



INSTITUTO
DE ECOLOGIA

U N A M

IMPACTO DE LA INTERRUPCION DEL CAUDAL ECOLOGICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

INFORME [FINAL](#)

Marisa Mazari Hiriart, Gustavo Pérez Ortiz, Ana Cecilia Espinosa García
Instituto de Ecología, UNAM. Tercer Circuito Exterior s/n Ciudad Universitaria, México DF 04510
Tel. (5255) 5622-8998; Fax (5255) 5616-1976

Septiembre del 2007

IMPACTO DE LA INTERRUPCION DEL CAUDAL ECOLOGICO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

SEGUNDO INFORME TECNICO

Marisa Mazari Hiriart, Gustavo Pérez Ortiz, Ana Cecilia Espinosa García
Instituto de Ecología, UNAM. Tercer Circuito Exterior s/n Ciudad Universitaria, México DF 04510
Tel. (5255) 5622-8998; Fax (5255) 5616-1976

Antecedentes

En la República Mexicana existe una gran diversidad de cuerpos de agua continentales que incluyen lagos, lagunas, presas y pequeños ecosistemas acuáticos de diferente origen. En los últimos años la construcción de presas se ha acelerado notablemente, debido a la topografía accidentada del suelo mexicano y a la necesidad creciente de retener los escurrimientos superficiales temporales durante la época de lluvias, las cuales tienen como finalidad el almacenamiento de agua para consumo humano, riego, control de avenidas, generación de energía eléctrica y de manera secundaria para la producción de peces de agua dulce (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

No obstante las presas o embalses artificiales provocan cambios a nivel local y regional, afectan la dinámica de las cuencas, modificando la geomorfología de áreas río abajo, la calidad del agua al alterar los flujos naturales, sedimentos y nutrientes (Moore, 2000). Así mismo, estos embalses están sometidos a un enriquecimiento paulatino de nutrientes, provocando el proceso de eutrofización. Lo que conduce a la proliferación de organismos indeseables y en casos extremos, traen consigo problemas de toxicidad (López-López y Serna-Hernández, 1999). En los embalses artificiales la eutrofización se presenta relativamente rápido por los usos a los que son sometidos, aunado a un manejo inadecuado. Por lo tanto, es indispensable el diagnóstico de las condiciones de la calidad del agua, como base para un manejo adecuado.

La calidad del agua esta determinada por sus características físicas, químicas y biológicas; la evaluación de éstas permite conocer la condición del agua y de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales mexicanas, determinar si el agua es adecuada para su uso actual o si se requiere de implementar acciones que hagan posible su aprovechamiento o un uso más eficiente del mismo.

Objetivos

1. Determinar las variables físicas; temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales (SDT), oxígeno disuelto en agua de los afluentes, presa y efluentes.
2. Determinar las concentraciones de los nutrientes esenciales, nitrógeno y fósforo, así como materia orgánica en agua de afluentes, presa y efluentes.
3. Cuantificar la presencia de coliformes fecales y enterococos fecales en agua de afluentes, presa y efluentes, como indicadores de la calidad microbiológica del agua.

Metodología

Durante el mes de agosto de 2007, se realizó un muestreo para evaluar las condiciones de calidad de agua de la temporada de lluvias, en las presas El Comalillo en el estado de Hidalgo y El Abrevadero en el estado de Morelos. En la Tabla 1 se presenta la ubicación de los sitios en los que se colectaron las muestras de agua. Es oportuno señalar que debido a que en temporada de lluvias el flujo del agua es continuo se incremento el número de muestras con respecto a la temporada de secas. Durante la temporada de secas algunas áreas principalmente del efluente no presentaron flujo de agua.

La presa El Comalillo se localiza en el municipio Atotonilco el Grande en el estado de Hidalgo y tiene como fuente de abastecimiento el Río Amajac; cuenta con una capacidad de almacenamiento de 7.7 Mm³, se aprovecha para riego de 610 ha (CNA, 2004).

