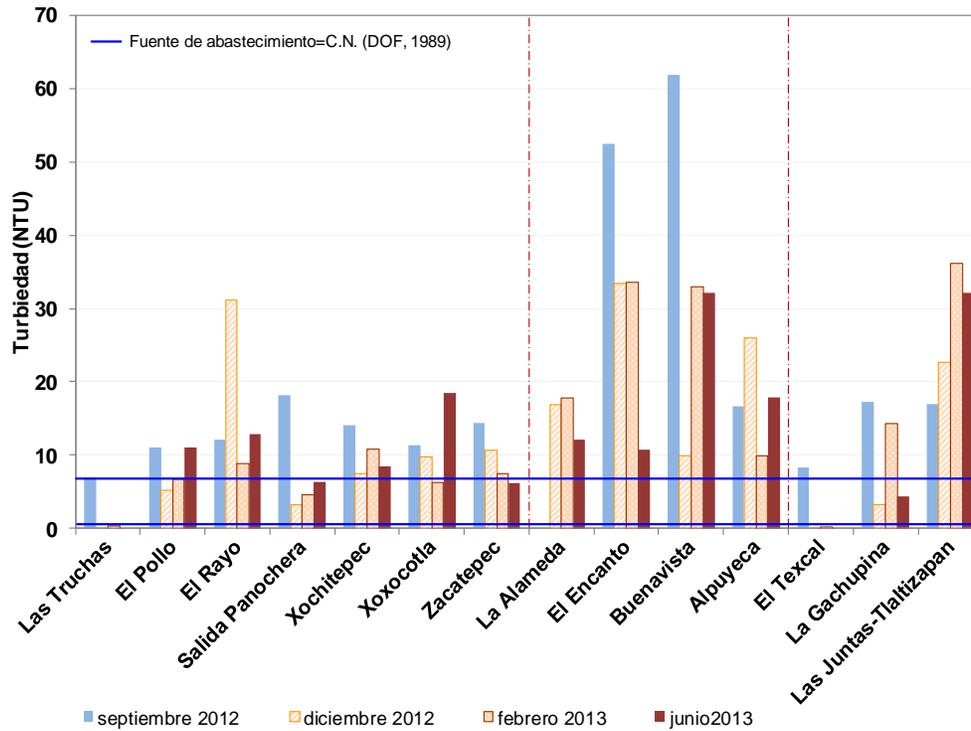


Figura 15 Turbiedad en muestras de agua. Las líneas indican las CN en cada muestreo

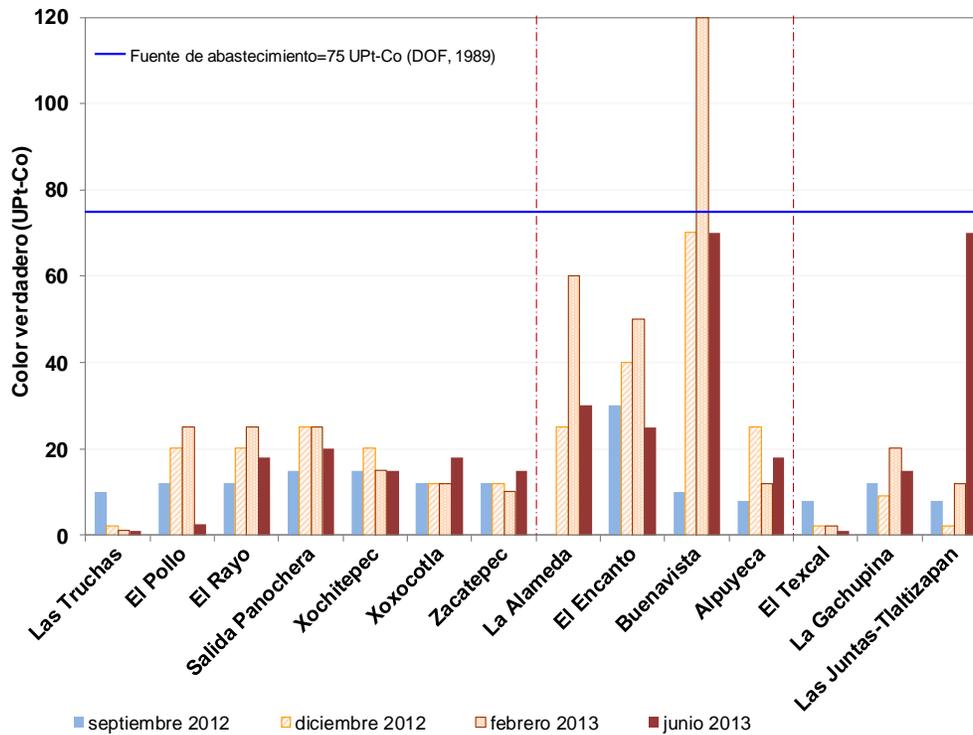


Figura 16 Color verdadero en muestras de agua

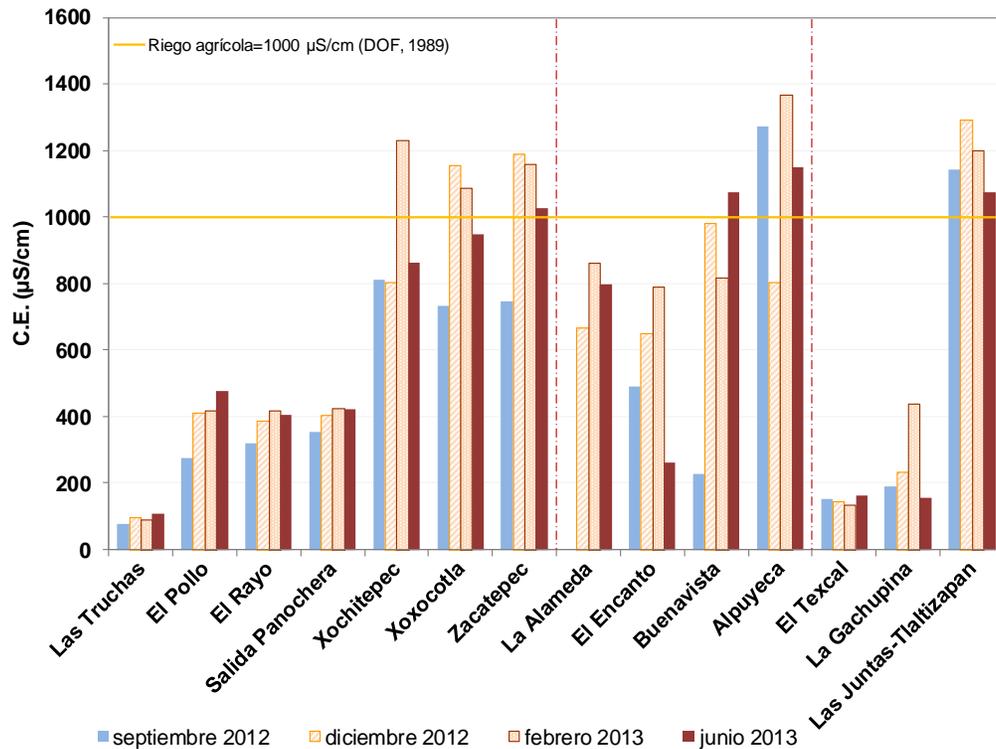


Figura 17 Conductividad eléctrica en muestras de agua

Los valores de oxígeno disuelto obtenidos por sitio y por evento de muestreo (Figura 18) señalan, que las muestras de agua del sitio La Alameda no cumplen con el valor mínimo requerido por los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) como fuente de abastecimiento durante todos los muestreos. De igual forma el valor obtenido en diciembre 2012 en el sitio Buenavista así como en junio 2013 en los sitios Las Juntas-Tlaltizapan y Buenavista, no cumplen con el mismo límite. Asimismo, los sitios La Alameda, El Encanto, Buenavista, La Gachupina y Las Juntas-Tlaltizapan no cumplen con los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) para protección de la vida acuática en al menos uno de los eventos de muestreo.

El potencial redox del agua osciló entre 265 y 586 mV durante el primer muestreo, entre 215 y 421 mV durante el segundo, de 115 a 435 mV durante el tercero y de 208 a 513 mV durante el cuarto muestreo (Figura 19). Esto señala que el agua de todos los sitios, se encuentra oxidada. Asimismo, se observa que son mayores los valores obtenidos

durante el muestreo de septiembre 2012 que en los demás muestreos. Los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) no contempla límites para este parámetro.

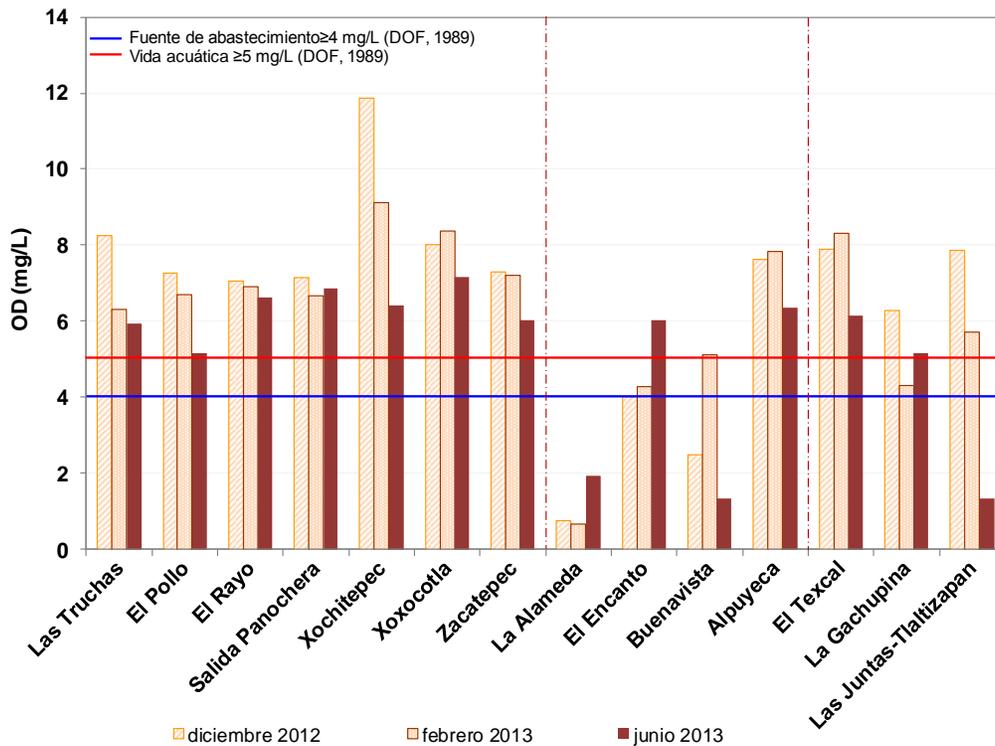


Figura 18 Oxígeno disuelto en muestras de agua

La alcalinidad total obtenida en las muestras de agua de los sitios Buenavista correspondiente a los muestreos realizados en febrero y junio 2013 y de las Juntas-Tlaltizapan correspondiente al muestreo de junio 2013 (Figura 20), son los únicos valores que rebasan el límite de los CE-CCA-001/89 para fuente de abastecimiento (DOF, 1989). Asimismo, sólo la muestra de agua obtenida en septiembre 2012 en el sitio Buenavista cumple con el límite para alcalinidad que marca los CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática (DOF, 1989). Durante junio 2013, ninguno de la muestras de agua obtenida en los sitios de muestreo, cumple con el límite para protección de la vida acuática. Los valores de alcalinidad más elevadas son los obtenidos entre en diciembre 2012 y febrero 2013.

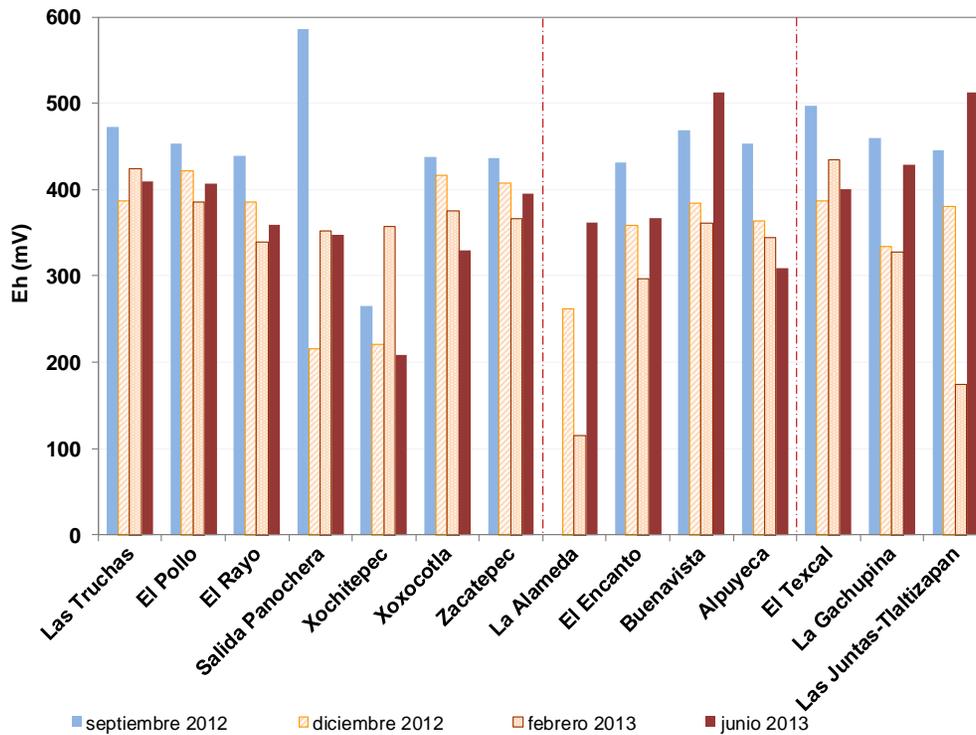


Figura 19 Potencial redox en muestras de agua

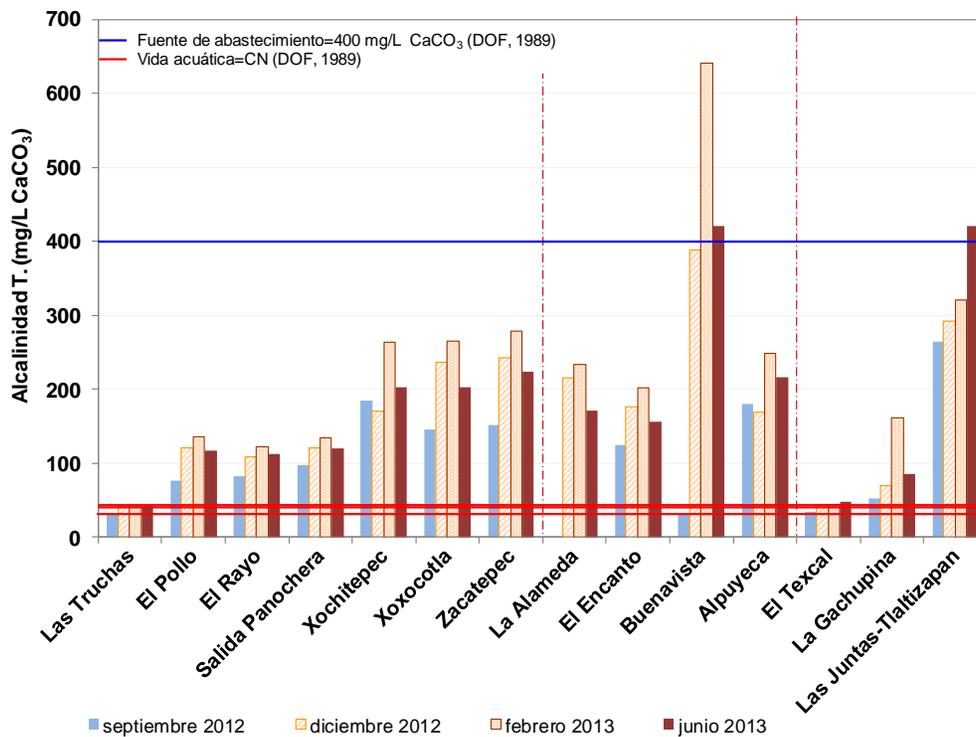


Figura 20 Alcalinidad total en muestras de agua

La dureza total y la salinidad son parámetros que no se contemplan en los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989). La dureza varió entre 32 y 725 mg/L como CaCO_3 en las muestras de agua obtenidas durante septiembre 2012, entre 39 y 709 mg/L en diciembre 2012, entre 39 y 812 mg/L en febrero 2013 y entre 39 y 576 mg/L en junio 2013 (Figura 21). La salinidad osciló entre 0.03 y 0.67 g/L durante el muestreo de septiembre 2012, entre 0.04 y 0.68 g/L durante el de diciembre 2012, entre 0.03 y 0.72 g/L durante el de febrero 2013 y entre 0.04 y 0.60 g/L durante el muestreo de junio 2013 (Figura 22).

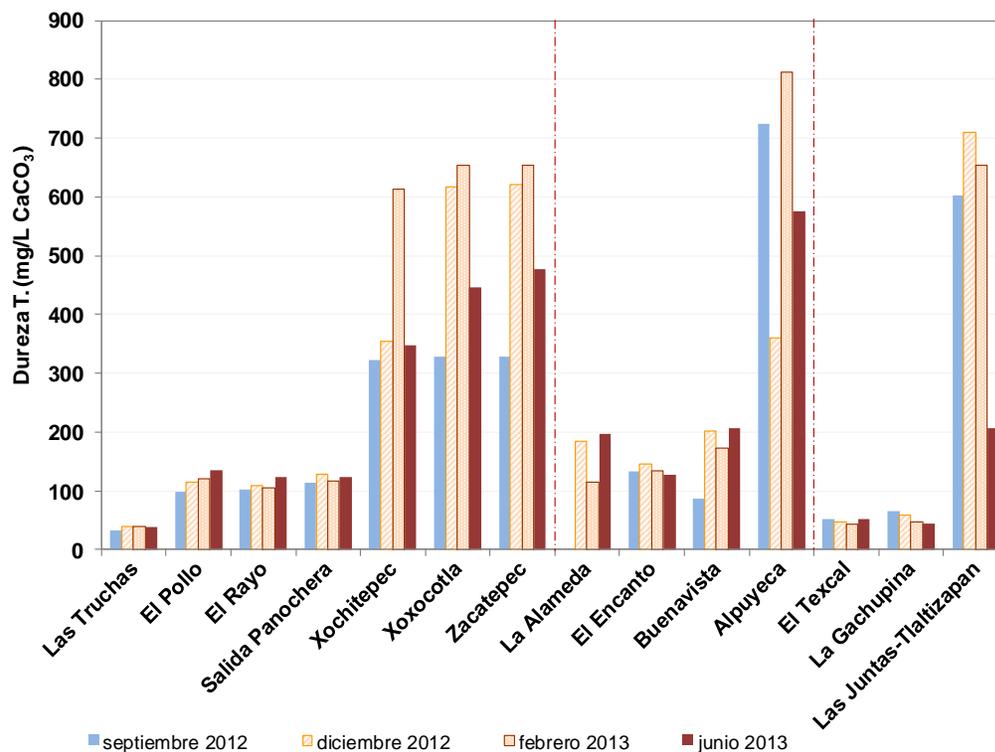


Figura 21 Dureza total en muestras de agua

Las muestras de agua en ocho de los sitios de muestreo no cumplen con el límite de sólidos disueltos totales especificados por los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento y para riego agrícola (DOF, 1989); las de Xochitepec, Alpuyecca y Las Juntas-Tlaltizapan no cumple con este parámetro en ninguno de los eventos de muestreo, mientras que las de Xoxocotla, Zacatepec y Buenavista rebasan este límite en los muestreos realizados entre diciembre 2012 y junio 2013 (Figura 23). Las

muestras de agua de los sitios Alameda y El Encanto no cumplen con este criterio en al menos un evento de muestreo. De manera general los valores más altos se reportan para los muestreos realizados en diciembre 2012 y febrero 2013.

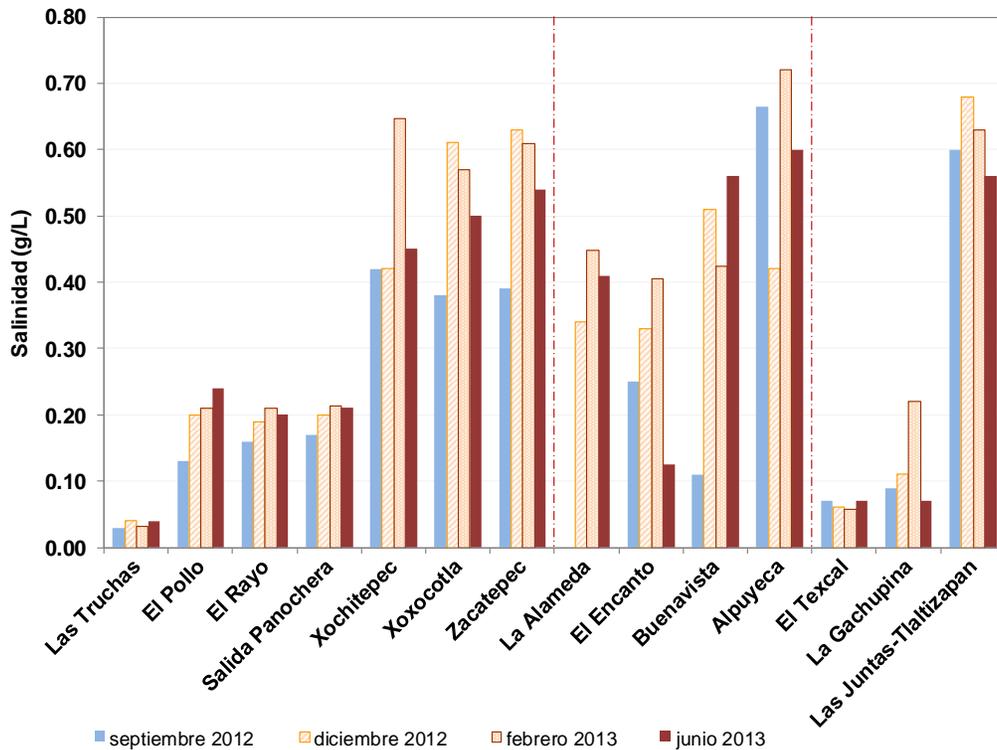


Figura 22 Salinidad en muestras de agua

En todos los sitios muestreados, cloruro cumple con los límites establecidos en los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento y para protección de la vida acuática (DOF, 1989) (Figura 24). Sin embargo, los valores para muestras de agua no cumplen con el límite para riego agrícola en los sitios El Encanto y Buenavista, en diciembre 2012, así como en La Alameda para los muestreos de diciembre 2012 y junio 2013.