La presa El Abrevadero se localiza sobre el Río Amatzinac dentro del municipio de Jantetelco en el estado de Morelos; su capacidad de almacenamiento es de 1.3 Mm³, su uso es para riego de 224 ha en beneficio de 96 familias (CNA, 2004).

Tabla 1. Geoposición de los puntos de muestreo en los embalses El Comalillo y El Abrevadero, durante época de lluvias.

Embalse	Sitio	Clave sitio	Geoposición UTM		Observaciones
El Comalillo, Hidalgo	1	CO-A11	14Q0530956	2241889	Afluente del embalse
	2	CO-A21	14Q0530890	2241781	Afluente del embalse
	3	CO-A22	14Q0530922	2241821	Afluente del embalse
	4	CO-P1	14Q0530153	2242203	Interior del embalse
	5	CO-P2	14Q0530044	2242297	Interior del embalse
	6	CO-P3	14Q0529754	2242224	Interior del embalse
	7	CO-E1	14Q0528112	2241375	Efluente del embalse
	8	CO-E2	14Q0529503	2242093	Efluente del embalse
	9	CO-E3	14Q0529501	2242096	Efluente del embalse
El Abrevadero, Morelos	1	AB-A1	14Q0526045	2062256	Afluente del embalse
	2	AB-A2	14Q0526044	2062257	Afluente del embalse
	3	AB-A3	14Q0526141	2062177	Afluente del embalse
	4	AB-P1	14Q0526043	2061895	Interior del embalse
	5	AB-P2	14Q0526161	2061643	Interior del embalse
	6	AB-P3	14Q0526235	2061456	Interior del embalse
	7	AB-E1	14Q0526253	2061104	Efluente del embalse
	8	AB-E2	14Q526272		Efluente del embalse
	9	AB-E3	14Q526281		Efluente del embalse

Acorde con el diseño del muestreo de la temporada de secas, se tomaron muestras en los mismos puntos de las tres zonas consideradas: afluente, presa y efluente.

Tabla 2. Número de muestras tomadas en las presas de acuerdo al tipo de análisis durante la temporada de lluvias.

Presa	Microbiológicos (CF y EF)	Nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Materia orgánica)
El Comalillo, Hgo.	27	27
El Abrevadero, Mor.	27	27

Métodos experimentales

La medición de los parámetros físicos: pH, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales (SDT), oxígeno disuelto, se realizó *in situ* para cada punto de muestreo utilizando un multiparámetros Sension 156 de la marca HACH.

El análisis químico de las muestras de agua se realizó con el espectrofotómetro portátil marca HACH Modelo DR2400, de acuerdo con las técnicas propuesta en el manual de operación (HACH, 2002):

- Fósforo total, método PhosVer3 con digestión ácida USEPA (0.06 a 3.50 mg/L P); método de molibdato con digestión ácida con persulfato (1 a 100 mg/L mg/L PO₄³⁻).
- Nitrógeno total, método de digestión con persulfato (10 a 50 mg/L N) (0.5 a 25.0 mg/L N).
- Carbono orgánico total (TOC), método de digestión ácida (0 a 20 mg/L)

Para llevar acabo la digestión de las muestras de fósforo total y nitrógeno total, se utilizó el digestor Digital Reactor Block 200 de la marca HACH Modelo DRB200.

Las muestras de agua colectadas en las presas fueron analizadas siguiendo el método de filtración a través de membrana, para la cuantificación de coliformes fecales y enterococos fecales (Murray, 1995; APHA, 2005). Se utilizaron membranas de 0.45 µm (acetato de celulosa Millipore MF tipo HA,

Millipore Corp. Bedford, MA, USA). Debido a que se trataba de muestras ambientales se decidió filtrar muestras de 100 mL directamente (procedimiento propuesto para agua limpia/potable) y diluciones con el fin de cuantificar la colonias de bacterias (1:10, 1:100) en buffer de fosfatos a pH 7. Se homogenizaron las muestras diluidas con un vortex GENIE Modelo SI-T236 y se filtraron a través de membrana. Las membranas fueron colocadas en medios de cultivo selectivos, Agar M-FC (Becton Dickinson, Cockeysville, MD, USA) para coliformes fecales y Agar KF (Becton Dickinson, Cockeysville, MD, USA) para enterococos fecales.

Los coliformes fecales se incubaron a 44.5 ± 0.5 °C durante 24 horas, y los enterococos fecales a 35 ± 0.5 °C por 48 horas (Murray, 1995 y APHA, 2005), después se cuantificaron y se reportaron en unidades formadoras de colonias en 100 mL (UFC/100 mL).

Resultados

Muestreo de época de lluvias

En cuerpos de agua que se localizan en zonas donde son marcados los cambios de las temporadas de secas y de lluvias, se espera que se presente un proceso de concentración de nutrientes y de contaminantes, básicamente por la disminución del volumen de agua. En cuerpos de agua artificiales, como las presas, también se ha reportado este proceso de concentración (Brismar, 2002), debido a la retención del agua y a la modificación de los procesos asociados con el flujo, que finalmente afectan las características fisicoquímicas del agua (Brismar, 2002)

De la misma manera que en el Primer Informe, debe señalarse que los datos que se presentan en este Segundo Informe son parciales, corresponden únicamente a la temporada de lluvias, por tanto no reflejan la dinámica de un ciclo anual, en lo referente a calidad del agua. Esta visión global se presentará en el Informe Final, en el que se analicen los datos obtenidos en ambos muestreos.

La temperatura del agua que se registró en El Comalillo estuvo entre 21.6°C y 25.7°C, mientras que para El Abrevadero las temperaturas fueron mayores, entre 27.6°C y 30.6°C (Figura 1).