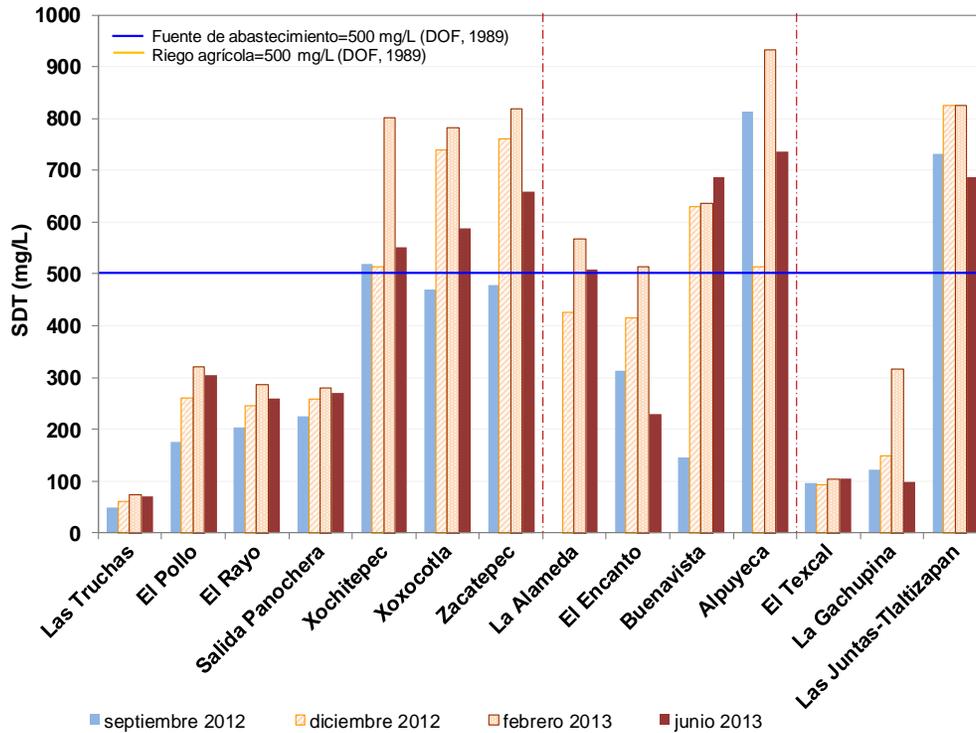


Figura 23 Sólidos disueltos totales en muestras de agua

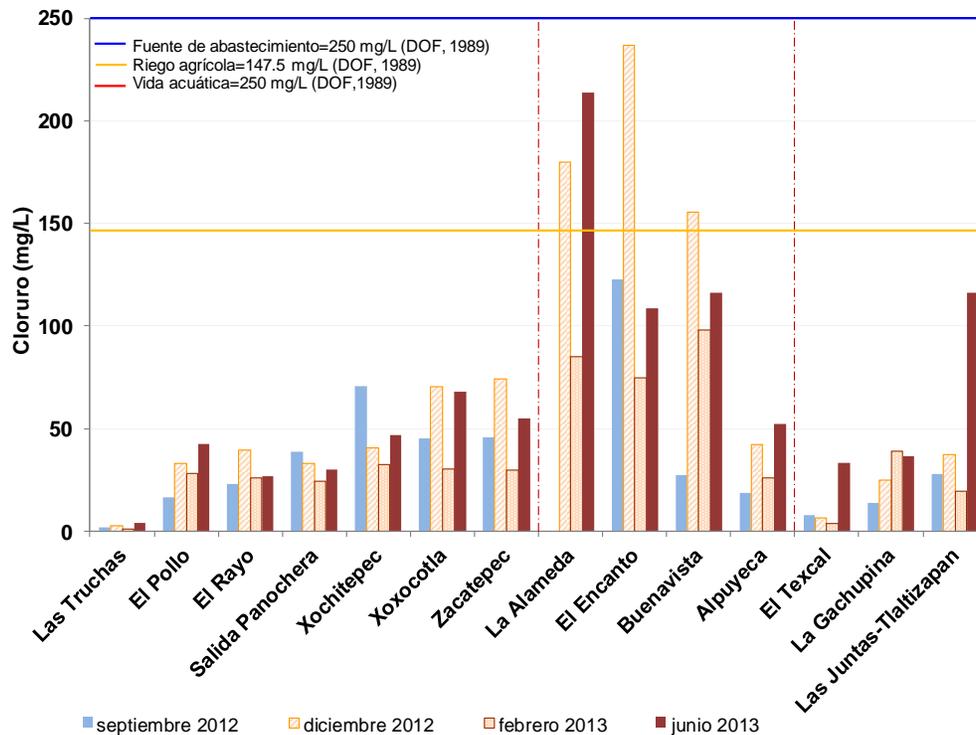


Figura 24 Cloruro en muestras de agua

Con excepción de los sitios Las Truchas (febrero 2013) y El Texcal (diciembre 2012 y junio 2013), el nitrógeno amoniacal en todos los sitios rebasa el límite señalado en los CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática (Figura 25) (DOF, 1989).

En los sitios El Rayo, Salida Panochera, Xoxocotla, Zacatepec, El Encanto, Buenavista y La Gachupina, durante el muestreo de septiembre 2012, el nitrógeno como nitratos en las muestras de agua no cumple con el límite que marcan los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989), para fuente de abastecimiento (Figura 26). En los muestreos de diciembre 2012 y febrero 2013, los sitios El Pollo, El Rayo, Salida Panochera, Xoxocotla, Zacatepec, Buenavista y Alpuyecaca no cumplen con este límite en al menos uno de los eventos de muestreo. Las concentraciones más altas se reportan para el muestreo realizado en septiembre 2012.

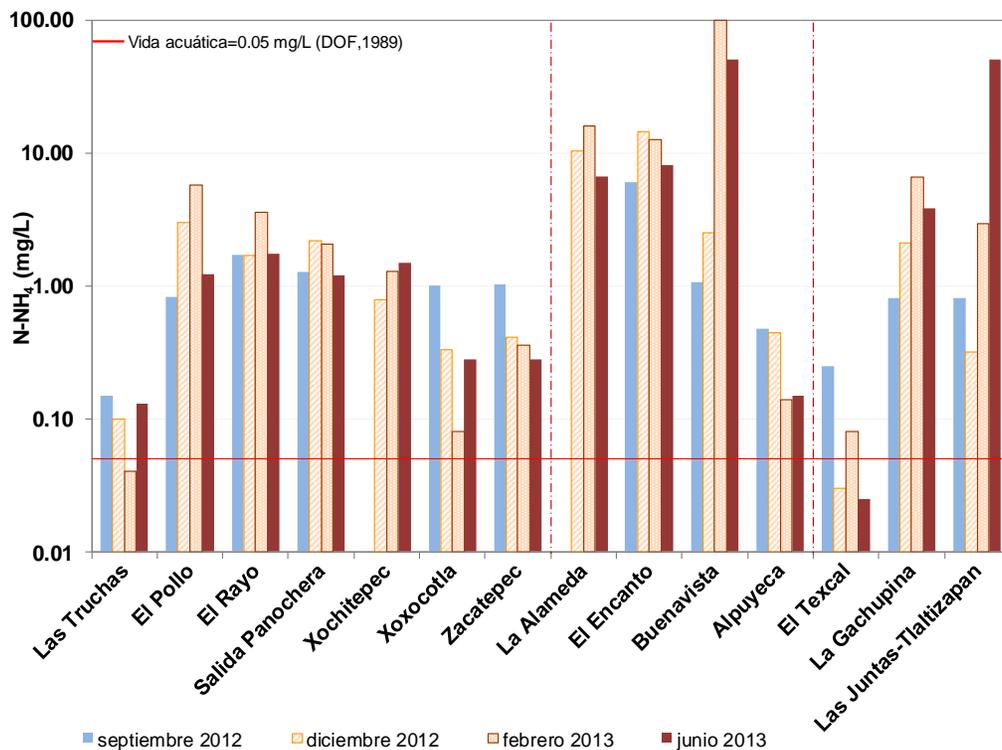


Figura 25 Nitrógeno amoniacal en muestras de agua

De acuerdo con los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) las muestras de agua obtenidas en los sitios Las Truchas y El Texcal (Figura 27), no rebasan el límite para agua como

fuelle de abastecimiento de nitrógeno como nitritos en ninguno de los eventos de muestreo. Los sitios restantes superan este límite en al menos uno de los eventos de muestreo.

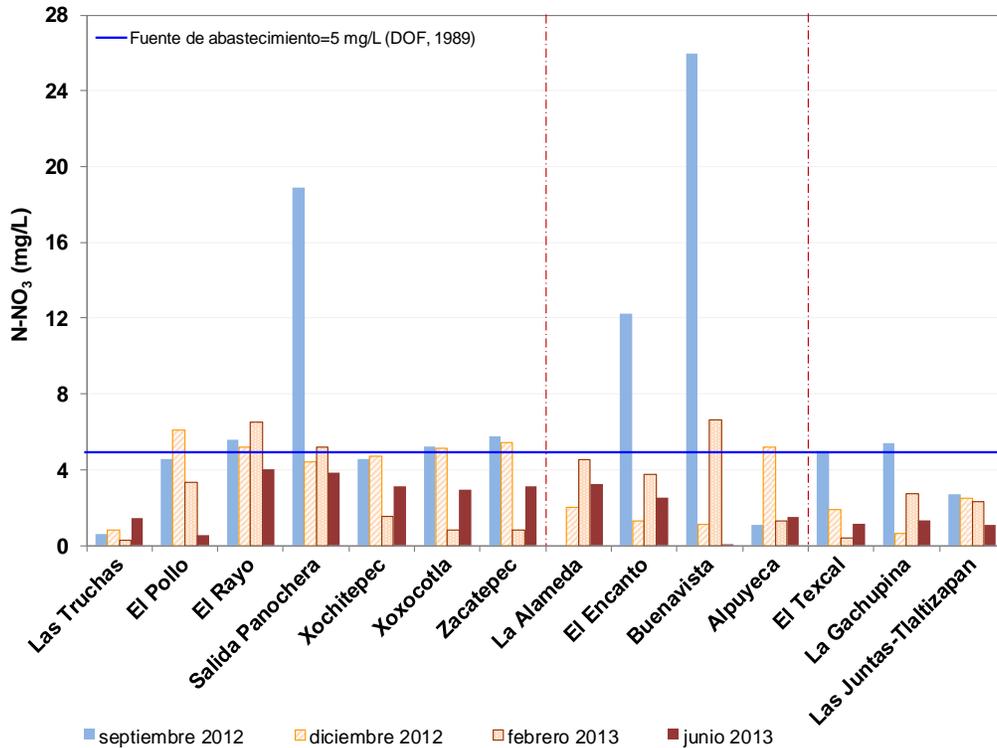


Figura 26 Nitrógeno como nitratos en muestras de agua

No se establece límite para nitrógeno total en los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 (DOF, 1989). Según la clasificación trófica de la OECD (1982), este parámetro clasifica al agua de los 14 sitios como hipereutrófica en junio 2013. Durante el muestreo de septiembre 2012, el agua de los sitios muestreados los clasifica como hipereutrófica con excepción de los sitios Las Truchas y Alpuyeca donde los valores reportados lo clasifican en estado eutrófico (Figura 28). En lo que respecta a los resultados obtenidos en los sitios muestreados en diciembre 2012 y febrero 2013, donde se clasifica el agua del río como hipereutrófico, con excepción del sitio Las Truchas, donde el agua se encuentra en estado eutrófico. De manera general las concentraciones de nitrógeno total por sitio son mayores para las muestras obtenidas en diciembre 2012 y febrero 2013.

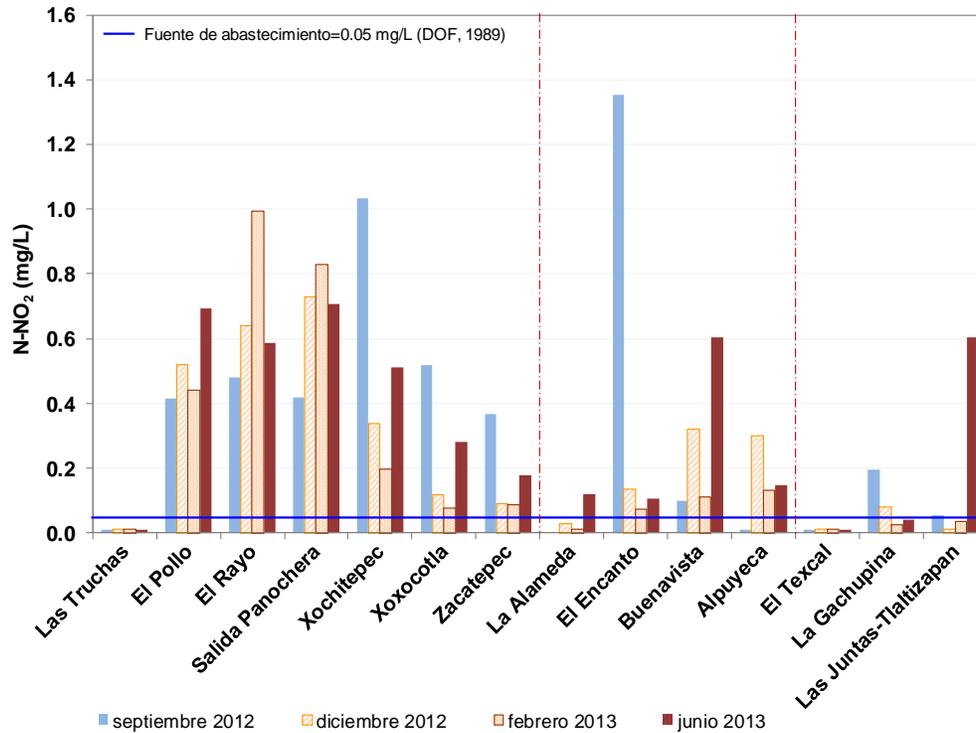


Figura 27 Nitrógeno como nitritos en muestras de agua

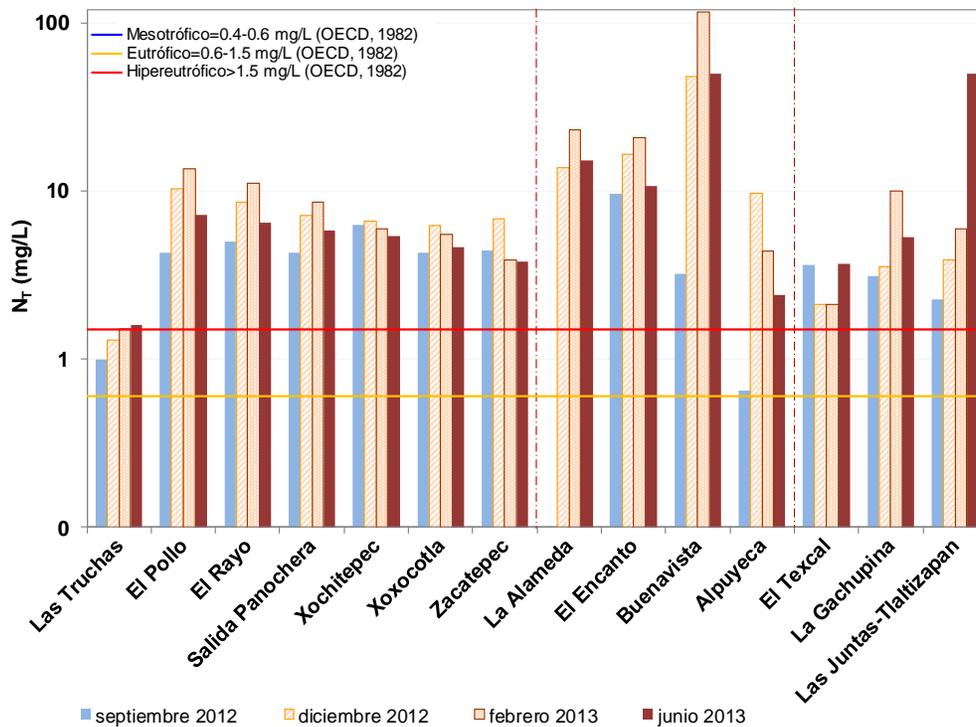


Figura 28 Nitrógeno total en muestras de agua

Las concentraciones de fósforo como fosfatos en las muestras de agua se presentan en la Figura 29, donde se observa que el sitio Las Truchas en septiembre 2012 es el único que no rebasa los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento (DOF, 1989). Por el contrario, en los muestreos consecutivos, las muestras de todos los sitios rebasan este límite. Asimismo, el sitio Las Truchas en todos los eventos de muestreo y Alpuyecaca en septiembre 2012, no rebasan los CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática (DOF, 1989). Las concentraciones mayores este parámetro se presentan entre la temporada en diciembre 2012 y febrero 2013.

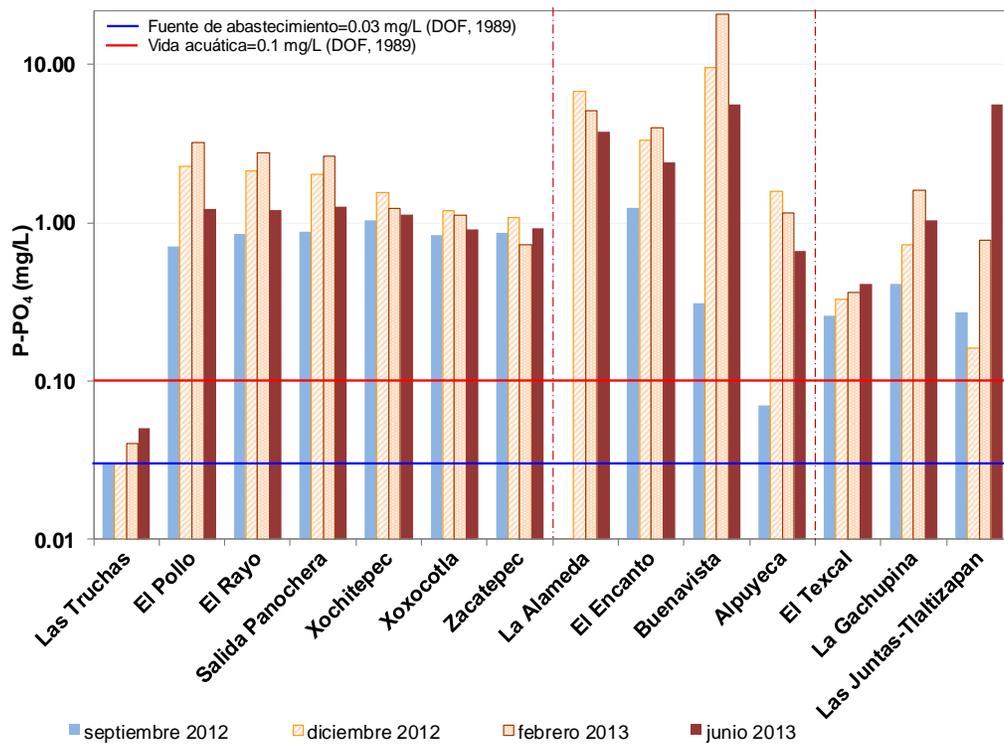


Figura 29 Fósforo como fosfatos en muestras de agua

En los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) no se establecen límites para fósforo total. Según la clasificación trófica de la OECD (1982), fósforo total clasifica al agua de los sitios Las Truchas y Alpuyecaca como eutrófica en el muestreo de temporada de lluvia; mientras que el agua de los demás sitios se clasifica como hipereutrófica (Figura 30). En el muestreo de junio 2013, el agua de 13 sitios se clasifica como hipereutrófica y sólo el sitio Las Truchas se clasifica como eutrófica. De los valores obtenidos en los muestreos

realizados en diciembre 2012 y febrero 2013, el agua de todos los sitios se clasifica como hipereutrífica. Las concentraciones mayores de este parámetro corresponden a los muestreos realizados en diciembre 2012 y febrero 2013.

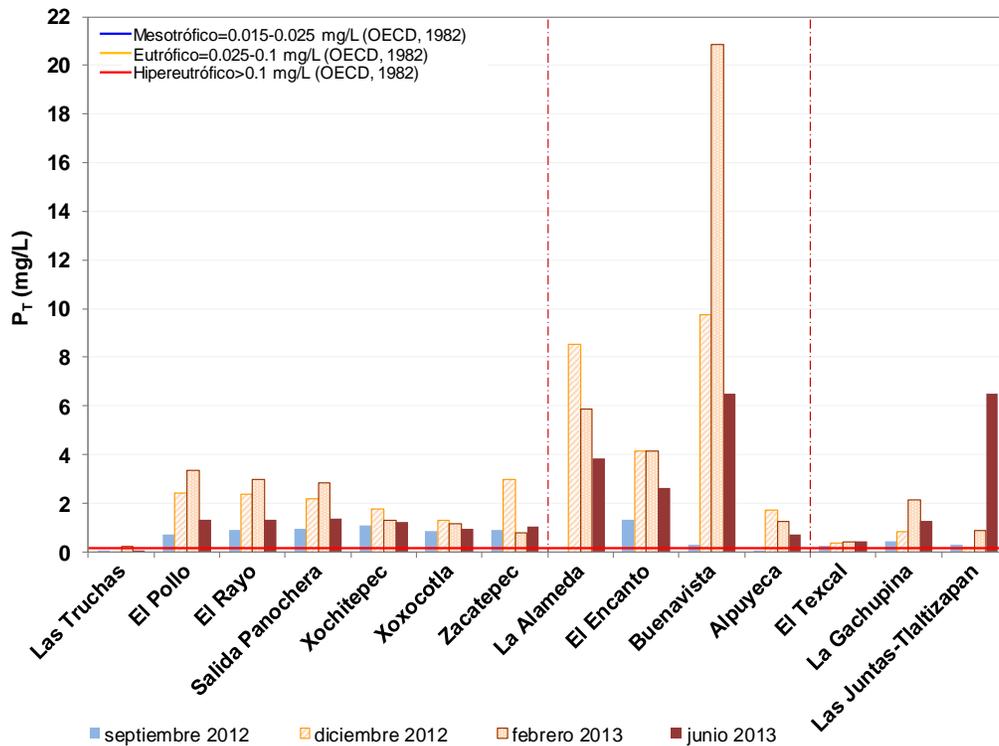


Figura 30 Fósforo total en muestras de agua

En los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) no se establecen límites para demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). La CONAGUA realiza la evaluación de la calidad del agua utilizando tres indicadores (CONAGUA, 2010), siendo uno de ellos la DBO₅. De acuerdo a este parámetro, en septiembre 2012 se clasifica el agua como de “excelente calidad” en Las Truchas, Xoxocotla, Zacatepec, Buenavista, Alpuyeca y El Texcal (Figura 31). Los sitios clasificados de “buena calidad” son El Pollo, El Rayo, Salida Panochera y Las Juntas-Tlaltizapan. Los sitios donde el agua se califica de “calidad aceptable” son: Xochitepec, El Encanto y La Gachupina. De acuerdo a los criterios de la CONAGUA (2010), ninguno de los sitios se clasifica como “contaminado” durante este muestreo.

En septiembre 2012, el número más probable de coliformes fecales cumple con lo marcado en los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) tanto para agua como fuente de abastecimiento y para riego agrícola en los sitios Las Truchas, Zacatepec y El Texcal (Figura 32). Las muestras de agua de los sitios Las Truchas correspondientes a diciembre 2012 y febrero 2013 y El Texcal en diciembre 2012, cumplen con los mismos límites. Igualmente las muestras obtenidas en junio 2013 en los sitios Las Truchas, La Alameda, El Texcal y La Gachupina cumplen con estos límites. De los valores obtenidos durante este muestreo, Las Truchas, La Alameda, El Texcal y La Gachupina no rebasan el límite para coliformes fecales señalado en los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) para protección de la vida acuática. Por otro lado únicamente los sitios Zacatepec y El Texcal no rebasan el mismo límite en septiembre 2012. Los valores correspondientes a los muestreos realizados en diciembre 2012 y febrero 2013 en el sitio Las Truchas, cumplen con el límite señalado para protección de la vida acuática.

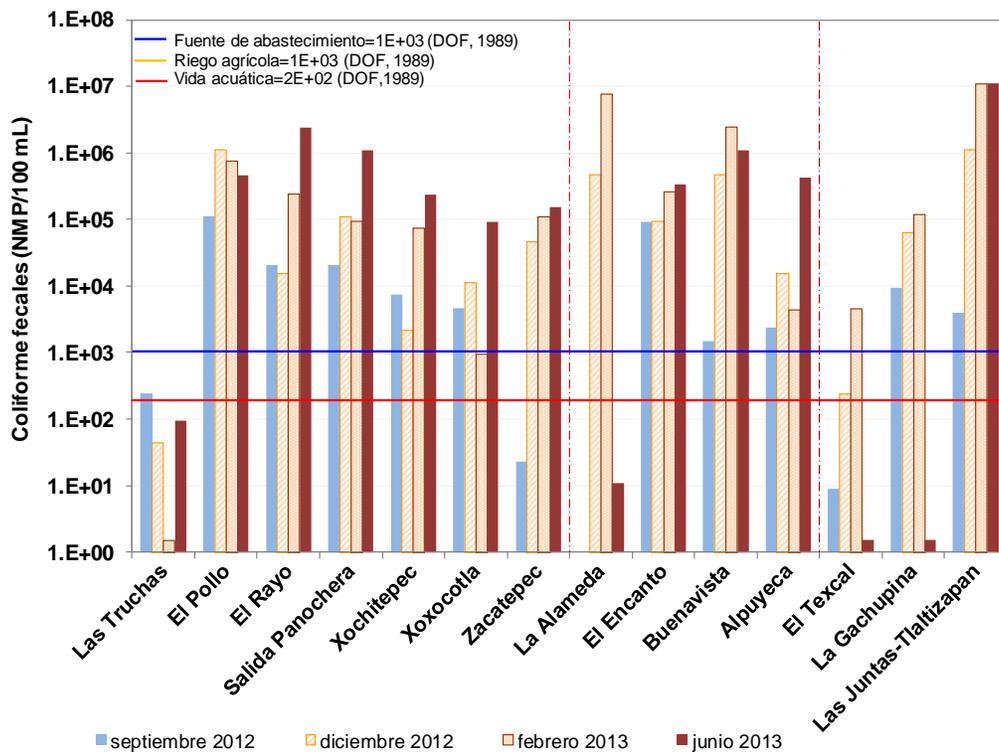


Figura 32 Coliformes fecales en muestras de agua

Para coliformes totales los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989) no contemplan límite alguno. Destacan las concentraciones bajas de coliformes fecales y totales durante el muestreo realizado en junio 2013 en los sitios El Texcal y La Gachupina (Figura 32 y Figura 33). Dado que este comportamiento no fue observado en los primeros muestreos, una posible explicación es que en el muestreo de junio 2013, el agua haya sido afectada por una descarga, inhibiendo el crecimiento de estas bacterias.

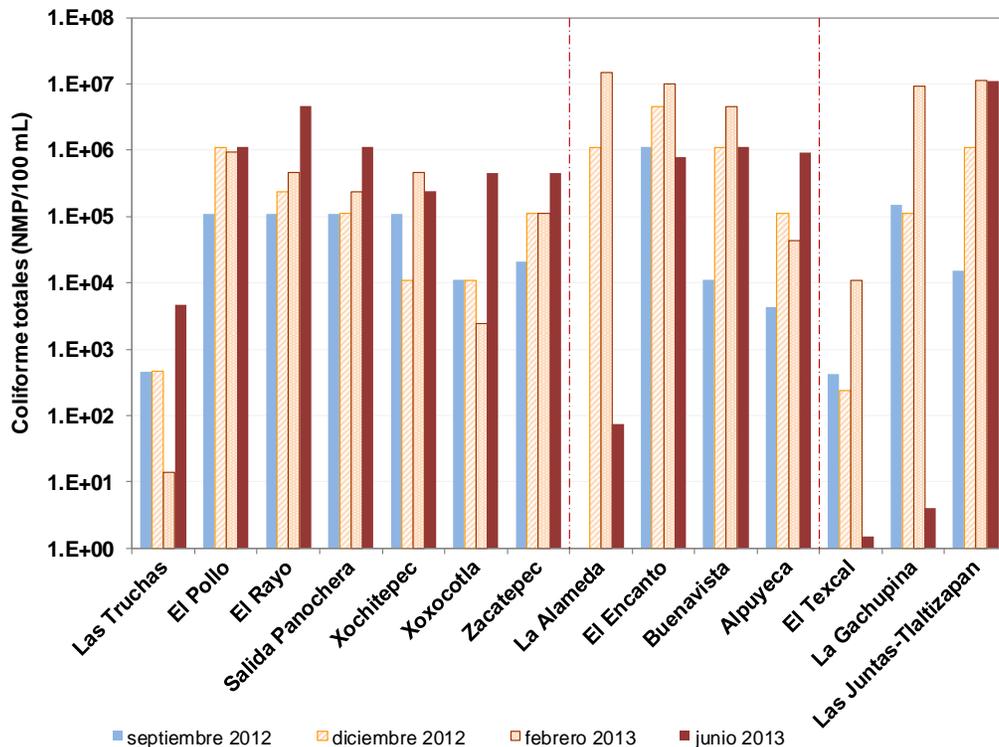


Figura 33 Coliformes totales en muestras de agua

Las concentraciones de hierro en los sitios El Pollo, El Rayo, Xochitepec, Xoxocotla, Zacatepec, La Alameda, El Encanto, Buenavista, Alpuyeca, La Gachupina y Las Juntas-Tlaltizapan, rebasan el límite de 0.3 mg/L señalado en los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento (DOF, 1989) durante al menos un evento de muestreo. Por el contrario, las muestras de todos los sitios cumplen con lo marcado para este parámetro en los CE-CCA-001/89 para riego agrícola. Las concentraciones de hierro en las muestras de agua del sitio Buenavista desde diciembre 2012 hasta junio 2013 y de

Las Juntas-Tlaltizapan en junio 2013, son los únicos que rebasan el límite de los CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática (Figura 34).

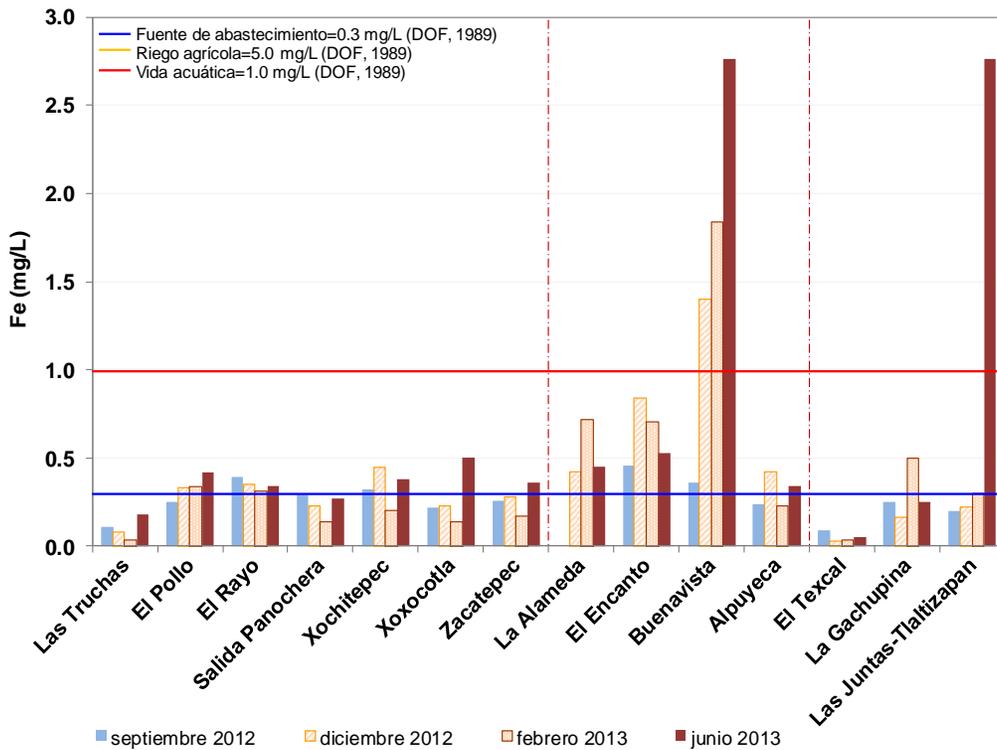


Figura 34 Hierro en muestras de agua

Con excepción de los sitios Las Truchas y El Texcal, las concentraciones de manganeso en agua no cumplen con lo establecido en los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento (DOF, 1989). Un caso particular es el sitio Buenavista en el que la concentración de manganeso en la muestras de agua correspondiente a septiembre 2012, no rebasa el mencionado límite pero en los siguientes muestreos presenta elevadas concentraciones de manganeso (Figura 35).

De acuerdo con los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento (DOF, 1989), todos los sitios muestreados rebasan el límite para aluminio en los cuatro muestreos (Figura 36). Al comparar los resultados con el límite para protección de la vida acuática de los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989), únicamente los sitios Las Truchas (diciembre 2012), Salida Panochera (febrero 2013), El Texcal (septiembre y diciembre

2012 y febrero 2013) y La Gachupina (diciembre 2013) no rebasan este límite. Por el contrario, todos los sitios cumplen con el límite CE-CCA-001/89 para uso en riego agrícola (DOF, 1989). Generalmente, las concentraciones más elevadas de aluminio se presentan durante el muestreo en junio 2013.

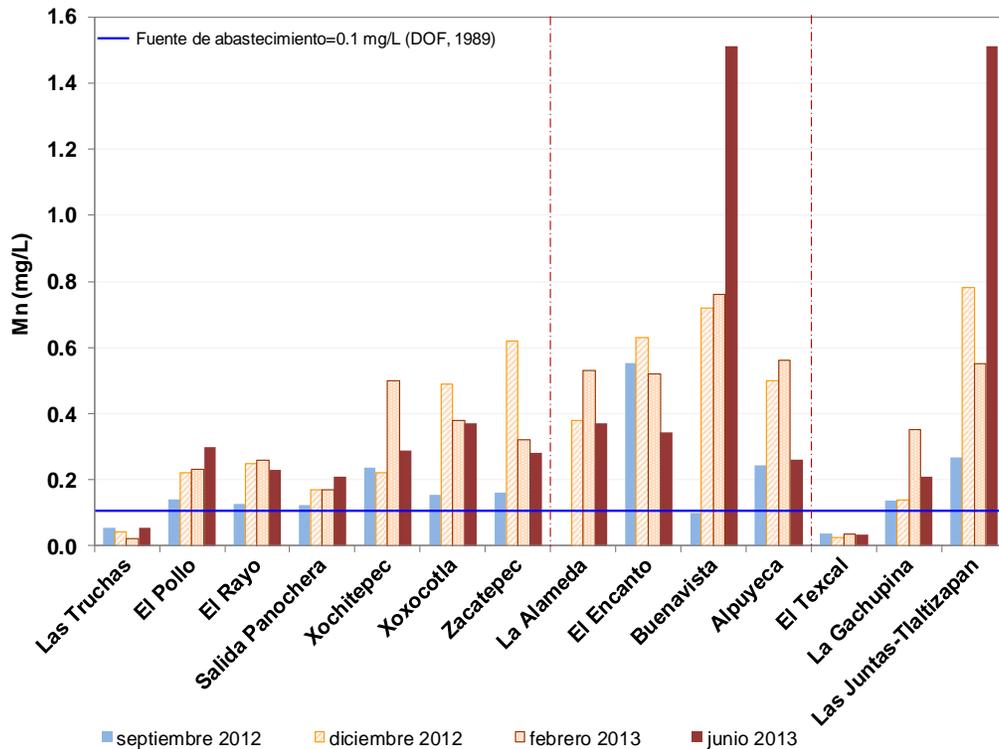


Figura 35 Manganeso en muestras de agua

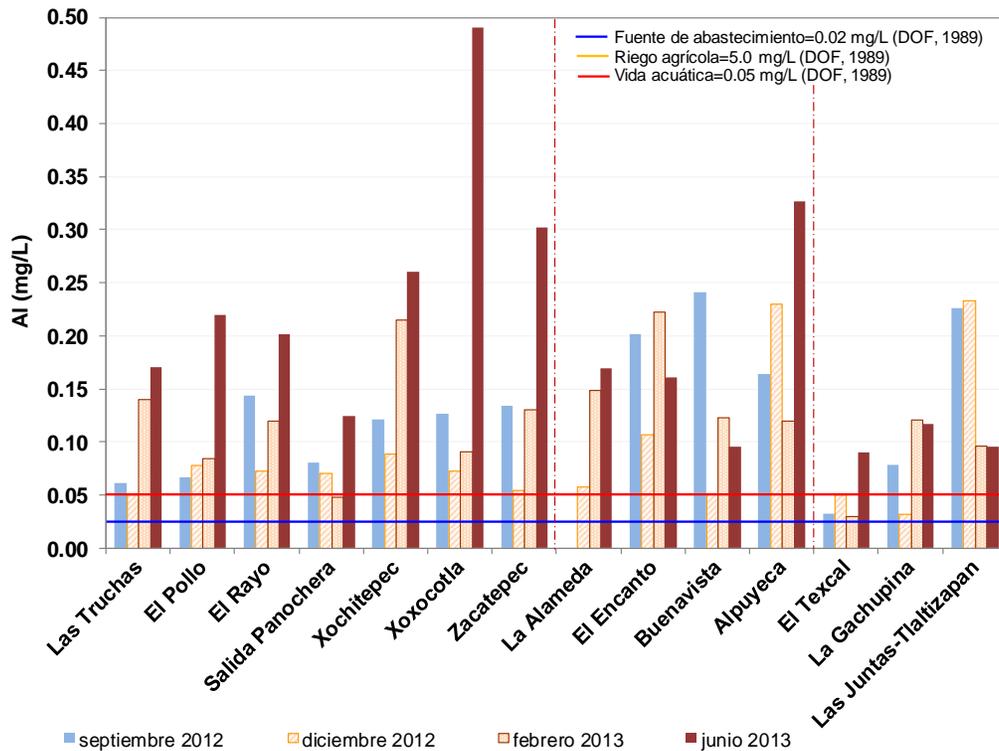


Figura 36 Aluminio en muestras de agua

5.2 Resumen de la caracterización de agua

En la Tabla 8 a la Tabla 10 se resumen por sitio los parámetros analizados que se contemplan en los CE-CCA-001/89 para agua como fuente de abastecimiento, para riego agrícola y para protección de la vida acuática, respectivamente. Se indican aquellos parámetros que rebasan los límites establecidos para cada uso en cada evento de muestreo (de 1 a 4). Como se observa, ninguno de los sitios muestreados cumple con los límites para uso del agua como fuente de abastecimiento y protección de la vida acuática señalados en los CE-CCA-001/89 (DOF, 1989). En lo que respecta al uso del agua para riego agrícola, únicamente las muestras del sitio Las Truchas cumple con los límites de los parámetros analizados para este uso.

Tabla 9 Parámetros que no cumplen los CE-CCA-001/89 para riego agrícola (DOF, 1989) por sitio y evento de muestreo (de 1 a 4)

| Sitio de muestreo | Parámetro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|---|---|---|----|---|---|---|-----|---|---|---|----|---|---|---|-------------|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|
| | pH | | | | CE | | | | SDT | | | | Cl | | | | Col Fecales | | | | Fe | | | | Al | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Las Truchas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| El Pollo | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | |
| El Rayo | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | |
| Salida Panochera | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | |
| Xochitepec | x | | | | | | x | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| Xoxocotla | | | | | | | x | x | | | x | x | x | | | | x | x | | x | | | | | | | | |
| Zacatepec | | | | | | | x | x | x | | x | x | x | | | | | x | x | x | | | | | | | | |
| La Alameda | ñ | | | | ñ | | | | ñ | | x | x | ñ | x | | x | ñ | x | x | | ñ | | | | ñ | | | |
| El Encanto | | | | | | | | | | | x | | | x | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| Buenavista | | | | | | | | x | | x | x | x | | x | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| Alpuyeca | | | | | x | | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| El Texcal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| La Gachupina | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | |
| Las Juntas-Tlaltizapan | | | | | x | | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |

1 Septiembre 2012
 2 Diciembre 2012
 3 Febrero 2013
 4 Junio 2013
 ñ No se realizó muestreo
 Sombreado azul Corriente principal del río Apatlaco
 Sombreado verde Afluentes del río Apatlaco
 Sombreado rosa Fuera de la cuenca del río Apatlaco

Tabla 10 Parámetros que no cumplen los CE-CCA-001/89 para protección de la vida acuática (DOF, 1989) por sitio y evento de muestreo (de 1 a 4)

| Sitio de muestreo | Parámetro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|---|---|---|----|---|---|---|-----|---|---|---|----|---|---|---|-------------------|---|---|---|-------------------|---|---|---|-------------|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|
| | pH | | | | OD | | | | Alc | | | | Cl | | | | N-NH ₄ | | | | P-PO ₄ | | | | Col Fecales | | | | Fe | | | | Al | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Las Truchas | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | | | | | x | | | | | | | | x | | x | x |
| El Pollo | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| El Rayo | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| Salida Panochera | | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | | x |
| Xochitepec | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| Xoxocotla | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| Zacatepec | x | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| La Alameda | ∅ | | | x | ∅ | x | x | x | ∅ | x | x | x | | | | | ∅ | x | x | x | ∅ | x | x | x | ∅ | x | x | | | | | | ∅ | x | x | x |
| El Encanto | | x | | x | | x | x | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| Buenavista | | x | | x | | x | | x | | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x |
| Alpuyeca | | x | | x | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x |
| El Texcal | | | | x | | | | | x | x | | x | | | | | x | | x | | x | x | x | x | | x | x | | | | | | | | | x |
| La Gachupina | | x | | x | | | x | | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | x | | x | x |
| Las Juntas-Tlaltizapan | | x | | x | | | | x | x | x | x | x | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | x | x | x | x | x |

- 1 Septiembre 2012
- 2 Diciembre 2012
- 3 Febrero 2013
- 4 Junio 2013
- ∅ No se realizó muestreo
- Sombreado azul Corriente principal del río Apatlaco
- Sombreado verde Afluentes del río Apatlaco
- Sombreado rosa Fuera de la cuenca del río Apatlaco

De acuerdo con los valores de DBO_5 y la clasificación de calidad del agua de CONAGUA (2010), se determinó que, tanto los sitios ubicados en la corriente principal, en los afluentes como fuera de la cuenca, se encuentran con una calidad de al menos “aceptable”. Sólo en el sitio Buenavista durante el muestreo realizado en febrero 2013, el agua se clasificaba como “contaminada”.