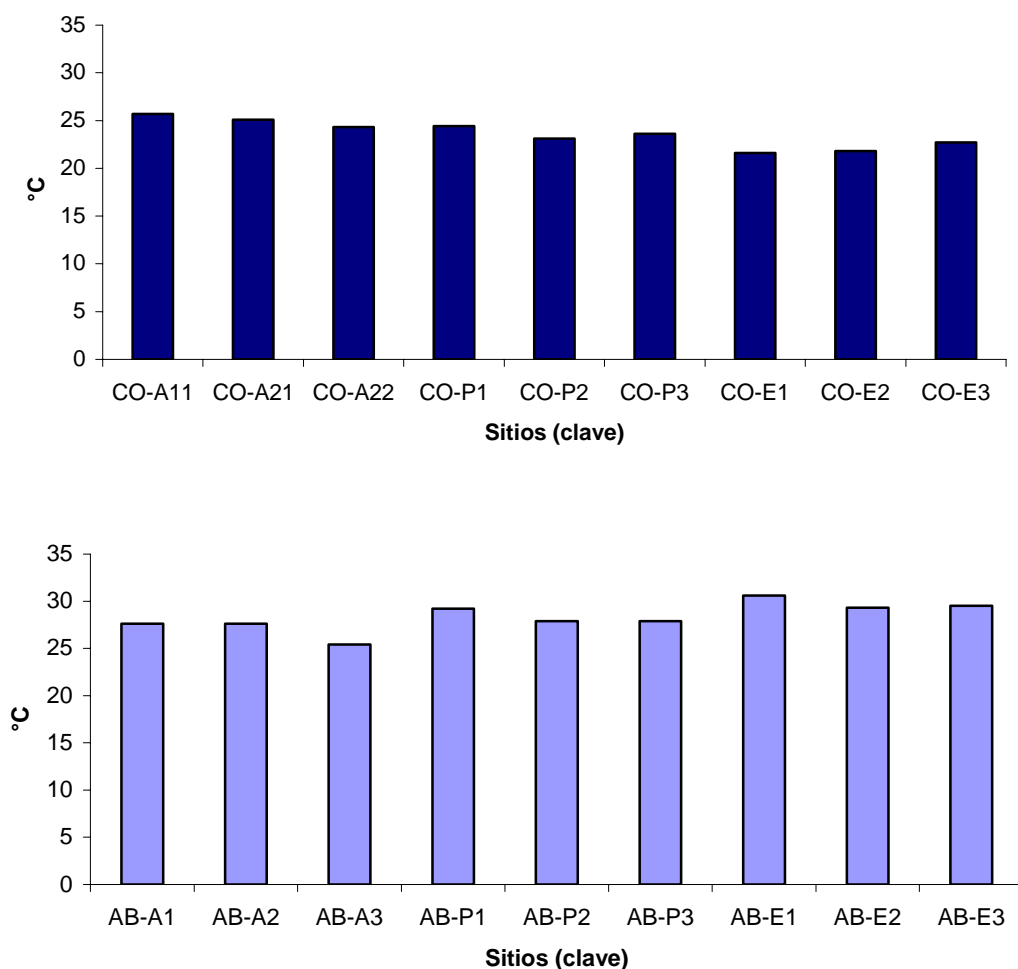


Figura 1. Temperatura del agua registrada durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

Considerando ambos embalses los registros de pH oscilaron entre 7.72 y 9.47. Generalmente en sistemas naturales abiertos el pH se encuentra entre 6.5 y 8 (Wetzel, 1981). En esta temporada de lluvias los dos embalses presentan como promedio valores de pH mayores a 8, con una tendencia a la alcalinidad, lo que

podría afectar a los organismos acuáticos, disminuyendo sus actividades metabólicas (Lampert y Sommer, 1997) (Figura 2).

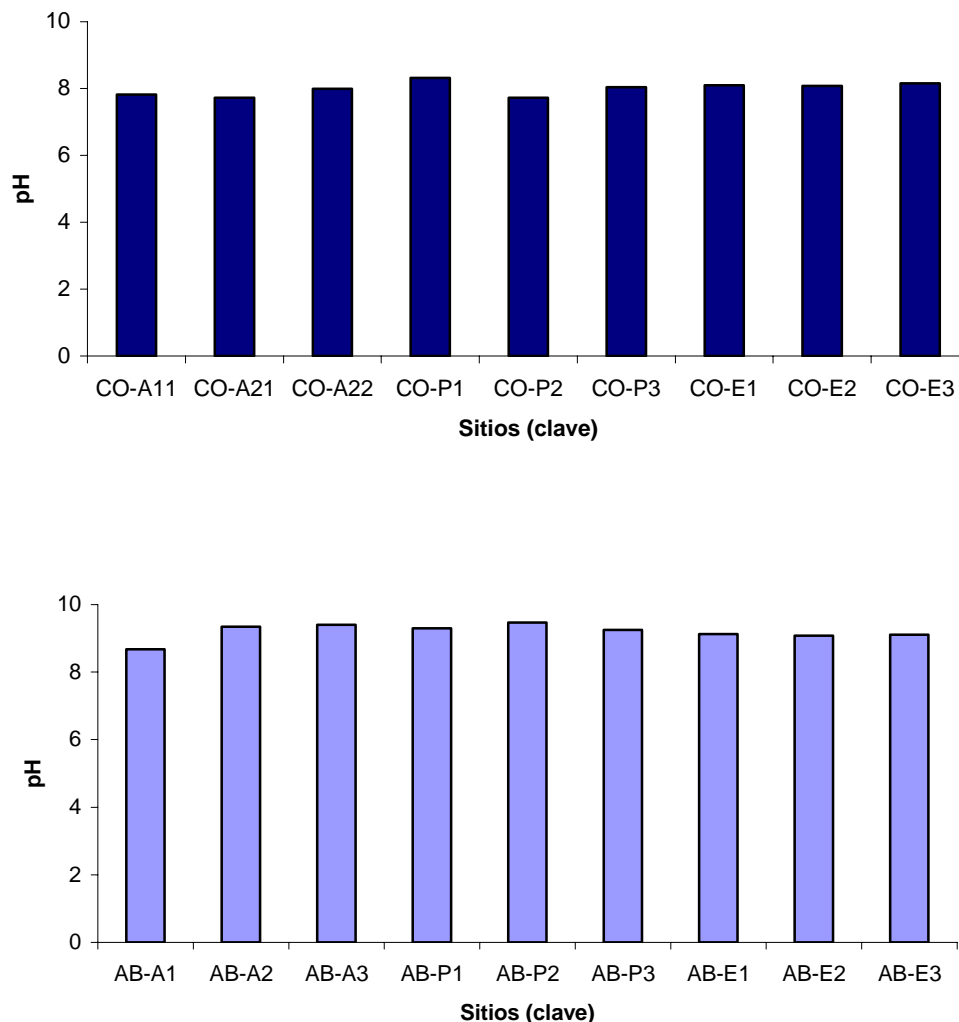


Figura 2. Valores de pH registrados en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

La conductividad eléctrica del agua se registró entre 165.3 y 287 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este último del afluente de El Abrevadero. Como puede observarse en la Figura 3 no se registraron grandes variaciones entre las secciones estudiadas en cada embalse. Cabe señalar que la conductividad nos puede proporcionar información acerca del nivel de contaminación del agua, para agua potable y agua residual de

origen doméstico, ha sido reportada entre 50 y 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para aguas con desechos industriales, alcanza 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (APHA, 2005) (Figura 3).

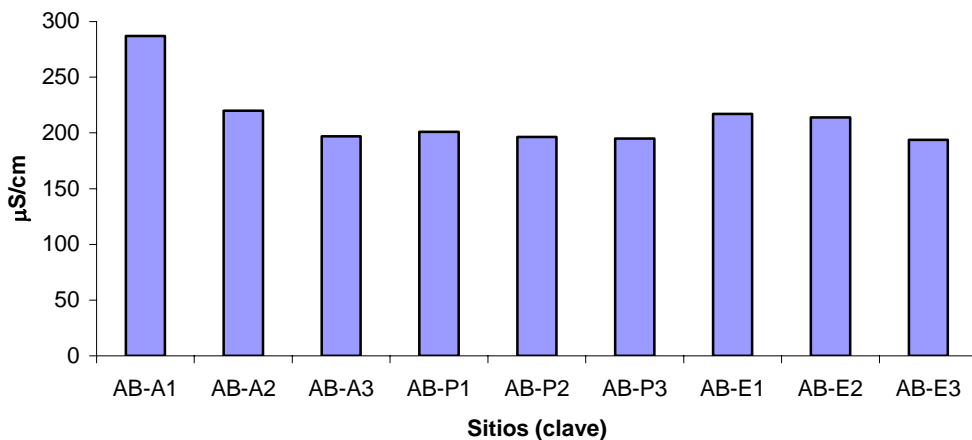
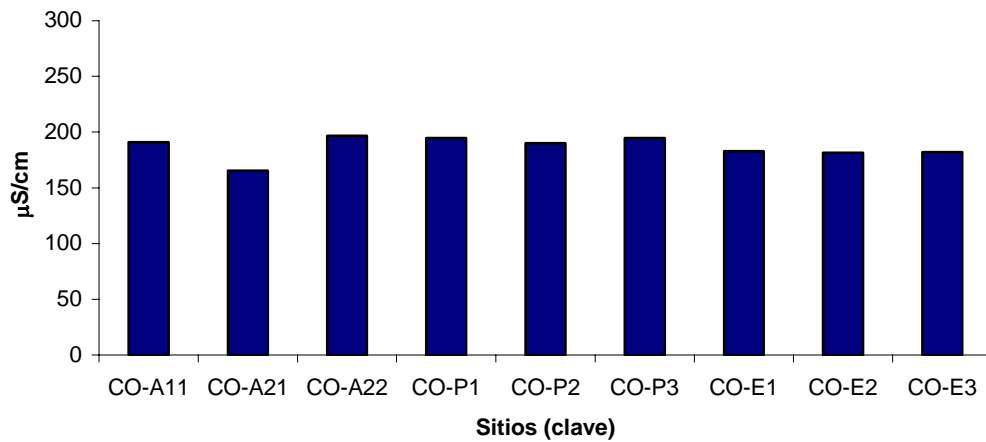


Figura 3. Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrados en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

La salinidad que se registró en ambas presas durante ésta temporada fue de cero, a excepción de un sitio del afluente de la presa El Abrevadero donde el nivel fue de 0.1 mg/L.