Lo anterior demuestra que el uso de DBO_5 como indicador de la calidad del agua, tiene limitaciones para el caso del río Apatlaco.

Por otro lado, de acuerdo a los valores de nitrógeno y fósforo total obtenidos en los muestreos y a los límites para la clasificación del estado trófico establecidos por la OECD (1982), se clasifica el agua de los sitios muestreados entre eutrófico e hipereutrófico durante los cuatro muestreos.

5.3 Caracterización de sedimento

Las muestras de sedimento fueron obtenidas en época de lluvia y en estiaje. A continuación se reportan los resultados de los dos muestreos de sedimento, que incluyen los resultados de pH, granulometría, humedad y materia orgánica. Asimismo, para el muestreo de sedimento correspondiente a estiaje, se reportan los resultados del barrido cualitativo de compuestos orgánicos semivolátiles.

5.3.1 Caracterización de pH, contenido de materia orgánica, humedad y granulometría

En la Tabla 11 y Tabla 12 y Figura 37 a Figura 40, se presentan los resultados de caracterización de las muestras de sedimento y se comparan los resultados de pH y contenido de materia orgánica con los criterios de clasificación de suelos de la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002).

Los valores de pH (Figura 37) indican que los sedimentos colectados en septiembre 2012 varían entre moderadamente ácidos (Las Truchas y Buenavista), neutros (El Rayo, Paseo del Río, El Encanto, Zacatepec y La Gachupina) y medianamente

alcalinos (El Pollo, Salida Panochera, Xochitepec, Alpuyeca, Xoxocotla, El Texcal y Las Juntas-Tlaltizapan). Para los sedimentos obtenidos en febrero 2013, los valores los clasifican entre neutros (Las Truchas, El Rayo, Xochitepec, Zacatepec, La Alameda, Buenavista, El Texcal y La Gachupina) y medianamente alcalinos (El Pollo, Salida Panochera, Xoxocotla, El Encanto, Alpuyeca y Las Juntas-Tlaltizapan). Asimismo, de forma general en la Figura 37 se observa que, con excepción de los sitios Las Truchas y Buenavista durante el muestreo de septiembre 2012, los valores de pH en el sedimento de todos los sitios, se encuentran entre 7 y 8.

Tabla 11 Resultados de parámetros medidos en sedimento (septiembre 2012)

| Sitio de muestreo | Humedad (%) | MO (%) | pH (Unidades) | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) |
|------------------------|-------------|--------|---------------|-----------|----------|-------------|
| Las Truchas | 25.7 | 4.8 | 6.40 | 85.1 | 7.9 | 7.0 |
| El Pollo | 22.9 | 1.9 | 7.45 | 91.2 | 8.3 | 0.5 |
| El Rayo | 36.5 | 9.6 | 7.21 | 72.8 | 20.2 | 7.0 |
| Salida Panochera | 25.9 | 1.4 | 7.62 | 97.7 | 2.3 | 0 |
| Paseo del Río | 33.9 | 6.0 | 7.20 | 72.5 | 15.6 | 12.0 |
| El Encanto | 39.5 | 7.1 | 7.08 | 58.9 | 31.1 | 10.0 |
| Xochitepec | 31.5 | 6.0 | 7.70 | 68.6 | 14.9 | 16.5 |
| Buenavista | 39.5 | 11.1 | 5.75 | 31.8 | 50.2 | 18.0 |
| Alpuyeca | 24.4 | 2.1 | 7.74 | 91.3 | 1.8 | 7.0 |
| Xoxocotla | 20.3 | 1.6 | 7.95 | 90.9 | 5.1 | 4.0 |
| Zacatepec | 41.6 | 6.6 | 7.20 | 61.2 | 30.3 | 8.5 |
| El Texcal | 40.4 | 14.2 | 7.53 | 24.1 | 52.9 | 23.0 |
| La Gachupina | 50.1 | 10.4 | 7.17 | 63.0 | 27.0 | 10.0 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 44.8 | 11.9 | 7.64 | 23.9 | 51.1 | 25.0 |

El contenido de materia orgánica en los sedimentos (Figura 38) para el muestreo realizado en septiembre 2012 oscila entre bajo (Salida Panochera), medio (El Pollo, Alpuyeca y Xoxocotla), alto (Las Truchas, Paseo del Río y Xochitepec) y muy alto (El Rayo, El Encanto, Buenavista, Zacatepec, El Texcal, La Gachupina y Las Juntas-Tlaltizapan). En los sedimentos colectados en febrero 2013, este parámetro varía entre medio (Las Truchas, El Pollo y Alpuyeca), alto (Xochitepec, Xoxocotla, Zacatepec, El

Encanto y La Gachupina) y muy alto (El Rayo, Salida Panochera, La Alameda, Buenavista, El Texcal y Las Juntas-Tlaltizapan).

Tabla 12 Resultados de parámetros medidos en sedimento (febrero 2013)

| Sitio de muestreo | Humedad (%) | MO (%) | pH (Unidades) | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) |
|------------------------|-------------|--------|---------------|-----------|----------|-------------|
| Las Truchas | 34.6 | 3.5 | 6.89 | 87.9 | 8.1 | 4.0 |
| El Pollo | 26.8 | 1.8 | 7.50 | 94.2 | 1.8 | 4.0 |
| El Rayo | 79.1 | 19.0 | 6.88 | 26.9 | 49.1 | 24.0 |
| Salida Panochera | 63.9 | 8.3 | 7.37 | 74.4 | 21.6 | 4.0 |
| La Alameda | 62.5 | 19.8 | 7.23 | 5.7 | 54.3 | 40.0 |
| El Encanto | 40.3 | 4.9 | 7.40 | 73.2 | 18.4 | 8.5 |
| Xochitepec | 43.0 | 4.8 | 7.07 | 75.4 | 18.6 | 6.0 |
| Buenavista | 30.2 | 7.3 | 6.81 | 63.5 | 29.5 | 7.0 |
| Alpuyeca | 31.4 | 1.8 | 7.62 | 93.2 | 2.8 | 4.0 |
| Xoxocotla | 39.2 | 4.2 | 7.79 | 77.9 | 15.1 | 7.0 |
| Zacatepec | 44.2 | 5.5 | 7.35 | 67.1 | 25.9 | 7.0 |
| El Texcal | 31.1 | 6.1 | 6.83 | 70.7 | 24.3 | 5.0 |
| La Gachupina | 36.3 | 4.4 | 7.11 | 78.4 | 13.6 | 8.0 |
| Las Juntas-Tlaltizapan | 44.8 | 7.7 | 7.44 | 35.5 | 49.5 | 15.0 |

Como se observa en la Figura 39, las muestras de sedimento obtenidas en septiembre 2012, son principalmente de textura arena-limosa, con excepción de los sitios Xochitepec y Alpuyeca que presentan textura arena-arcillosa, Buenavista y El Texcal que son de textura limo-arenosa y Las Juntas-Tlaltizapan muestran textura limo-arcillosa. Durante el muestreo en febrero 2013, la mayoría de las muestras de sedimento presentan textura arena-limosa, sin embargo las muestras de los sitios El Rayo, Salida Panochera y Xoxocotla muestran reducción en el contenido de arenas y aumentando en el contenido de limos y arcillas respecto al muestreo anterior. La humedad de las muestras de sedimento (Figura 40) varió entre 20 a 50% en lluvia (septiembre 2012), mientras que en estiaje (febrero 2013), osciló entre 27 a 80%, debido principalmente a la mayor presencia de partículas finas.

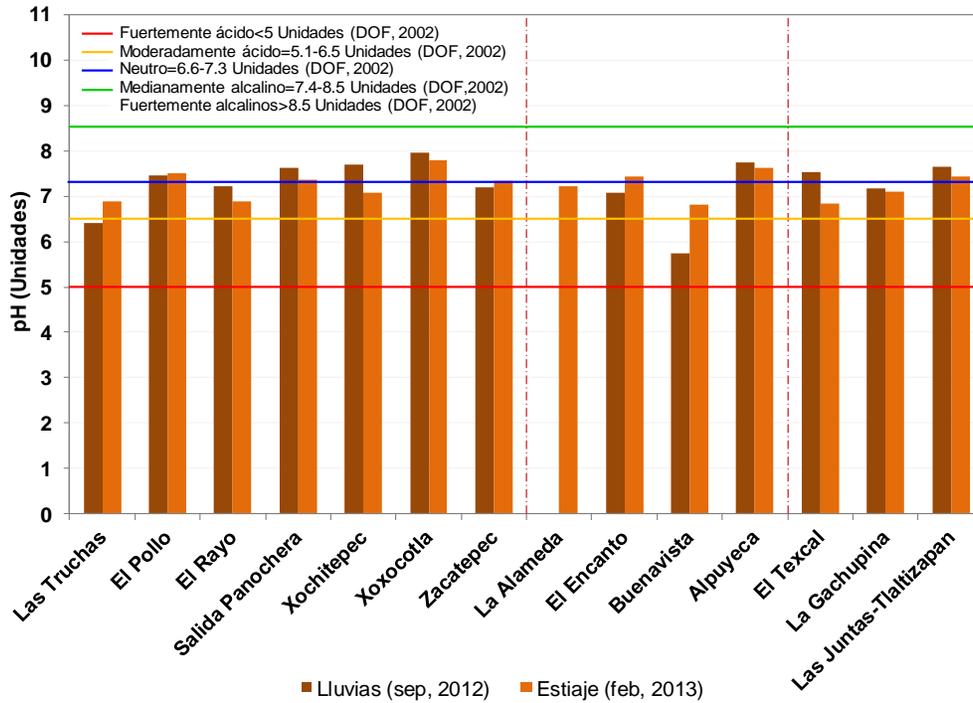


Figura 37 pH en sedimento

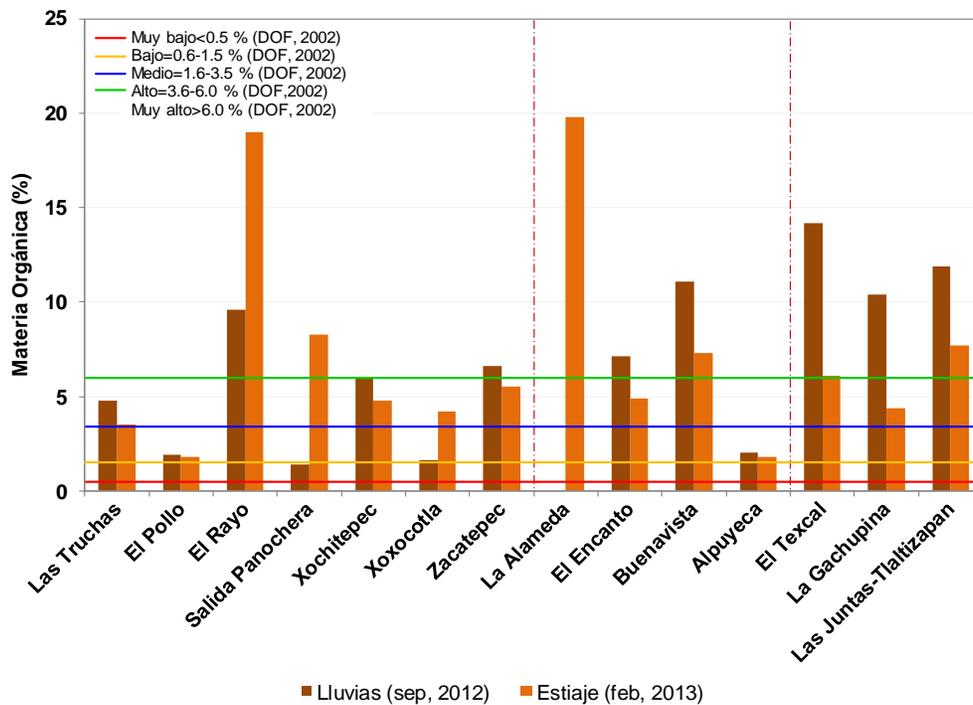


Figura 38 Contenido de materia orgánica en sedimento

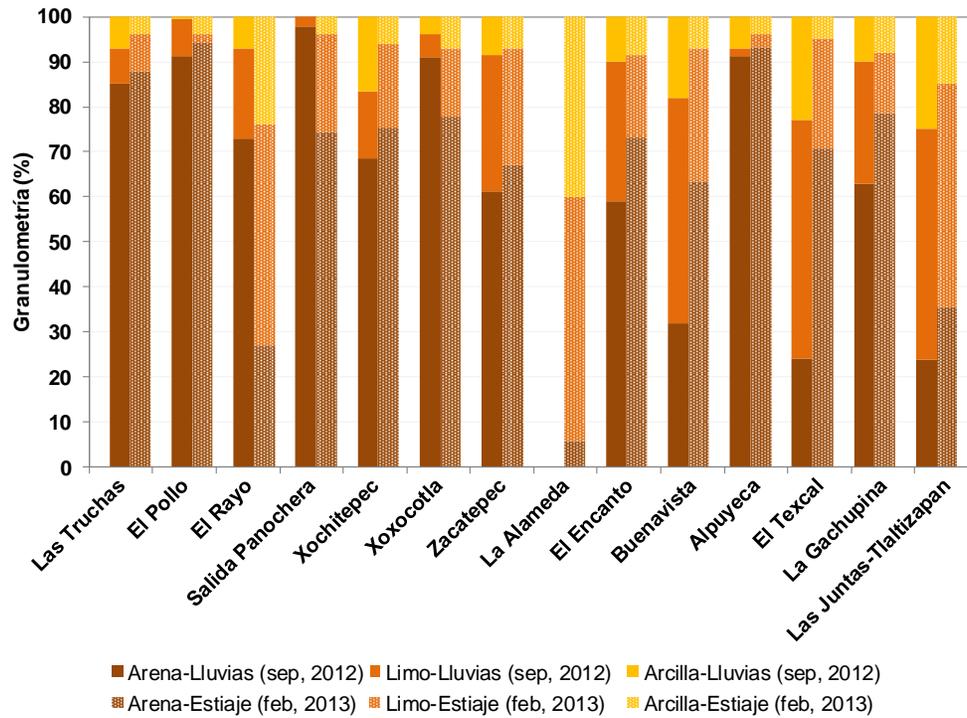


Figura 39 Composición granulométrica del sedimento

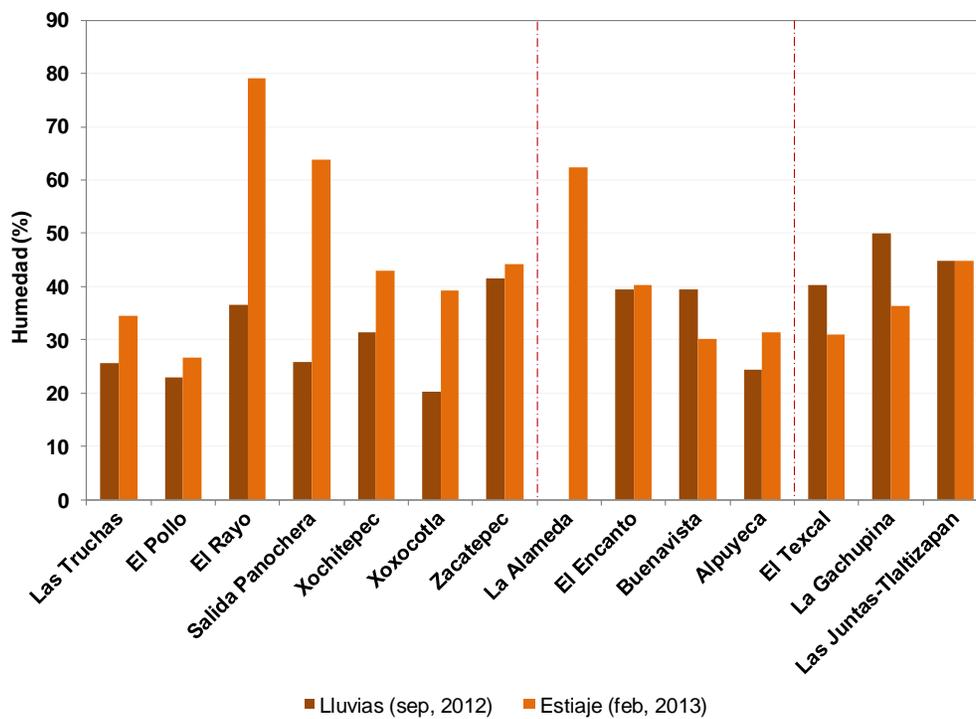


Figura 40 Contenido de humedad en sedimento

5.3.2 Barrido cuantitativo de compuestos orgánicos semivolátiles

Los resultados del barrido cualitativo de compuestos orgánicos semivolátiles (COSV) en las muestras de sedimento colectados en febrero 2013, identifican un total de 327 sustancias químicas las cuales se enlistan por sitio de muestreo en el Anexo 3. El número de COSV identificados por muestra de sedimento se presentan en la Figura 41, donde se observa que el sitio El Rayo, ubicado en la corriente principal del río Apatlaco, contiene el mayor número de sustancias por sitio con un total de 87 COSV. De las 327 sustancias identificadas se señalan siete, las cuales son consideradas en los criterios ecológicos para sedimento recopilados por Friday (2005) al establecer la concentración de la sustancia a la cual podría existir un riesgo ecológico.

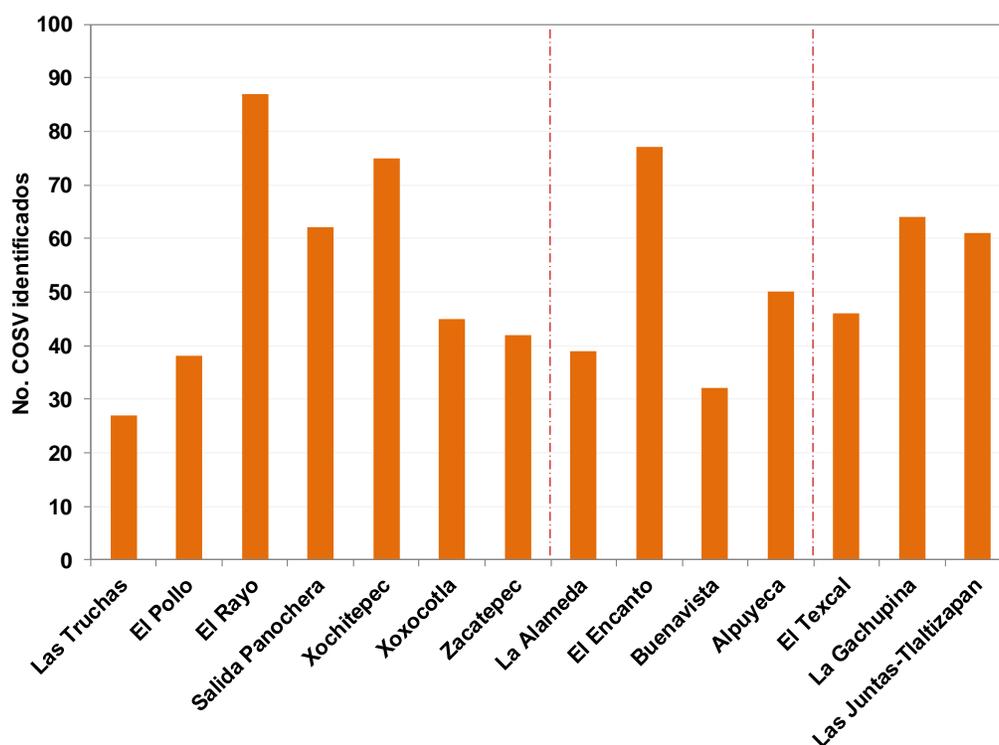


Figura 41 Número de COSV identificados en sedimento por sitio

Se agruparon las sustancias de acuerdo a los grupos químicos, que presentan y los resultados se muestran en la Tabla 13. Se observa que el mayor número de sustancias son del tipo alcohol, seguido por ácidos, cetonas y derivados de benceno.

Tabla 13 Clasificación de sustancias químicas identificadas por grupo químico

| Grupo químico | No. sustancias identificadas |
|-----------------------|------------------------------|
| Alcohol | 75 |
| Ácido | 44 |
| Cetona | 44 |
| Derivados del benceno | 21 |
| HPA | 18 |
| Otros | 38 |
| Alqueno | 31 |
| Alcano | 19 |
| Ésteres | 9 |
| Fenoles | 8 |
| Aldehído | 7 |
| Amina | 4 |
| Ftalatos | 4 |
| Amida | 2 |
| Sulfuros | 2 |
| PCB | 1 |

Únicamente la sustancia *Dotriacontano* se encuentra presente en todas las muestras de sedimento colectadas. Esta sustancia pertenece al grupo de los alcanos y es una sustancia natural.

5.4 Resumen de la caracterización de sedimento

Para determinar la composición física de las muestras de sedimento obtenidas, se realizaron análisis de granulometría, MO y pH. Los resultados obtenidos indican que la textura de las muestras de sedimento es principalmente arenosa con contenidos de materia orgánica, que varían entre muy alto y bajo en temporada de lluvia mientras que en estiaje es muy alto y medio. Asimismo, las muestras de sedimento varían entre moderadamente ácidas y medianamente alcalinas en temporada de lluvia y para estiaje oscilan de neutro a medianamente alcalinas.

Por otro lado, en la corriente principal a partir del sitio El Pollo, el número de compuestos orgánicos identificados aumenta, siendo el sitio El Rayo el que presenta el mayor número de compuestos para posteriormente disminuir a alrededor de 40 en los

últimos dos sitios de muestreo. En los afluentes, los sitios con el mayor número de compuestos identificados corresponden a El Encanto y Alpuyeca, ubicados antes de la confluencia con la corriente principal. De estos dos, el primero reporta el mayor número de compuestos identificados por sitio. Para los tres sitios ubicados fuera de la cuenca, el número de compuestos identificados aumenta de aguas arriba hacia aguas abajo.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

De acuerdo a los resultados de los parámetros analizados y a los CE-CCA-001/89 para los diferentes usos del agua, únicamente el agua del sitio Las Truchas es apta para su uso en riego agrícola, mientras que como fuente de abastecimiento y protección de la vida acuática, ninguno de los sitios muestreados cumplen con todos los límites señalados para los diferentes usos.

Al considerar el número de parámetros analizados que no rebasan los CE-CCA-001/89 para los diferentes usos por sitio; de manera general la calidad del agua del río inicia de manera aceptable en el sitio Las Truchas, pero desde el segundo sitio de muestreo (El Pollo) y conforme la corriente continúa su curso, va reduciéndose la calidad del agua sin llegar a recuperarse. Asimismo, los resultados reportados para los sitios ubicados en afluentes al río Apatlaco no muestran mejor calidad del agua que los ubicados en la corriente principal así como los ubicados fuera de la cuenca.

De los sitios ubicados en los afluentes, de acuerdo a los parámetros analizados, los parámetros en el Buenavista, son los que con mayor frecuencia rebasan los CE-CCA-001/89 para los diferentes usos. En el caso de los tres sitios ubicados fuera de la cuenca del río Apatlaco, la tendencia de la calidad del agua va decreciendo de aguas arriba hacia aguas abajo. Es importante señalar que desde aguas arriba, de acuerdo al número de parámetros analizados que rebasan su límite para los diferentes usos, la calidad del agua presenta problemas.

El resultado del barrido cualitativo de compuestos orgánicos semivolátiles en sedimento indica que en la corriente principal a partir del sitio El Pollo, el número de compuestos identificados aumenta, siendo el sitio El Rayo el que presenta el mayor número de compuestos para posteriormente disminuir a alrededor de 40 en los últimos dos sitios de muestreo sobre la corriente principal. En los afluentes, los sitios con el mayor número de compuestos identificados corresponden a El Encanto y Alpuyecá, ubicados

antes de la confluencia con la corriente principal. De estos dos, el primero reporta el mayor número de compuestos identificados por sitio en los afluentes. Para los tres sitios ubicados fuera de la cuenca, el número de compuestos identificados aumenta de aguas arriba hacia agua abajo.

Recomendaciones:

- Para la evaluación y control de los contaminantes al río Apatlaco, se recomienda realizar un inventario por fuentes puntuales y difusas de contaminantes en la cuenca. Asimismo, para una mayor protección del agua, se recomienda considerar la posibilidad de realizar la regulación de usos de suelo en la cuenca hidrológica.
- Para reducir las aportaciones de contaminantes provenientes de las fuentes puntuales a los cuerpos de agua se recomienda optimizar el funcionamiento de la infraestructura instalada para el tratamiento de las descargas de aguas residuales.
- Asimismo, de acuerdo a los resultados del barrido de compuestos orgánicos semivolátiles en sedimento, se recomienda realizar muestreo y análisis de aquellos compuestos que cuentan con límites de concentraciones permisibles establecidos para sedimento. También, incluir en el programa de muestreo aquellos metales que se encuentran con límites establecidos para sedimento.
- Por último, se recomienda evaluar experimentalmente y mediante simulación hidrogeoquímica, si existe un riesgo a la salud por la contaminación del agua por liberación de contaminantes de sedimentos.

7 REFERENCIAS

- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1998. D422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. Disponible en World Wide Web: <http://www.astm.org/cgiin/SoftCart.exe/DATABASE.CART/HISTORICAL/D42263R98.htm?L+mystore+xbmt1911>. [Consulta: Octubre 2006].
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 2000a. E 1391 -94 Standard guide for collection, storage, characterization, and manipulation of sediments for toxicological testing. p. 768-788. In: 2000 ASTM Standards on Environmental Sampling, Vol. 11.05 Conshohocken, PA.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 2000b. D2974-00 Standard Test Method for Moisture, Ash, and Organic Matter or Peat and Other Organic Soils. Disponible en World Wide Web: http://www.astm.org/cgiin/SoftCart.exe/DATABASE.CART/REDLINE_PAGES/D2974.htm?L+mystore+wycr0614. [Consulta: Noviembre 2006].
- 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.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas del Agua en México, edición 2010, Semarnat. México, D.F.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1987. Calidad del agua-Determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichia coli presuntiva. NMX-AA-042-1987. 22 de Junio, p. 21.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1989. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCa-001/89. 13 de Diciembre, p. 17.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 2001a. Análisis de agua-Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-036-1980). NMX-AA-036-SCFI-2001. 01 de Agosto, p.17.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 2001b. Análisis de agua-Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-045-1981). NMX-AA-045-SCFI-2001. 01 de Agosto, p. 12.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 2001c. Análisis de agua-Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales (DBO₅), residuales y residuales tratadas-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-028-1981). NMX-AA-028-SCFI-2001. 17 de Abril, p. 20.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 2001d. Análisis de agua-Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-072-1981). NMX-AA-072-SCFI-2001. 13 de Agosto, p. 14.

- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Norma Oficial Mexicana NOM 021-RECNAT-2000. 31 de Diciembre, p. 85.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 2006. Análisis de agua-Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-099-1987). NMX-AA-099-SCFI-2006. 21 de Agosto, p. 15.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 2012. Ley Federal de Derechos (última reforma). 09 de Abril, p. 475.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1996. Method 8270C. Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Disponible en World Wide Web: <http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/8270c.pdf>. [Consulta: Enero 2010]
- EPA (Environmental Protection Agency). 2001. Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual EPA 823-B-01-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- Friday G.P. 2005. Ecological screening values for surface water, sediment and soil: 2005 Update. Disponible en World Wide Web: <http://sti.srs.gov/fulltext/2004/tr2004227.pdf>. [Consulta: Enero, 2010]
- Merck, 2010, Merck-chemicals base-parameters-from-a-to-z. Disponible en World Wide Web:http://www.merck-chemicals.com/base-parameters-from-a-toz/c_nt2b.s1L0LQAAAEWgulfVhTI?back=true [Consulta: Octubre 2010].
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development, 1982), Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control, OECD 971982031P1, París. ISBN 9264122982.
- Tilman D. y Lehman C. 2001. Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity and evolution, en: Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 98, pp. 5433-5440.
- UNESCO-WWAP (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). 2006. El agua, una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Zaragoza, España.
- Vitousek P.M. 1994. Beyond global warming: ecology and global change, en: Ecol. vol. 75, pp. 1861-1976.
- Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J. y Melillo J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems, en: Sci. vol. 277, pp. 494-499.

ANEXO 1. IMAGENES DE MUESTREO POR SITIO



Figura 1 Estación de muestreo en el sitio Las Truchas (vista a 3 km)



Figura 2 Muestreo en el sitio Las Truchas

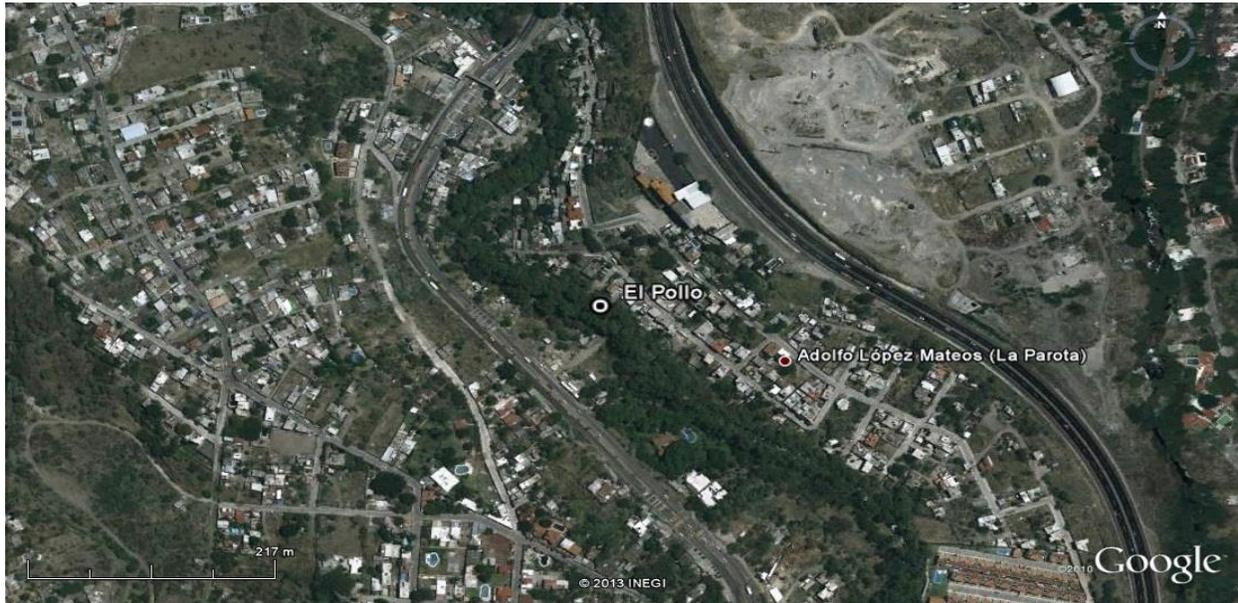


Figura 3 Estación de muestreo en el sitio El Pollo (vista a 3 km)



Figura 4 Muestreo en el sitio El Pollo



Figura 5 Estación de muestreo en el sitio El Rayo (vista a 3 km)



Figura 6 Muestreo en el sitio El Rayo



Figura 7 Estación de muestreo en el sitio Salida Panochera (vista a 3 km)



Figura 8 Muestreo en el sitio Salida Panochera



Figura 9 Estación de muestreo en el sitio La Alameda (vista a 3 km)



Figura 10 Muestreo en el sitio La Alameda



Figura 11 Estación de muestreo en el sitio El Encanto (vista a 3 km)



Figura 12 Muestreo en el sitio El Encanto



Figura 13 Estación de muestreo en el sitio Xochitepec (vista a 3 km)



Figura 14 Muestreo en el sitio Xochitepec



Figura 15 Estación de muestreo en el sitio Buenavista (vista a 3 km)



Figura 16 Muestreo en el sitio Buenavista



Figura 17 Estación de muestreo en el sitio Alpuyeća (vista a 3 km)



Figura 18 Muestreo en el sitio Alpuyeća



Figura 19 Estación de muestreo en el sitio Xoxocotla (vista a 3 km)



Figura 20 Muestreo en el sitio Xoxocotla



Figura 21 Estación de muestreo en el sitio Zacatepec (vista a 3 km)



Figura 22 Muestreo en el sitio Zacatepec

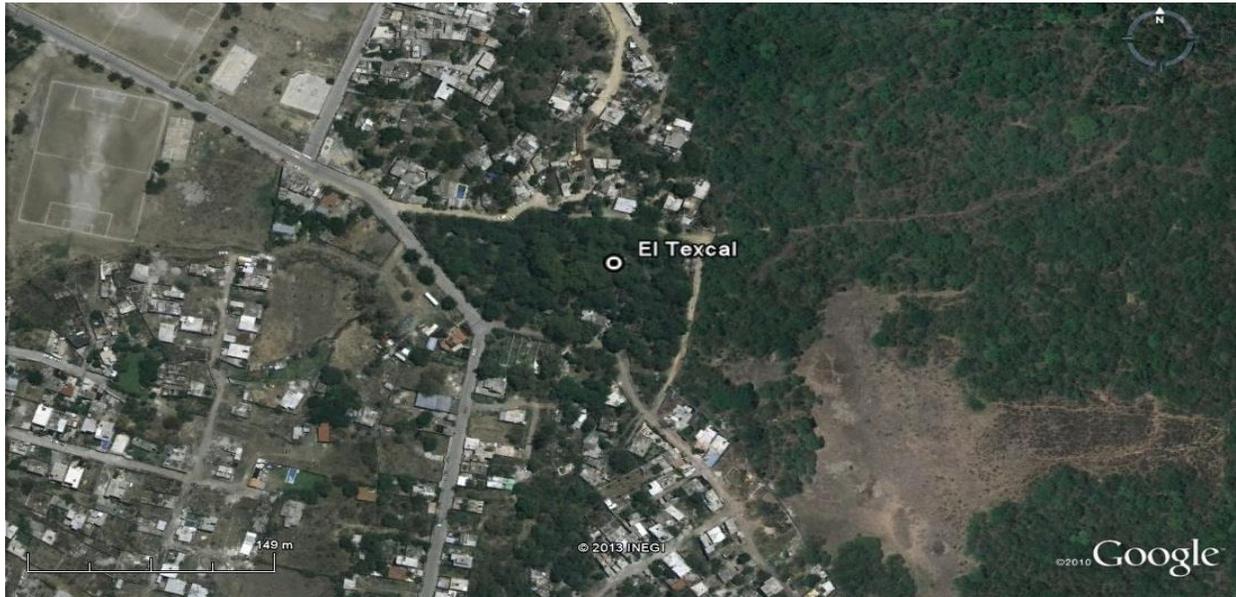


Figura 23 Estación de muestreo en el sitio El Texcal (vista a 3 km)



Figura 24 Muestreo en el sitio El Texcal



Figura 25 Estación de muestreo en el sitio La Gachupina (vista a 3 km)



Figura 26 Muestreo en el sitio La Gachupina



Figura 27 Estación de muestreo en el sitio Las Juntas-Tlaltizapan (vista a 3 km)



Figura 28 Muestreo en el sitio Las Juntas-Tlaltizapan

**ANEXO 2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE ALCALINIDAD TOTAL,
COLOR VERDADERO, DBO₅, NITRÓGENO COMO NITRITOS, DUREZA TOTAL,
COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN MUESTRAS DE AGUA**

**Primer muestreo
(septiembre 2012)**

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
RESULTADOS

547

| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------|---------------|---|---------------------------|----|-------------|-------------|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 547/2012 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2012/09/04-07 | | | | | | | |
| | | FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/09/04,05,06,07 | | | | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | | | | |
| | | ALCALINIDAD T. ¹⁾ mg/L CaCO ₃ | COLOR VERDADERO UPl-Co al pH | | DBO ₅ mg/L | N-NO ₂ mg/L | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/04 | | | | | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 32.7 | 10 | 7.70 | 1.8 | <0.0213 | | | |
| 2 | EL POLLO | 77.2 | 12 | 8.07 | 5.0 | 0.4163 | | | |
| 3 | EL RAYO | 82.9 | 12 | 8.15 | 5.9 | 0.4792 | | | |
| 4 | XOCHITEPEC | 185 | 15 | 7.86 | 7.9 | 1.032 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/05 | | | | | | | | | |
| 5 | ALPUYECA | 171 | 8 | 8.17 | <0.58 | <0.0213 | | | |
| 6 | ALPUYECA | 190 | 8 | 8.16 | <0.58 | <0.0213 | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 146 | 12 | 8.43 | 2.2 | 0.5190 | | | |
| 8 | ZACATEPEC | 152 | 12 | 8.27 | 2.5 | 0.3651 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/06 | | | | | | | | | |
| 9 | LAS JUNTAS TLALTIZAPAN | 264 | 8 | 8.24 | 3.1 | 0.0533 | | | |
| 10 | EL TEXCAL | 34.6 | 8 | 7.56 | 0.78 | <0.0213 | | | |
| 11 | LA GACHUPINA | 53.1 | 12 | 7.84 | 6.1 | 0.1935 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/07 | | | | | | | | | |
| 12 | EL ENCANTO | 124 | 30 | 7.85 | 26 | 1.354 | | | |
| 13 | BUENAVISTA | 32.4 | 10 | 7.88 | 1.7 | 0.1001 | | | |
| 14 | SALIDA PANOCHERA | 97.2 | 15 | 8.17 | 5.5 | 0.4176 | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/09/05-07 | 2012/09/05-07 | 2012/09/05-12 | 2012/09/05-07 | | | | |
| OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON COLECTADAS POR EL CLIENTE. POR LO QUE EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL ORIGEN DE LAS MISMAS. 1) LAS MUESTRAS 10, 11, 13 Y 14 SE RECIBIERON CON ESPACIO DE AIRE. SE REALIZARON A PETICIÓN DEL CLIENTE. | | | | | | | | | |
| ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO | | | | | | | | | |
|  M. en C. FILIS MORENO AÑORVE RESPONSABLE DEL ÁREA | | | | |  GARANTIA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/09/18 | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 1 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 08 | | |

FMLC98-C

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

547

RESULTADOS

| | | |
|---|--|---|
| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | |
| No. DE CONTROL: 547/2012 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2012/09/04-07 FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/09/04,05,06,07 |

| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | DUREZA T mg/L CaCO ₃ | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/04 | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 32 | | | |
| 2 | EL POLLO | 99 | | | |
| 3 | EL RAYO | 103 | | | |
| 4 | XOCHITEPEC | 322 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/05 | | | | | |
| 5 | ALPUYECA | 725 | | | |
| 6 | ALPUYECA | 725 | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 328 | | | |
| 8 | ZACATEPEC | 328 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/06 | | | | | |
| 9 | LAS JUNTAS TLALTIZAPAN | 602 | | | |
| 10 | EL TEXCAL | 51,0 | | | |
| 11 | LA GACHUPINA | 65,0 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/07 | | | | | |
| 12 | EL ENCANTO | 133 | | | |
| 13 | BUENAVISTA | 87,0 | | | |
| 14 | SALIDA PANOCHERA | 113 | | | |

FECHA DE ANÁLISIS: 2012/09/11

OBSERVACIONES:

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO.

| | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|---|----|----|----|-------------|-------------|
|  M. en C. FILIS MORENO AÑORVE RESPONSABLE DEL AREA | | | |  GARANTIA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/09/18 | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 2 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 08 | | |

FMLC08-C

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

547

RESULTADOS

| ÁREA: MICROBIOLOGÍA | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|----|----|-------------|-------------|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 547/2012 | | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | | FECHA DE MUESTREO: 2012/09/04-07 FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/09/04, 05, 06, 07 | | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | | | | |
| | | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/04 | | | | | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 2,40 x 10 ² | 4,60 x 10 ² | * | * | | | | |
| 2 | EL POLLO | 1,10 x 10 ⁶ | 1,10 x 10 ⁶ | * | * | | | | |
| 3 | EL RAYO | 2,10 x 10 ⁴ | 1,10 x 10 ⁶ | * | * | | | | |
| 4 | XOCHITEPEC | * | * | 7,50 x 10 ³ | 1,10 x 10 ⁶ | | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/09/05 | | | | | | | | | |
| 5 | ALPUYECA | * | * | 2,40 x 10 ³ | 4,60 x 10 ³ | | | | |
| 6 | ALPUYECA | * | * | 2,30 x 10 ³ | 3,90 x 10 ³ | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | * | * | 4,60 x 10 ³ | 1,10 x 10 ⁴ | | | | |
| 8 | ZACATEPEC | * | * | 23 | 2,10 x 10 ⁴ | | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/09/04-07 | 2012/09/04-08 | 2012/09/05-08 | 2012/09/05-09 | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | |
| LAS MUESTRAS FUERON COLECTADAS POR EL CUENTE, POR LO QUE EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL ORIGEN DE LAS MISMAS. | | | | | | | | | |
| ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO. | | | | | | | | | |
|  BIOL. MARTHA MILLÁN CABRERA RESPONSABLE DEL ÁREA | | | |  GARANTÍA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/09/13 | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 1 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 06 | | |

FMLC08-C

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

547

RESULTADOS

| ÁREA: MICROBIOLOGÍA | | | | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|----|----|-------------|-------------|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 547/2012 | | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | | FECHA DE MUESTREO: 2012/09/04-07 FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/09/04, 05, 06, 07 | | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | | | | |
| | | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | | | | |
| 9 | FECHA DE MUESTREO 2012/09/06 LAS JUNTAS TLALTIZAPAN | 3,90 x 10 ³ | 1,50 x 10 ⁴ | * | * | | | | |
| 10 | EL TEXCAL | 9 | 4,30 x 10 ³ | * | * | | | | |
| 11 | LA GACHUPINA | 9,30 x 10 ³ | 1,50 x 10 ³ | * | * | | | | |
| 12 | FECHA DE MUESTREO 2012/09/07 EL ENCANTO | * | * | 9,30 x 10 ⁴ | 1,10 x 10 ⁶ | | | | |
| 13 | BUENAVISTA | * | * | 1,50 x 10 ³ | 1,10 x 10 ⁴ | | | | |
| 14 | SALIDA PANOCHERA | * | * | 2,10 x 10 ⁴ | 1,10 x 10 ³ | | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/09/06-09 | 2012/09/06-10 | 2012/09/07-10 | 2012/09/07-11 | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | |
| ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO | | | | | | | | | |
|  BIOL. MARTHA MILLÁN CABRERA RESPONSABLE DEL ÁREA | | | |  GARANTÍA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/09/13 | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 2 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 08 | | |