Con respecto a los sólidos disueltos totales, los valores que se registraron se encuentran entre 78.1 mg/L y 136.7 mg/L. Es interesante señalar que mientras

que en El Abrevadero las concentraciones de SDT son mayores para la sección de afluente, en la presa El Comalillo se registraron concentraciones muy parecidas en todas las secciones (Figura 4).

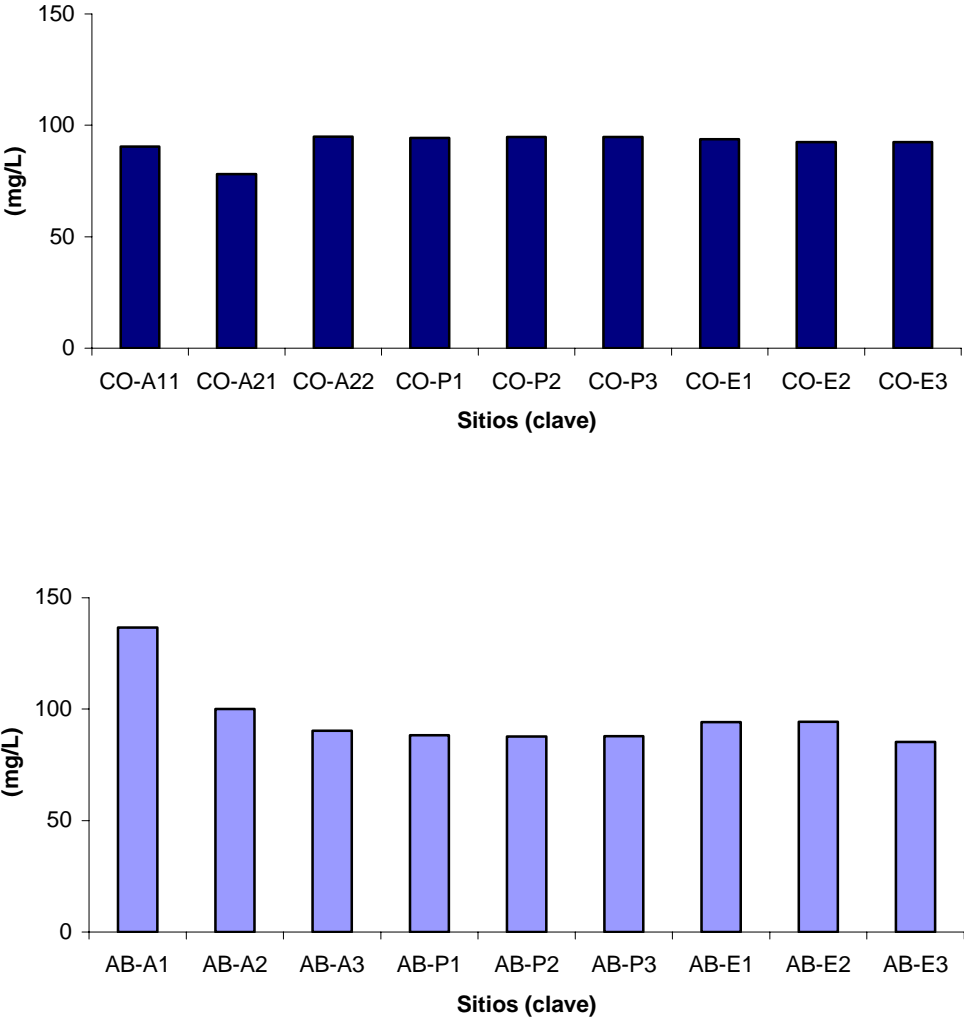


Figura 4. Valores de sólidos disueltos totales (SDT) (mg/L) registrados en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

Las concentraciones de oxígeno disuelto que se registraron en la temporada de lluvias se encuentran entre 4.09 y 9.20 mg/L, sin que se observe diferencia aparente entre ambos embalses. En ambas presas se registraron concentraciones

mayores a 4 mg/L, lo que refleja un agua en buenas condiciones y permite el desarrollo adecuado de los organismos acuáticos (Figura 5).