FMLC88-C

**Segundo muestreo
(diciembre 2012)**

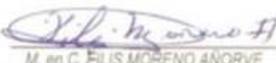
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

722

RESULTADOS

| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | | | | | |
|---|--|--|---------------------------------|------|--------------------------|---------------------------|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 722/2012 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2012/12/10-13 | | | | |
| | | FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/12/10-13 | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | |
| | | ALCALINIDAD T. mg/L CaCO ₃ | COLOR VERDADERO UPt-Co al pH | | DBO ₅ mg/L | N-NO ₂ mg/L |
| | FECHA DE MUESTREO 2012/12/10 | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 41,4 | 2 | 7,74 | <0,58 | <0,0213 |
| 2 | EL POLLO | 120 | 20 | 8,02 | 8,2 | 0,5180 |
| 3 | EL RAYO | 108 | 20 | 7,91 | 25 | 0,6403 |
| 4 | SALIDA PANOCHERA | 120 | 25 | 8,00 | 6,9 | 0,7286 |
| 5 | XOCHITEPEC | 170 | 20 | 8,04 | 3,9 | 0,3383 |
| 6 | ALPUYECA | 169 | 25 | 8,09 | 4,0 | 0,3000 |
| | FECHA DE MUESTREO 2012/12/11 | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 236 | 12 | 8,39 | 2,2 | 0,1162 |
| 8 | ZACATEPEC | 242 | 12 | 8,27 | 2,5 | 0,0888 |
| 9 | LAS JUNTAS | 292 | 2 | 8,19 | 1,2 | <0,0213 |
| 10 | EL ENCANTO | 176 | 40 | 8,01 | 20 | 0,1341 |
| 11 | LA ALAMEDA | 215 | 25 | 7,73 | 10 | 0,0294 |
| | FECHA DE MUESTREO 2012/12/12 | | | | | |
| 12 | LA GACHUPINA | 70,1 | 10 | 7,84 | 6,6 | 0,0786 |
| 13 | LA GACHUPINA | 68,3 | 8 | 7,84 | 7,0 | 0,0812 |
| 14 | BUENAVISTA | 388 | 70 | 8,05 | 17 | 0,3212 |
| | FECHA DE MUESTREO 2012/12/13 | | | | | |
| 15 | EL TEXCAL | 44,5 | 2 | 7,86 | 0,75 | <0,0213 |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/12/10-13 | 2012/12/11,12,13 | | 2012/12/10-18 | 2012/12/10-13 |
| OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON COLECTADAS POR EL CLIENTE, POR LO QUE EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL ORIGEN DE LAS MISMAS | | | | | | |

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO
LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO

| | | | | | | | | | |
|---|----|--|----|--------------|----|----|----|-------------|-------------|
|  M. en C. FILIS MORENO ANORVE RESPONSABLE DEL ÁREA | |  GARANTIA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/12/20 | | | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 1 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 08 | | |

FWLCS8-C

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

722

RESULTADOS

| | | |
|---|--|---|
| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | |
| No. DE CONTROL: 722/2012 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2012/12/10-13 FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/12/10-13 |

| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | DUREZA T mg/L CaCO ₃ | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/12/10 | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 38,8 | | | |
| 2 | EL POLLO | 114 | | | |
| 3 | EL RAYO | 108 | | | |
| 4 | SALIDA PANOCHEA | 128 | | | |
| 5 | XOCHITEPEC | 355 | | | |
| 6 | ALPUYECA | 359 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/12/11 | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 616 | | | |
| 8 | ZACATEPEC | 620 | | | |
| 9 | LAS JUNTAS | 709 | | | |
| 10 | EL ENCANTO | 145 | | | |
| 11 | LA ALAMEDA | 184 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/12/12 | | | | | |
| 12 | LA GACHUPINA | 53,0 | | | |
| 13 | LA GACHUPINA | 63,2 | | | |
| 14 | BUENAVISTA | 202 | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2012/12/13 | | | | | |
| 15 | EL TEXCAL | 46,9 | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/12/17 | | | |

OBSERVACIONES:

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO.


M. en C. ELIS MORENO ANORVE
RESPONSABLE DEL ÁREA

 **GARANTIA DE CALIDAD**
FIRMA: 
FECHA: 2012/12/20

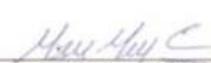
| | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|--------------|----|----|----|-------------|-------------|
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 2 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 06 | | |

FMLC08-C

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

722

RESULTADOS

| ÁREA: MICROBIOLOGÍA | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--|------------------------------------|---|------------------------------------|----|----|-------------|--------------|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 722/2012 | | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | | FECHA DE MUESTREO: 2012/12/10-13 FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/12/10-13 | | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | | | | |
| | | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | | | | |
| | FECHA DE MUESTREO 2012/12/10 | | | | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 43 | $4,60 \times 10^2$ | - | - | | | | |
| 2 | EL POLLO | $1,10 \times 10^6$ | $1,10 \times 10^6$ | - | - | | | | |
| 3 | EL RAYO | - | - | $1,50 \times 10^4$ | $2,40 \times 10^6$ | | | | |
| 4 | SALIDA PANOCHERA | - | - | $1,10 \times 10^5$ | $1,10 \times 10^6$ | | | | |
| 5 | XOCHITEPEC | - | - | $2,10 \times 10^3$ | $1,10 \times 10^4$ | | | | |
| 6 | ALPUYECA | - | - | $1,50 \times 10^4$ | $1,10 \times 10^5$ | | | | |
| | FECHA DE MUESTREO 2012/12/11 | | | | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | - | - | $1,10 \times 10^4$ | $1,10 \times 10^4$ | | | | |
| 8 | ZACATEPEC | - | - | $4,60 \times 10^4$ | $1,10 \times 10^5$ | | | | |
| 9 | LAS JUNTAS | - | - | $1,10 \times 10^6$ | $1,10 \times 10^6$ | | | | |
| 10 | EL ENCANTO | - | - | $9,30 \times 10^4$ | $4,60 \times 10^6$ | | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/12/10-13 | 2012/12/10-14 | 2012/12/11-14 | 2012/12/11-15 | | | | |
| OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON COLECTADAS POR EL CLIENTE, POR LO QUE EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL ORIGEN DE LAS MISMAS. | | | | | | | | | |
| ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO | | | | | | | | | |
|  BIOL. MARTHA MILLÁN GÁBRERA RESPONSABLE DEL ÁREA | | | |  GARANTÍA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/12/21 | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 1 de 3. |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 06 | | |

FMLC04-C

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

722

RESULTADOS

| ÁREA: MICROBIOLOGÍA | | | | | | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|---|------------------------------------|----|----|-------------|-------------|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 722/2012 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2012/12/10-13 | | | | | | | |
| | | FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/12/10-13 | | | | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | | | | |
| | | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | | | | |
| 11 | LA ALAMEDA FECHA DE MUESTREO 2012/12/12 | 4,60 x 10 ⁵ | 1,10 x 10 ⁶ | - | - | | | | |
| 12 | LA GACHUPINA | 1,10 x 10 ⁵ | 1,10 x 10 ⁵ | - | - | | | | |
| 13 | LA GACHUPINA | 1,50 x 10 ⁴ | 1,10 x 10 ⁵ | - | - | | | | |
| 14 | BUENAVISTA FECHA DE MUESTREO 2012/12/13 | - | - | 4,60 x 10 ⁵ | 1,10 x 10 ⁶ | | | | |
| 15 | EL TEXCAL | - | - | 2,40 x 10 ⁵ | 2,40 x 10 ⁵ | | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2012/12/12-15 | 2012/12/12-16 | 2012/12/13-16 | 2012/12/13-17 | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | |
| ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO AMPARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO | | | | | | | | | |
|  BIOL. MARTHA MILLÁN CABRERA RESPONSABLE DEL ÁREA | | | |  GARANTÍA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2012/12/21 | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: 8 | Hoja 2 de 3 |
| | 13 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 08 | | |

FMLC04-C

**Tercer muestreo
(febrero 2013)**

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

091

RESULTADOS

| | | |
|--|---------------------------------|---|
| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FISIQUÍMICOS | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jútepec, Mor. | | |
| No. DE CONTROL: 091/2013 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2013/02/26-28 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/02/26-28 |

| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | |
|------------------------------|---|--|---------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | ALCALINIDAD T. mg/L CaCO ₃ | COLOR VERDADERO UPI-Co al pH | | DBO ₅ mg/L | N-NO ₃ mg/L |
| 1 | FECHA DE MUESTREO 2013/02/26 LAS TRUCHAS | 42,2 | <2 | 7,76 | <0,56 | <0,0213 |
| 2 | EL POLLO | 135 | 25 | 8,36 | 9,3 | 0,4406 |
| 3 | EL RAYO | 122 | 25 | 8,36 | 9,2 | 0,9948 |
| 4 | SALIDA PAMOCHERAS | 134 | 25 | 8,38 | 1,1 | 0,8268 |
| 5 | XOCHITEPEC | 264 | 15 | 8,37 | 5,1 | 0,1973 |
| 6 | ALPUYECA | 249 | 12 | 8,55 | 2,2 | 0,1302 |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/27 | | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 265 | 12 | 8,47 | 1,7 | 0,0756 |
| 8 | ZACATEPEC | 278 | 10 | 8,08 | 1,9 | 0,0858 |
| 9 | LAS JUNTAS-TLALTIZAPÁN | 321 | 12 | 7,75 | 30 | 0,0330 |
| 10 | EL ENCANTO | 202 | 50 | 7,69 | 22 | 0,0733 |
| 11 | EL ENCANTO | 201 | 50 | 7,70 | 24 | 0,0729 |
| 12 | LA ALAMEDA | 233 | 60 | 7,67 | 25 | <0,0213 |
| 13 | LA GACHUPINA | 161 | 20 | 7,58 | 30 | 0,0248 |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/28 | | | | | | |
| 14 | EL TEXCAL | 43,3 | 2 | 7,85 | 1,1 | <0,0213 |
| 15 | BUENAVISTA | 640 | 120 | 8,06 | 32 | 0,7118 |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2013/02/26,27,28 | 2013/02/27-03/01 | 2013/02/27-03/06 | 2013/02/27,28 | |

OBSERVACIONES:
LAS MUESTRAS FUERON COLECTADAS POR EL CLIENTE, POR LO QUE EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL ORIGEN DE LAS MUESTRAS.

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO ANIMAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO.

| | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|--|----|----|----|-------------|-------------|
|  M. en C. FLUJ MORENO ANDRADE RESPONSABLE DEL ÁREA | | | |  GARANTIA DE CALIDAD FIRMA:  FECHA: 2013/03/12 | | | | | |
| Edition: | D | M | A | Subtipe a: | D | M | A | Revision: 0 | Hoja 1 de 1 |
| | 13 | 11 | 00 | | 20 | 08 | 08 | | |



Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso
Jiutepec, Mor. CP. 62500
Tel. (777) 3 29 24 00 ext. 404

| LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA | | | | 091 | | | | | |
|--|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----|--|----|-----------|-------------|
| RESULTADOS | | | | | | | | | |
| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | | | | | | | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | | | | | |
| No. DE CONTROL: 091/2013 | | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | | FECHA DE MUESTREO: 2013/02/26-28 | | FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/02/26-28 | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | | | | |
| | | CLORUROS mg/L | DUREZA T. mg/L CaCO ₃ | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/26 | | | | | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | <1.06 | 38.9 | | | | | | |
| 2 | EL POLLO | 28.0 | 121 | | | | | | |
| 3 | EL RAYO | 25.5 | 105 | | | | | | |
| 4 | SALIDA PANOCHERAS | 24.0 | 117 | | | | | | |
| 5 | XOCHITEPEC | 32.0 | 613 | | | | | | |
| 6 | ALPUYECA | 25.5 | 812 | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/27 | | | | | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 30.2 | 653 | | | | | | |
| 8 | ZACATEPEC | 29.5 | 653 | | | | | | |
| 9 | LAS JUNTAS-TLALTIZAPÁN | 19.0 | 653 | | | | | | |
| 10 | EL ENCANTO | 75.0 | 119 | | | | | | |
| 11 | EL ENCANTO | 74.5 | 148 | | | | | | |
| 12 | LA ALAMEDA | 85.0 | 115 | | | | | | |
| 13 | LA GACHUPINA | 38.5 | 46.8 | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/28 | | | | | | | | | |
| 14 | EL TEXCAL | 3.50 | 42.9 | | | | | | |
| 15 | BUENAVISTA | 98.0 | 173 | | | | | | |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2013/03/01 | 2013/03/04 | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | |
| ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. LOS RESULTADOS AMPARAN SÓLO A LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO. | | | | | | | | | |
|  M. IN C. FELIX MORENO ANDRIVE RESPONSABLE DEL ÁREA | | | | | |  GARANTÍA DE CALIDAD FIRM:  FECHA: 2013/03/12 | | | |
| ESQUE: | D | M | A | Subtipe a: | D | M | A | Reserv: 4 | Hoja 2 de 3 |
| | 12 | 11 | 08 | | 24 | 03 | 08 | | |

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

091

RESULTADOS

| ÁREA: MICROBIOLOGÍA | | | | | |
|---|---------------------------------|--|--|--|--|
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnahuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | |
| No. DE CONTROL: 091/2013 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2013/02/26-28 | FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/02/26-28 | | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | |
| | | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/26 | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | <3 | 14 | - | - |
| 2 | EL POLLO | 7.50 x 10 ⁴ | 9.30 x 10 ⁴ | - | - |
| 3 | EL RAYO | 2.40 x 10 ⁴ | 4.60 x 10 ⁴ | - | - |
| 4 | SALIDA PANOCHEPAS | 9.30 x 10 ⁴ | 2.40 x 10 ⁴ | - | - |
| 5 | XOCHTEPEC | 7.50 x 10 ⁴ | 4.60 x 10 ⁴ | - | - |
| 6 | ALPUYECA | 4.30 x 10 ⁴ | 4.30 x 10 ⁴ | - | - |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/27 | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | - | - | 9.30 x 10 ⁴ | 2.40 x 10 ⁴ |
| 8 | ZACATEPEC | - | - | 1.10 x 10 ⁴ | 1.10 x 10 ⁴ |
| 9 | LAS JUNTAS-TLALTIZAPÁN | - | - | 1.10 x 10 ⁴ | 1.10 x 10 ⁴ |
| 10 | EL ENCANTO | - | - | 4.30 x 10 ⁴ | 4.60 x 10 ⁴ |
| 11 | EL ENCANTO | - | - | 9.30 x 10 ⁴ | 1.50 x 10 ⁴ |
| 12 | LA ALAMEDA | - | - | 7.50 x 10 ⁴ | 1.50 x 10 ⁴ |
| 13 | LA GACHUPANA | - | - | 1.20 x 10 ⁴ | 9.30 x 10 ⁴ |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/28 | | | | | |
| 14 | EL TEXCAL | - | - | 4.60 x 10 ⁴ | 1.10 x 10 ⁴ |
| 15 | BUENAVISTA | - | - | 2.40 x 10 ⁴ | 4.60 x 10 ⁴ |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2013/02/26-03/01 2013/02/27-03/02 ¹⁾ | 2013/02/26-03/02 2013/02/27-03/03 ¹⁾ | 2013/02/27-03/02 2013/02/28-03/03 ¹⁾ | 2013/02/27-03/03 2013/02/28-03/04 ¹⁾ |
| OBSERVACIONES: 1) MUESTRA E 2) MUESTRAS 12, 13, 14 Y 15 | | | | | |

ESTE REPORTE NO PUEDE SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS SE MUESTRAN SOLO AMPARANDO LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO


BIOL. MARTHA LIZBETH CABRERA
RESPONSABLE DEL ÁREA

 GARANTÍA DE CALIDAD
FIRMA: 
FECHA: 2013/03/13

| | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----------------|----|----|----|-------------|-------------|
| Edición: | D | M | A | Quetzaltenango | D | M | A | Revisión: 0 | Hoja 1 de 2 |
| | 13 | 11 | 08 | | 26 | 08 | 09 | | |

FM/04-C

**Cuarto muestreo
(junio 2013)**

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

091

RESULTADOS

| | | |
|--|---------------------------------|---|
| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhtémoc No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | |
| No. DE CONTROL: 091/2013 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2013/02/26-28 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/02/26-28 |

| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | | |
|------------------------------|-----------------------|--|---|------|--------------------------|---------------------------|
| | | ALCALINIDAD T. mg/L CaCO ₃ | COLOR VERDADERO U _{Pt-Co} al pH | | DBO ₅ mg/L | N-NO ₃ mg/L |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/26 | | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | 42.2 | <2 | 7.76 | <0.58 | <0.0213 |
| 2 | EL POLLO | 135 | 25 | 8.36 | 9.3 | 0.4406 |
| 3 | EL RAYO | 122 | 25 | 8.36 | 9.2 | 0.9948 |
| 4 | SALIDA PANOCHERAS | 134 | 25 | 8.38 | 1.1 | 0.8288 |
| 5 | XOCHITEPEC | 264 | 15 | 8.37 | 5.1 | 0.1973 |
| 6 | ALPUYECA | 249 | 12 | 8.55 | 2.2 | 0.1302 |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/27 | | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 265 | 12 | 8.47 | 1.7 | 0.0756 |
| 8 | ZACATEPEC | 278 | 10 | 8.08 | 1.9 | 0.0858 |
| 9 | LAS JUNTAS-TLALTZAPAN | 321 | 12 | 7.75 | 30 | 0.0330 |
| 10 | EL ENCANTO | 202 | 50 | 7.69 | 22 | 0.0733 |
| 11 | EL ENCANTO | 201 | 50 | 7.70 | 24 | 0.0729 |
| 12 | LA ALAMEDA | 233 | 60 | 7.67 | 25 | <0.0213 |
| 13 | LA GACHUPINA | 161 | 20 | 7.58 | 30 | 0.0248 |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/28 | | | | | | |
| 14 | EL TEXCAL | 43.3 | 2 | 7.85 | 1.1 | <0.0213 |
| 15 | BUENAVISTA | 640 | 120 | 8.06 | 32 | 0.1118 |

FECHA DE ANÁLISIS: 2013/02/26,27,28 2013/02/27-03/01 2013/02/27-03/06 2013/02/27,28

OBSERVACIONES:
LAS MUESTRAS FUERON COLECTADAS POR EL CLIENTE, POR LO QUE EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL ORIGEN DE LAS MISMAS.

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO ANIMARAN LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO.

| | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|---|----|----|----|-----------|-------------|
|  M. en C. FLIS MORENO ARROYE RESPONSABLE DEL AREA | | | |  GARANTIA DE CALIDAD FECHA: 2013/03/12 | | | | | |
| Edición: | D | M | A | Sección a: | D | M | A | Revisión: | Hoja 1 de 3 |
| | 13 | 11 | 05 | | 24 | 08 | 05 | | |

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

091

RESULTADOS

| | | |
|---|--|---|
| ÁREA: QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICOQUÍMICOS | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhnahuac No. 8532, Col. Progreso, Jutepec, Mor. | | |
| No. DE CONTROL: 091/2013 | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | FECHA DE MUESTREO: 2013/02/26-28 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/02/26-28 |

| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | |
|-------------------------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|--|--|
| | | CLORUROS mg/L | DUREZA Y, mg/L CaCO ₃ | | |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/26 | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | <1.06 | 38.9 | | |
| 2 | EL POLLO | 28.0 | 121 | | |
| 3 | EL RAYO | 25.5 | 105 | | |
| 4 | SALIDA PANOCHERAS | 24.0 | 117 | | |
| 5 | XOCHITEPEC | 32.0 | 613 | | |
| 6 | ALPUYECA | 25.5 | 812 | | |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/27 | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | 30.2 | 653 | | |
| 8 | ZACATEPEC | 29.5 | 653 | | |
| 9 | LAS JUNTAS-TLALTIZAPÁN | 19.0 | 653 | | |
| 10 | EL ENCANTO | 75.0 | 119 | | |
| 11 | EL ENCANTO | 74.5 | 148 | | |
| 12 | LA ALAMEDA | 85.0 | 115 | | |
| 13 | LA GACHUPINA | 39.5 | 46.8 | | |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/28 | | | | | |
| 14 | EL TEXCAL | 3.50 | 42.9 | | |
| 15 | BUENAVISTA | 98.0 | 173 | | |

| | | | | | |
|---------------------------|------------|------------|--|--|--|
| FECHA DE ANÁLISIS: | 2013/03/01 | 2013/03/04 | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | |

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS EMITIDOS SÓLO APLICAN A LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN ESTE LABORATORIO.


M. M. C. F. L. S. MORENO AKORVE
 RESPONSABLE DEL ÁREA



GARANTÍA DE CALIDAD

FIRMA: 
FECHA: 2013/03/12

| | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|--------------|----|----|----|-----------|-------------|
| Edición: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Página: 0 | Hoja 2 de 2 |
| | 12 | 11 | 08 | | 24 | 08 | 05 | | |

WALCRA-C

| LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA | | 091 | | | |
|--|-----------------------|--|--|---|--|
| RESULTADOS | | | | | |
| ÁREA: MICROBIOLOGÍA | | | | | |
| CLIENTE Y/O PROYECTO: DETERMINACION DEL ESTADO DE SALUD E INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO APATLACO. | | | | | |
| DOMICILIO: Paseo Cuauhtémoc No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. | | | | | |
| No. DE CONTROL: 091/2013 | | TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO | | FECHA DE MUESTREO: 2013/02/26-28 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/02/26-28 | |
| No | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS | | | |
| | | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL | Coliformes fecales NMP/100mL | Coliformes totales NMP/100mL |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/26 | | | | | |
| 1 | LAS TRUCHAS | <3 | 14 | - | - |
| 2 | EL POLLO | 7.50 x 10 ¹ | 9.30 x 10 ¹ | - | - |
| 3 | EL RAYO | 2.40 x 10 ¹ | 4.60 x 10 ¹ | - | - |
| 4 | SALIDA PANOCHEPAS | 9.30 x 10 ¹ | 2.40 x 10 ¹ | - | - |
| 5 | XOCHTEPEC | 7.50 x 10 ¹ | 4.60 x 10 ¹ | - | - |
| 6 | ALPUYECA | 4.30 x 10 ¹ | 4.30 x 10 ¹ | - | - |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/27 | | | | | |
| 7 | XOXOCOTLA | - | - | 9.30 x 10 ¹ | 2.40 x 10 ¹ |
| 8 | ZACATEPEC | - | - | 1.10 x 10 ¹ | 1.10 x 10 ¹ |
| 9 | LAS JUNTAS-TLALTZAPÁN | - | - | 1.10 x 10 ¹ | 1.10 x 10 ¹ |
| 10 | EL ENCANTO | - | - | 4.30 x 10 ¹ | 4.60 x 10 ¹ |
| 11 | EL ENCANTO | - | - | 9.30 x 10 ¹ | 1.50 x 10 ¹ |
| 12 | LA ALAMEDA | - | - | 7.50 x 10 ¹ | 1.50 x 10 ¹ |
| 13 | LA GACHUPANA | - | - | 1.20 x 10 ¹ | 9.30 x 10 ¹ |
| FECHA DE MUESTREO 2013/02/28 | | | | | |
| 14 | EL TEXCAL | - | - | 4.60 x 10 ¹ | 1.10 x 10 ¹ |
| 15 | BUENAVISTA | - | - | 2.40 x 10 ¹ | 4.60 x 10 ¹ |
| FECHA DE ANÁLISIS: | | 2013/02/26-03/01 2013/02/27-03/02 ¹⁾ | 2013/02/26-03/02 2013/02/27-03/03 ¹⁾ | 2013/02/27-03/02 2013/02/28-03/03 ¹⁾ | 2013/02/27-03/03 2013/02/28-03/04 ¹⁾ |
| OBSERVACIONES: 1) MUESTRA 6 2) MUESTRAS 12, 13, 14 Y 15 | | | | | |

ESTE REPORTE NO PODRÁ SER ALTERADO NI REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LOS RESULTADOS EMPLEADOS SOLO AMPARAN LAS MUESTRAS REGISTRADAS EN ESTE LABORATORIO


BIOL. MARTHA MILLÁN CABRERA
RESPONSABLE DEL AREA

 GARANTÍA DE CALIDAD
FIRMA: 
FECHA: 2013/03/13

| | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|--------------|----|----|----|-----------|-------------|
| Estado: | D | M | A | Sustituye a: | D | M | A | Revisión: | Hoja 1 de 2 |
| | 13 | 11 | 08 | | 06 | 08 | 00 | | |

**ANEXO 3. RESULTADOS DE BARRIDO CUALITATIVO DE COMPUESTOS
ORGÁNICOS SEMIVÓLATILES EN MUESTRAS DE SEDIMENTO**

Tabla A3. Compuestos orgánicos semivolátiles identificados por sitio de muestreo

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| (.+/-)-(R*,R*)-1,2-difenil-1,2-etanediol | | | | | | | | | X | | | | | |
| (.+/-)-14metil-metilester del ácido heptadecanoico | | | | | | | | | | | | | X | |
| (.eta.-5-ciclopentadienil)-[(.eta.-4)-3-etil-1,1,2,5-tetrametil-4-silaciclopentadieno]cobalto | | | | | | | | | | | | | | X |
| (1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol | | | | | | | | | | | | | X | |
| (1.alfa.,4a.alfa.,8a.alfa.)-1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4-metileno-1-(1-metiletil)-naftaleno | | | | | X | | | | | | | | | |
| (11H)Piridol[3',2':4,5]imidazol[2,1-b]benzotiazin-11-ona | | | | | | | | X | | | | | | |
| (16.alfa.)-17-(acetiloxi)-6,16-dimetil-Pregna-1,4,6-triene-3,20-diona | | | | | | | | | | | | | | X |
| (17.beta.)-2,3,4-trimetoxi-Estra-1,3,5(10)-trien-17-ol | | | | X | | | | X | X | | | | | |
| (19S)-19,20-dihidroxi-metilester del ácido Curan-17-oic | | | | X | | | | | | | | | | |
| (1-butilheptil)-benceno | | | | X | | | | X | | X | X | | X | |
| (1-butilhexil)-benceno | | | X | | X | | | | | | X | | X | |
| (1-butiloctil)-benceno | | | X | X | X | | | X | | X | X | | X | |
| (1-etildecil)-benceno | | | X | | X | | | | | | X | | X | |
| (1-etilnonil)-benceno | | | X | | X | | | | | | X | | X | |
| (1-etiloctil)-benceno | | | X | | X | | | | | | | | X | |
| (1-metildecil)-benceno | | | X | | X | | | | | | X | | X | |
| (1-metilnonil)-benceno | | | | | X | | | | | | X | | | |
| (1-metilundecil)benceno | | | X | | X | | | | | | X | | X | |
| (1-pentilheptil)-benceno | | | | | X | | | X | X | | X | | X | |
| (1-pentilhexil)-benceno | | | X | X | X | | | X | | | X | | X | |
| (1-pentiloctil)-benceno | | | | X | | | | | | | | | | |
| (1-propilheptil)-benceno | | | X | | X | | | | | | | | X | |
| (1-propilnonil)-benceno | | | | | X | | | | | | X | | | |
| (1-propiloctil)-benceno | | | X | X | X | | | X | | | | | X | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| (1S-cis)-1,2,3,4,5,6,7,8-octahidro-1,4-dimetil-7-(1-metiletilideno)-Azuleno | | | | | X | | | | | | | | | |
| (1S-cis)-1,2,3,4-tetrahidro-1,6-dimetil-4-(1-metiletil)-naftaleno | | | | | | | X | X | | | | | | X |
| (2.alfa.,3.alfa.,5.alfa.)-2,3-epoxi-colestano | | X | X | | | | X | X | | | | | | X |
| (22S)-21-Acetoxi-6.beta.,11.beta.-dihidroxi-16.alfa.,17.alfa.-propilmetilenedioxipregna-1,4-dieno-3,20-diona | | | | | | | | | X | | | | | |
| (2-metil-1-propenil)-benceno | | | X | | | | | | | | | | | |
| (3.alfa.,4.alfa.,5.alfa.)-3,4-epoxi-colestano | | | | X | | X | | | | | | | | |
| (3.alfa.,5.beta.)-Colestan-3-ol | | | | | | X | | | | | | | | X |
| (3.beta.)-acetato de Lup-20(29)-en-3-ol | X | | | | | X | | | | | X | | | |
| (3.beta.) Acetato de Colest-5-en-3-ol | | | | | | | | | X | | | | | |
| (3.beta.)-3-hidroxi-28,33-Dinorgorgost-5-en-24-ona | | | | | | | X | | X | | | | | |
| (3.beta.)-3-metoxi-colest-5-eno | | | | | | | | | X | | | | | |
| (3.beta.)-acetato de Colest-5-en-3-ol | | X | | | | | | | X | | | | X | X |
| (3.beta.)-acetato(ester),6-nitro-Colest-5-en-3-ol | | | | | | | | | | X | | | | |
| (3.beta.)-Colesta-4,6-dien-3-ol | | | X | | | | | | X | X | | | | X |
| (3.beta.)-Ergosta-5,24(28)-dien-3-ol | | | X | | | X | | | X | X | | | | X |
| (3.beta.,5.alfa.)-5-acetato de Colestano-3,5-diol | | X | X | | | X | | | X | | X | | X | X |
| (3.beta.,5.alfa.)-acetato de Colestan-3-ol | | | X | | X | | | | X | X | | | X | |
| (3.beta.,5.alfa.)-bis(trifluoroacetato)-Pregnano-3,20-diol | | | | | | | | X | X | | | | | X |
| (3.beta.,5.beta.,15.beta.,16.beta.)-14,15-epoxi-3,5,16-trihidroxi-Bufa-20,22-dienoluro | | | | | | X | | | | | | | | |
| (3.beta.5.beta.)-3-hidroxi-bufa-14,20,22-trienoluro | | | X | | | | | | X | | | | X | |
| (4aS-trans)-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahidro-1,1,4a-trimetil-7-(1-metiletil)-fenantreno | | | | | | | | | | | | | | X |
| (4aS-trans)-2,3,4,4a,10,10a-hexahidro-6-hidroxi-1,1,4a-trimetil-7-(1-metiletil)-9(1H)-fenantrenona | | X | | X | X | X | X | | | | | | | X |



| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| (4aS-trans)-3,4,4a,9,10,10a-hexahidro-7-hidroxi-1,1,4a-trimetil-8-(1-metiletil)-2(1H)-fenantrenona | | X | | | | | X | | | | | | | |
| (4bS-trans)-4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahidro-4b,8,8-trimetil-1-(1-metiletil)-2-fenantrenol | | X | X | X | X | X | | | | | | X | | X |
| (5.alfa.)-17a-Aza-D-homoandrostan-17-ona | | | | | | | | | | | | | | X |
| (5.alfa.6.alfa)-5,6-epoxi-colestano | | | | X | | | | | | | | | | |
| (5.beta.)-colest-3-eno | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X |
| (6.alfa.16.alfa.)-6,16-dimetil-Pregna-4-ene-3,20-diona | | | | | | | | | | | | | | X |
| (6R,13R,25R)-13-cloro-5-demetoxi-28-deoxi-6,28-epoxi-5-(hidroximino)-25-(1-metiletil)-Milbemicin b | | | | | | | | | | | | X | | |
| (8.beta.,13.beta.)-Kaur-16-eno | | | | | X | | | | | | | | | |
| (c,t)-10-heneicoseno | | | | | | | | X | | | | | | |
| (E)-1-butenil-benceno | | | | | X | | | | | | | | | |
| (R)-1-metil-4-(1,2,2-trimetilciclopentil)-benceno | | X | X | | X | X | X | | | | | X | X | |
| (R)-5,6,7,7a-tetrahidro-4,4,7a-trimetil-2(4H)-benzofuranona | | | | X | | | | | | | | | | |
| (Z)14-tricosenil formato | | | | | | | | | | | | | X | |
| (Z)-2-(9-octadeceniloxi)-etanol | | X | X | X | X | | | | X | X | | X | X | X |
| (Z)-9-octadecenal | | X | | | | | | | X | | | | | |
| (Z)-octadecilester del ácido 9-hexadecenoico | X | | | | | | | | | | | | | |
| (Z,Z)-1,1'-[1,2-etanedilbis(oxi)]bis-9-octadeceno | | | X | | | X | | | | | | | | |
| (Z,Z)-2-(9,12-octadecadieniloxi)-etanol | | | | X | | | X | | | | | | | X |
| (Z,Z)-9-octadecenil ester del ácido 9-hexadecenoico | | | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X |
| .alfa.-metilestireno | | | | | | | | | | | | X | | |
| .beta.-sitosterol | | X | | | | | X | | X | X | | | | |
| .beta.-trans-santalol | | | | | | | | | | | | X | | |
| .gamma.-sitosterol | | | | | | | X | | | | | X | | |
| [[[(3.beta.,5.beta.)-colestano-3-il]oxi]trimetil-silano | | | | | | | | X | X | X | | | | X |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| [1aR-(1a.alfa.,2.alfa.,5.beta.,5a.beta.,8a.alfa.,9.alfa.,10.alfa)]-1a,2,5,5a,6,9,10,10a-octahidro-5a-hidroxi-4-(hidroximetil)-1,1,7,9-tetrametil-6,11-dioxo-1H-2,8a-metanociclopenta[a]ciclopropa[e]ciclodencen-5-ilester del ácido dodecanoico | | | | | | | | | | | | | | X |
| [1aR-(1a.alfa.,4a.alfa.,7.alfa,7a.beta.,7b.alfa.)]-decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-1H-Cicloprop[e]azuleno | | | X | | | | | | | | | | | |
| [1R-(1.alfa.,4a.beta.,4b.alfa.7.beta.,10a.alfa.)-7-etenil-1,2,3,4,4a,4b,5,6,7,9,10a-dodecahidro-1,4a,7-trimetil-1-fenantrencarboxialdehido | | | | | X | | | | | | | | | |
| [1R-(1.alfa.,7.beta.,8a.alfa.)]-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-1,8a-dimetil-7-(1-metiletenil)-naftaleno | | | X | | X | | X | | | | | | | |
| [1S-(1.alfa.,7.alfa.,8a.alfa.)]1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-1,8a-dimetil-7-(1-metiletenil)-naftaleno | | | | | X | | | | | | | | | |
| [2R-(2.alfa.,4a.alfa.,8a.beta.)]-1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-4a,8-dimetil-2-(1-metiletenil)-naftaleno | | | | | | | X | | | | | | | |
| [3aR-(3a.alfa.,4a.beta.,7a.alfa.,8.beta.,9a.alfa.)]-decahidro-4a,8-dimetil-3-3-metilene-Azuleno[6,5-b]furan-2,5-diona | | | | | X | | | | | | | | | |
| [3R-(3.alfa.,3a.beta.,7.beta.,8a.alfa.)]-2,3,4,7,8,8a-hexahidro-3,6,8,8-tetrametil-1H-3a,7-metanoazuleno | | | X | | X | | | | | | | | X | |
| [4aS-(4a.alfa.,5.alfa.,8a.beta.)]-decahidro-1,1,4a-trimetil-6-metileno-5-(3-metil-2,4-pentadienil)-naftaleno | | | | | | | X | | | | | | X | |
| [4aS-(4a.alfa.,5.alfa.,8a.beta.)]-decahidro-1,1,4a-trimetil-6-metileno-5-(3-metileno-4-pentenil)-naftaleno | | | | | | | | | | | | | X | |
| [4bS-(4b.alfa.,8a.beta.,10.beta.)]-4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahidro-4b,8,8-trimetil-1-(1-metiletil)-2,10-fenantrenediol | | X | | | X | | X | | | | | | X | |
| 1-(2,4-dimetilfenil)-2-metil-1-propanona | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1-(hidroximetil)-1,2-etanedil ester del ácido hexadecanoico | | | | X | | | | | | | | | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| 1,1,-Dicloro-1-sila-2,3-benzo-4,5-tiofenociclopentadieno | | | | X | | | | X | X | | X | | X | X |
| 1,1,-dimetoxihexano | | | | | | | | X | | | | | | |
| 1,1,-dimetoxi-nonano | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1,1-bis(dodeciloxi)-hexadecano | | | | X | X | | | | X | | X | | | |
| 1,1-dimetoxidodecano | | | | | | | | | X | | | | | |
| 1,1-dimetoxinonano | | | | X | | | | | X | | | | | |
| 1,3,4,6,7,8-hexahidro-4,6,6,7,8,8-hexametil-ciclopenta[g]-2-benzopirano | | X | X | X | X | | | X | X | X | | | X | |
| 1,3,5-Triciclopentil-benceno | | | | | | | | | | | | X | | |
| 1,4-difenil-1-pentanona | | | | | | | | | | | | X | | |
| 1,7,7-trimetil-biciclo[2.2.1]hept-2-il ester del ácido acético | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1,8-dimetoxi-9,10-Antracediona | | X | | | | | | | | | | | | |
| 10-dimetoximetil-13-metil-3-oxo-4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-3H-ciclopenta[a]fenantren-17-il-ácido acético | | | | | | | | | X | | | | | |
| 12-Heptadecin-1-ol | | | | X | | | | | | | | | | |
| 12-metil-metilester del ácido tridecanoico | | | | X | | | | | | | | | | |
| 13.beta.-metil-13-vinil-Podocarp-7-en-3.beta.-ol | | | | | | | | | | | | | | X |
| 13.beta.-metil-13-vinil-Podocarp-7-en-3-ona | | | | | | | | | | | | | | X |
| 13-Heptadecin-1-ol | | | X | | X | | | | X | | | | X | |
| 13-metil-metilester del ácido pentadecanoico | X | | X | X | X | | | | | | | | | |
| 14-metil-metilester del ácido heptadecanoico | X | | | X | | X | | | | | | | | |
| 14-metil-metilester del ácido pentadecanoico | | | | | | | | X | | | | X | | |
| 17-(1,5-dimetilhexil)-10,13-dimetil-4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantreno | | X | | | | | X | | X | | | | | |
| 17-(1,5-dimetilhexil)-10,13-dimetil-4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-3H-ciclopenta[a]fenantreno | | | | | | | | | | | | X | | |
| 17-cloro-7-heptadeceno | | | X | | X | X | | | X | | | | X | |



| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| 18-triacetoxi-3,11.beta.3,9.beta.;14,15-diepoxipregn-16-en-20-ona | | | | | | | X | | | | | | X | |
| 1a,6,7,10,11,11a,-hexahidro-7,10,11-trihidrohdroxi-1,1,3,6,9-pentametil-4a,7a-epoxi-5H-ciclopent[a]ciclopropa[f]cicloundecen-4(1H)-ona | | | | | | X | | | | | | | | |
| 1-bromo-5-heptadeceno | | | X | X | | | | | | | | | | |
| 1-caarbamoilester del ácido 2-acetilamino-3-fenilpropiónico | | | | | | | | X | | | | | | |
| 1-Ciclohexeno-3-tiona | | | | | | | | | | | | | | X |
| 1-ciclohexil-5-fenil-3-pentanona | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1-cloro-2-isocianato benceno | | | | X | | | | X | X | | | | | |
| 1-cloro-octadecano | | | | | X | | | | | | | | | |
| 1-Docosanol | | | | | | | | X | | | | X | | |
| 1-Docoseno | | | | | | | | | | | | X | | |
| 1-Dotriacontanol | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1-Eicosanol | | X | X | X | | | | X | | | | | X | |
| 1-Fenil-1-buteno | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1-fenil-2,8,9-trioxa-5-aza-1-silabiciclo[3,3,]undecano | | | | | | | | | | | | | | X |
| 1-Hentetracontanol | | | | | | | | | | | | X | | X |
| 1-Heptadecanol | | | | X | | | | | | | | | | |
| 1-Heptatriacontanol | | | X | | X | | | | | | | | | |
| 1-heptenilbenceno | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 1-Hexacoseno | | | X | X | X | | | | | X | | | | |
| 1-Hexadecin | | | X | | | | | | | | | | | |
| 1-nonadeceno | | | X | X | | | | X | X | | | X | | |
| 1-Pentadecanol | | | X | | | | | | | | X | | | |
| 1-pentadeceno | | | | X | | | | | | | | | | |
| 1R,4s,7s,11R-2,2,4,8-tetrametiltriciclo[5.3.1.0(4,11)]undecec-8-eno | | | | | X | | | | | | | | | |



| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| 1s,2s,5R-1,4,4-trimetiltriciclo[6.3.1.0(2,5)]dodec-8-eno | | | | | | | X | | | | | | | |
| 2-(1,1-dimetiletil)-4-(1-metil-1-feniletil)-fenol | | | | | | | | | | | | | X | |
| 2-(7-heptadeciniloil)tetrahidro-2H-piran | | | | | X | | | | | | | | | |
| 2-(acetiloxi)-3-metoxi-Estra-1,3,5(10)-trien-17-ona | | | | | | | | | | | | | | X |
| 2-(Formiloxi)-1-fenil-etanona | X | X | X | | X | | | | X | | X | | X | |
| 2-(hexadeciloxi)-etanol | | | X | | | | | | | | | | | |
| 2,2-difenil-3,4,7,8-Tetraazatriciclo[4.2.2.0(1,5)]dec-9-ene-3,4;7,8-bis(n-metildicarboximida) | | | | | | X | | | X | | | | | |
| 2,3,4,5-tetraetil-1-oxo-1-fenil-1-fosfaciclopentadieno | | | | | | | | | | | | | | X |
| 2,3-bis[(trimetilsilil)oxi]-estra-1,3,5(10)-trien-17-ona | | | X | | X | | | | | | X | X | | |
| 2,3-bis[(trimetilsilil)oxi]-propil ester del ácido octadecanoico | | | | | | | | | | | | X | | |
| 2,3-dihidro-1,1,3-trimetil-3-fenil-1H-Indeno | X | | | | | | X | | | | X | X | | X |
| 2,4-Difenil-4-metil-1(E)-penteno | X | | | | X | | | | | | X | X | X | X |
| 2,5,7,8-tetrametil-2-(4,8,12-trimetiltridecil)-3,4-dihidrocromen-6-ol | | | | | | | | | | | | | | X |
| 2,5-dihidroxi-3,6-difenil-2,5-ciclohexadien-1,4-diona | | | | | | | | | | | | | | X |
| 2,6,10,15,19,23-hexametil-Tetracosa-2,6,14,18,22-pentaeno-10,11-diol | | | | | | X | | | | | | | | |
| 2,6,10-trimetiltetradecano | | | X | | | | | | X | | | X | | X |
| 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-2,5-ciclohexadieno-1,4-diona | X | | | | X | | | | | X | | | | |
| 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-etil-fenol | | | | | | | | | X | | | | | |
| 2,6-Dimetilbenzaldehido | | | | | | | | | X | | | | | |
| 2-[(trimetilsilil)amino]-3-[(trimetilsilil)oxi]-estra-1,3,5(10)-trien-17-ona | | X | | | | | | X | | | | | X | X |
| 24-metil-5-colesteno-3-ol | | | | | | X | | | | | | | X | |
| 24-Metilenocicloartan-3-ona | X | | | | | | | | | | | | | |
| 2-bromo-octadecanal | | | | | | X | | | | | | | | |
| 2-butil-1-octanol | | | | | | | | | | | | | X | |
| 2-Cloro-acetofenona | | | | | X | | | | | | | | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| 2-dodecil-tiofene | | | | X | | | | | | | | | | |
| 2-fenil-N,N'-bis(1-feniletil)1,1-ciclobutanedicarboxamida | | | | | | | | | | | X | | | |
| 2-hexil-1-decanol | | | | | | | | | | X | | X | | |
| 2-hexil-1-octanol | | | | | | | | | | | | X | | |
| 2-Hidroxi-1,1,10-trimetil-6,9-epidioxidecalin | | | X | | | | | | | | | | | |
| 2-hidroxi-1,3-propanediilester del ácido octadecanoico | | | | X | | | | | | | | | | |
| 2-hidroxi-ciclopentadecanona | | | | X | | | | | | | | | | |
| 2-metil-1-hexadecanol | | | | | | | | | X | | | | | |
| 2-metil-2,2,dimetil-1-(2-hidroxi-1-metiletil)propil ester del ácido propanoico | | | | | X | | | | | | | | | |
| 2-metil-3-hidroxi-2,4,4-trimetilpentilester del ácido propanoico | | | | | X | | | | | X | X | X | | |
| 2-metil-4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol | | | | | | | | X | | | | | X | |
| 2-Metoxifenil-etanol | | | X | | | | | | | | | | | |
| 2-metoxi-metilester del ácido 5-hexadecenoico | | | | | | | | | X | | | | | |
| 2-Nitro-3-fenilbutano-1,3-diol | | | | | | | | | | | | | | X |
| 3,4-dimetilbenzaldehido | X | | | | | | | | | | | | | |
| 3,5-bis(1,1-dimetiletil)-1,2-bencenediol | | | | | | | X | X | X | | | | | |
| 3,5-diclorobencenamina | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 3,7,11,15-Tetrametil-2-hexadecen-1-ol | | | | | X | | | | | | | X | | |
| 3,7,11-trimetil-1-dodecanol | | | | | | | | X | | | X | | | X |
| 3-Acetil-17-(1,5-dimetilhexil)-10,13-dimetilhexadecahidrociclopenta[a]fenantren-2-ona | | | | | | | | | | | | | | X |
| 3-acetoxi-7,8-epoxilano-11-ol | | | | | | X | X | | | | | | | |
| 3-Benciloxi-butano-1,2,4-triol | | | X | | | | | | | | | | | |
| 3-Cloro-17-(1,5,-dimetilhexil)-10,13-dimetilhexadecahidrociclopenta[a]fenentreno | | X | | X | | X | | | | | | | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| 3-Cloro-17-(1,5-dimetilhexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantreno | | | | | | X | | | | | | | X | |
| 3-fenil-4-hidroxiacetofenona | | | | | | | | | | | X | | | |
| 3-Hexil-7,8,9,10-tetrahidro-6,6,9-trimetil-6H-dibenzo(b,d)piran-1-ol | | | | | X | | | | | | X | | | |
| 3-hidroxi-3-fenil-butironitrilo | | X | | | | | | | | | | | | |
| 3-Isopropil-2-fenil-pent-4-en-2-ol | | | | | | | | | X | | | | | |
| 3-metil-4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona | | | | | | | | | X | | | | | |
| 3-metil-4-(2,6,6-trimetil-2-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona | | | X | | | | | | | | | | | |
| 4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol | | | | | | | | X | X | | | | | |
| 4-(1,1-dimetilpropil)-fenol | | | | | | | | | | | | | X | |
| 4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)3-buten-2-ona | | | X | | | | | | | | | | | |
| 4,14-dimetil-9,19-ciclocolestan-3-ona | | | | | | | | | | | X | | | |
| 4,4,6a,6b,8a,11,11,14b-octametil-1,4,4a,5,6,6a,6b,7,8,8a,9,10,11,12,12a,14,14a,14b-octadecahidro-2H-picen-3-ona | X | | | | | | | | | | X | | | |
| 4,4'-Diacetildifenilmetano | | X | X | X | X | X | X | | | | | | X | X |
| 4,4'-dicloro-1,1'-bifenil | | X | | | | | | | | | | | | |
| 4,4'-dimetilbencil | | | X | | | | | | | | | | | |
| 4,6-Bis(4-metoxibenciltio)-5-nitropirimidina | | | X | | | | | | | | | | | |
| 4,6-Di(4-metoxifenil)pirimidina | | | | | | | | | | | | | | X |
| 4.beta.5-dihidro-neronina | | | | | | | | | X | | | | | |
| 4-cloroanilina | | | X | | | | | | | | | | | |
| 4-Metilfenol | | | X | X | | | | | | | | | X | |
| 4-Nonilfenol | | | | | | | | | | | | | X | |
| 5,6-dihidroingol 3,7,8,12-tetraacetato | | | | | | | X | | | | | | | |
| 5-metoxi-2,2,8,8-tetrametil-2H,8H-benzo[1,2-b:5,4-b']dipiran-10-propanol | | X | | | X | | | | | X | X | | X | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| 6,10,14-trimetil-2-pentadecanona | | | | X | X | | | | | | | | | |
| 6-metoxi-2-metil-.beta.carbolina | | | X | | | | | | | | | | | |
| 7,9-Di-tertbutil-1-oxaspiro[4,5]deca-6,9-dien-8-ona | | | | | X | | | | | | | | | |
| 7AH-Ciclopenta[a]ciclopropa[f]cicoundeceno-2,4,7,7a,10,11-hexol-1,1a,2,3,4,4a,5,6,7,10,11,11a-dodecahidro-1,1,3,6,9-penta-2,4,7,10,11-pentaacetato | | | | | | | | | | | | | | X |
| 7-cloro-1,3-dihidro-5-fenil-1-(trimetilsilil)-2H-1,4-benzodiazepin-2-ona | | | | | | | | | X | | | | | |
| 7-isopropil-1,1,4a-trimetil-1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahidrofenantreno | | | | | X | | | | | X | | X | X | |
| 7-Tetradeceno | | | | | | | | | X | | | | | |
| 8-metoxi-1-metil-.beta.-carbolina | | | X | | | | | | | | | | X | |
| 8-pentadecanol | | | | | | | | | X | | | | | |
| 9,19-ciclanost-24-en-3-ol | X | | | | | | | | | | | | | |
| 9,19-ciclanostano-3,7-diol | | | | | | | X | | | | X | | | |
| Acetato (3.beta.,5.beta.)-Colestan-3-ol | | | | X | | | | | | X | | | | |
| Acetato (éster) Dasicarpidan-1-metanol | | | X | | | | | | | | | | | |
| Acetato de (3.beta.)-24-metilen-9-19-ciclanostan-3-ol | X | | | | | | | | | | | | | |
| Acetato de 7-metil-Z-tetradecen-1-ol | | | X | | | | | | | | | | | |
| Acetato de beta.sitosterol | | | | | | | | | | | | | | X |
| Acetato de sitosterol | X | | X | X | X | X | X | | X | X | | | X | X |
| Acetato de Vitamina E | | | | | | | | | | | | | X | |
| Acetato de Z,Z-3,15-octadecadien-1-ol | | | | X | | | | | | | | | | |
| Acetato de Z-11-(13,14-epoxi)tetradecen-1-ol | | | | X | | X | | | | X | | X | X | |
| Acetillandromedol | | | | | | | X | | | | X | | | |
| Ácido (p-hidroxifenil)-fosfónico | | | | | | | | | | | | X | | |
| Ácido (R)-alfa.-hidroxi-.alfa-metil-bencenacetico | | | | | | | | | X | | | | | |
| Ácido (S)-.alfa.-metoxi-bencenoacético | | | | | | | | X | X | | | | | |
| Ácido 4-hidroxi-bencensulfónico | X | | | | | | | | | | | | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| Ácido 4-metil-.delta.-oxo-bencenopentanoico | | | | | | | | | | | | X | | |
| Ácido 4-oxo-4-p-tolilbutílico | | | X | | | | | | | | | | | |
| Ácido 6-metil-4-[(4-metilfenil)sulfonyl]-5-heptenoico | | | | | | | | | | | | | | X |
| Ácido 9-hexadecenoico | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| Ácido Erucico | | | | | X | | | | | X | | | | |
| Ácido oléico | | | | | | | X | | | X | | X | | |
| Ácido Z-8-metil-9-tetradecenoico | | | | | | | | | | | X | X | | |
| Alcohol oleico | | | | X | | | | | | | | | X | |
| alfa.Cubebeno | | | X | | | | | | | | | | | |
| alfa-Amirin | | | | | | | | | | | X | | | |
| Allocolesterol | | | | | | | | | | X | | | | |
| Arundoin | | | | | | X | | | | | | | | |
| Bencenmetanol | | | | | | | | | | | | | X | |
| Bencilbutilftalato | X | X | X | | X | X | | | X | | X | | | X |
| Benzamida | | | | | | X | | | | | | | | |
| Benzoina | | | | | | | | X | X | | | | | |
| beta.Amirin | X | | | | | X | | | | | | | | |
| Biciclo[6.4.0]dodeca-9,11,dieno | | | X | | | | | | | | | | | |
| Bis(2-etilhexil)ftalato | | X | | | X | | X | | | X | | X | | X |
| bis(2-metilpropil)ester del ácido 1,2-bencendicarboxílico | | | | | | | | | | | X | | | |
| Bromuro de benzoilo | | | | | | X | | | X | | X | X | | X |
| butil ester, ester con butil glicolato del ácido Ftalico | | | | | X | | X | | | | X | | | |
| Butil-2-metilpropil ester del ácido 1,2-bencendiacarboxílico | X | | | | | | | | | | | | | |
| Butilester del ácido Azelaaldehidico | | | | | | | | | | | X | | | |
| Cantaxantin | | | | | | | X | | | | | | | |
| Ceanotina C | | | | | | X | | | X | | | | | |
| Cedrol | | | | | | | X | | | | | | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| Ciclic 1,2-etanedil acetil,(5.alfa.)-Colestan-3-ona | | | | | | | | | | | | X | | |
| Ciclooctasulfuro | X | X | X | X | X | | X | X | | X | X | | | X |
| Ciclopentadecano | | | | | | | | | X | | | | | |
| cis-9-Eicosen-1-ol | | | | | | | | | | | | | X | |
| Colest-4-ene-3,6-diona | | | | | | | | | | | | | | X |
| Colest-5-en-3-ona | | X | | | | X | | | X | | | | X | |
| Colesta-2,4-dieno | | | | X | | | | | | | | | | |
| Colesta-3,5-dieno | | | | X | | | | | | | | | | |
| Colestan-3-ona | | | | | | | | | X | | | | | |
| Colestan-6.beta.-ol | | | X | X | | | | X | | | | | | |
| Colestano | | | X | X | X | | | | | | | | | |
| Colestanol | | X | X | X | | X | | | X | X | X | | X | X |
| Colesteril tosilato | | | | X | | | | | | | | | | |
| Colesterol | X | | | X | | | | | X | | | | | |
| D.alfa.-tocoferol | | | | | | X | | X | X | | | | | |
| Dibutilftalato | | X | | X | | | | | | | | X | | |
| Diciclohexil ester del ácido 1,2-bencendicarboxílico | X | X | X | | X | X | | | X | | | | X | X |
| Diclorometano | | | | | | | | | | | | | | X |
| didehidro deriv.(all-E)-2,6,10,15,19,23-hexametil-2,6,10,14,18,22-tetracosahexaeno | | | | | | | X | | X | | | | | |
| Dietilftalato | X | | X | | X | | | | X | | X | | X | X |
| Diisopropilnaftaleno | | | X | | X | | | | | | X | | X | |
| Dimetiltetrasulfuro | | | | | | | | | | X | | | | |
| Dotriacontano | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| E,E,Z-1,3,12-nonadecatrieno-5,14-diol | | | X | | X | | | | | | | | | |
| Eicosil ester del ácido octadecanoico | | | | | | | | | X | | | | X | |
| Eicosilester del ácido oleico | | X | | X | X | | X | | | X | X | X | | |
| Epicolestanol | | X | | | X | | X | | | | | | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| ErgostanolD.alfa.-tocoferol | | | | X | | | | | | | | | | |
| Etil ester del ácido 7-(3-,5-Diacetoxi-ciclopent-1-enil)heptanoico | | | | | X | | | | | | | | | |
| Etil iso-alcololato | | X | | | X | | | | X | | | | | X |
| Fenil-(2'-acetilfenil)ester del ácido Glioxílico | | | | X | | | | X | | | | | | |
| Friedelin | X | | | | | | X | | | | X | | | |
| Harina | | | | | X | | | | | | | | X | |
| Heptilbenceno | | | X | X | | | | X | X | | | | | X |
| Hex-1-enilbenceno | | | X | | | | | | | | | | | |
| Hexadecilester del ácido dodecanoico | | | | | | X | | | X | | | | | |
| Hexadecilester del ácido hexadecanoico | | | | | | | X | | | | | | | |
| Hexahidro-4-(2-metil-2-propenil)-2,2,,4-trimetil-ciclopropa[c,d]pentaleno-1,3-diona | | | | | | | | | X | | | | | |
| Hexatiepano | | X | | X | | X | | | X | | | | | |
| Hidroxibenceno | X | | | | | | | | | | | | | |
| Hidroxitolueno butilado | | | | | | | | | | | | | X | |
| Ingol 12-acetato | | | | | | | | | X | | | | | |
| Isovalerato de geranil | | | | | | | | | | | | X | X | |
| Lanosterol | | | | | | X | | | | | X | | | |
| Longifoleno-(V4) | | | | | | | | X | | | | | | |
| Lupeol | X | | | | | X | X | | | | X | | | |
| Metil-2-[2-(4-clorofenil)-5-metil-1H-imidazol-1-il]ditiobenzoato | | | | | | | | X | | | | | | |
| Metilester 1,4-dihidro-1,4-dioxo-3-(3-metil-2-butenil) del ácido 2-naftalenocarboxílico | | | X | | | | | | | | | | X | |
| Metilester del ácido 10,3-octadecadiinoico | | | | | X | | | | | | | | | |
| Metilester del ácido octadecanoico | | X | | | X | | | | | X | X | X | | X |
| Metiltrifenoxi-silano | | | | | | | | | X | | | | | |
| Miristato de isopropilo | | | | | | | | | | | | X | | |

| Compuesto | Sitio de muestreo | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 12 | 10 | 15 | 6 | 14 | 13 | 9 |
| Nonilfenol | | | X | | | | | X | | | | | | |
| Octadecilester del ácido hexadecanoico | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| Octanal dimetil acetal | | | X | | | | | | | | | | | |
| octilbenceno | | | | | | | | X | | | | | | |
| Oleato de Stigma-5-en-3-ol | X | | | | | | | | | | | | | |
| Oxaciclohexadecan-2-ona | | | | | | | X | | | | | | | |
| Pentadecanal | | | | | | | | | | X | | | | |
| Quinidina | | | | | | | | | | | | | | X |
| Sarreroside | | | | | | | | | X | | | | | |
| Stigmastan-3-en-6-ol | | | | | | | X | | | | | | | |
| Stigmasterol | | | X | | | X | | | | | X | X | | X |
| Tetracontano-1,40-diol | | | | | | | | | | | | X | | |
| Tetratetracontano | | | | | | | | | | | | X | X | |
| Tiamina o Vitamina B1 | | | | X | | | | | | | | | | |
| Timol | | | X | | | | | | | | | | | |
| Triclosan | | | | | | | | | | | | | X | |
| Tritetracontano | | | | | | | | | | | X | | | |
| Tujopseno | | | | | X | X | X | | | | | | | X |
| Z-10-metil-11-tetradecen1-ol-propionato | | X | | | | | | | | | | | | |
| Z-11(13,14-Epoxi)tetradecen-1-ol acetato | | | X | | | | | | | | | | | |
| Z-9-Tetradecenol | | | | | | | | | X | | | | | |
| Z-9-Tetradecenal | | | | X | | X | | | X | | | | | X |

Sombreado azul Corriente principal del río Apatlaco

Sombreado verde Afluentes del río Apatlaco

Sombreado rosa Fuera de la cuenca del río Apatlaco

Sombreado gris Sustancias consideradas en los criterios ecológicos para sedimento recopilados por Friday (2005)

* 1 Las Truchas, 2 El Pollo, 3 El Rayo, 4 Salida Panochera, 5 Xochitepec, 6 Alpuyea, 7 Xoxocotla, 8 Zacatepec, 9 Las Juntas, 10 El Encanto, 12 La Alameda, 13 La Gachupina, 14 El Texcal, 15 Buenavista

ANEXO 4. PRODUCTOS DERIVADOS DE LA COLABORACIÓN CON EL IMTA

Tesis de Licenciatura



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL ESTADO DE MORELOS

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

TÍTULO

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTO EN EL RÍO
APATLACO, ESTADO DE MORELOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

PRESENTA

GARCÍA CHIMALPOPOCA ZAYRA

TUTOR RECEPTOR: DRA. ANNE M. HANSEN HANSEN

TUTOR INTERNO: DRA. ROSA ANGÉLICA GUILLÉN GARCÉS



JIUTEPEC, MORELOS

2013

Resumen aceptado para el XXIII Congreso Nacional de Geoquímica

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO APATLACO

Axel Falcón-Rojas, Carlos E. Corzo-Juárez, Anne M. Hansen

Coordinación de Hidrología, Instituto Mexicano de Tecnología del agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550, México.

ahansen@tiaioc.imta.mx

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población humana y sus actividades con un alto consumo de recursos han ocasionado cambios ambientales que pueden observarse en todo el planeta. Como consecuencia de ello, los cuerpos de agua se han visto sometidos a consumos desproporcionados por parte de los seres humanos (UNESCO-WWAP, 2006). Esta situación en conjunto con las crecientes descargas de aguas residuales provoca un incremento en el vertido de contaminantes, lo que favorece la degradación de los cuerpos de agua originando problemas sanitarios, socioeconómicos y ecológicos, lo que a su vez trae consigo la limitación en sus usos. En este contexto, la cuenca del río Apatlaco en el estado de Morelos no se encuentra exenta. El plan estratégico para la recuperación de esta cuenca, elaborado en 2007, señaló que ésta es una de las más contaminadas en la región centro del país. Con el objetivo de conocer el estado actual que guarda el río Apatlaco, se evaluó la calidad de sedimento presente en este río por medio de análisis fisicoquímicos y un barrido cromatográfico que permite conocer los Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COSV) presentes en el sedimento.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron 14 sitios de muestreo a lo largo del río Apatlaco y sus afluentes. Se realizó un muestreo de sedimento entre la época de lluvia y de estiaje (26 y 28 de febrero de 2013). Se tomaron muestras de sedimento, sobre zonas de baja velocidad de corriente y sobre el margen del río (ASTM, 2000a; EPA, 2001), por medio de espátula y palangana de acero inoxidable. Las muestras de sedimento se almacenaron en frasco de vidrio, previamente lavados con diclorometano grado HPLC, posteriormente se determinó en laboratorio pH (DOF, 2012), humedad y contenido de materia orgánica (ASTM, 2000b), textura (ASTM, 1998) y COSV por cromatografía (EPA, 1996).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de pH clasifican los sedimentos entre neutros y medianamente alcalinos, al presentar valores entre 7 y 8 unidades. El contenido de materia orgánica en los sedimentos varían entre medio, alto y muy alto. La mayoría de las muestras de sedimento presentan textura arena-limosa. La humedad de los sedimentos (varió entre 27 a 80%). Los resultados del barrido cualitativo de COSV, identifican 337 sustancias químicas en total. En donde la muestra colectada en el sitio El Rayo, ubicado en la corriente principal del río Apatlaco, contiene el mayor número de sustancias por sitio con un total de 88. La distribución de las sustancias químicas identificadas mediante el barrido cualitativo muestra que el mayor número de sustancias son del tipo alcohol, seguidos de ácidos, cetonas, hidrocarburos poliaromáticos y otros grupos.

CONCLUSIONES

Los estudios granulométricos realizados muestran que el sedimento analizado puede adsorber contaminantes orgánicos, debido a su textura arena-limosa y alto contenido de materia orgánica. Se identificaron 337 COSV, estos resultados permiten un futuro análisis cuantitativo específico para las sustancias encontradas en este trabajo con la finalidad de cuantificar contaminantes presentes y relacionarlos con los límites máximos permisibles según los criterios internacionales.

REFERENCIAS

1. ASTM (American Society for Testing and Materials), ASTM Standards on Environmental Sampling 11.05 (2000a)
2. ASTM (American Society for Testing and Materials), Standard Test Method for Moisture, Ash, and Organic Matter or Peat and Other Organic Soils (2000b)
3. EPA (Environmental Protection Agency), Technical Manual EPA 823-B-01-002 (2001)
4. DOF (Diario Oficial de la Federación), Ley Federal de Derechos, p. 475 (2012)
5. EPA (Environmental Protection Agency), Method 8270C, <http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/8270c.pdf> (1996)
6. ASTM (American Society for Testing and Materials), D422-83 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, (1998)
7. UNESCO-WWAP (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos), El agua, una responsabilidad compartida. (2006).