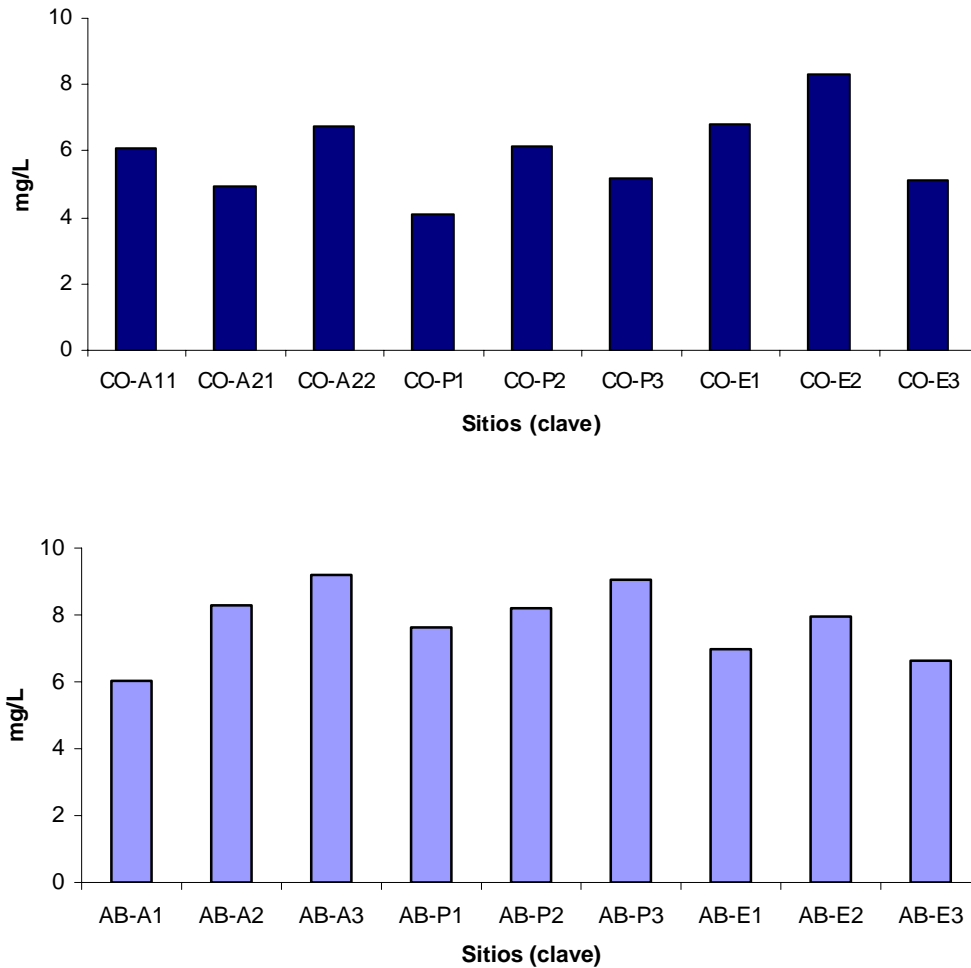


Figura 5. Valores de oxígeno disuelto (mg/L) registrados en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

En lo que se refiere a los nutrientes, los niveles de fósforo total oscilaron entre 0.2 y 18 mg/L. Cabe destacar que las concentraciones más altas corresponden a El Abrevadero y en particular a las muestras del afluente. Se considera que en sistemas acuáticos poco perturbados el fósforo total no supera 1 mg/L (Wetzel, 1981; Margalef, 1983), en este caso ambos embalses rebasan este nivel; en

algunas secciones de El Comalillo y en todas las secciones de El Abrevadero. (Figura 6).

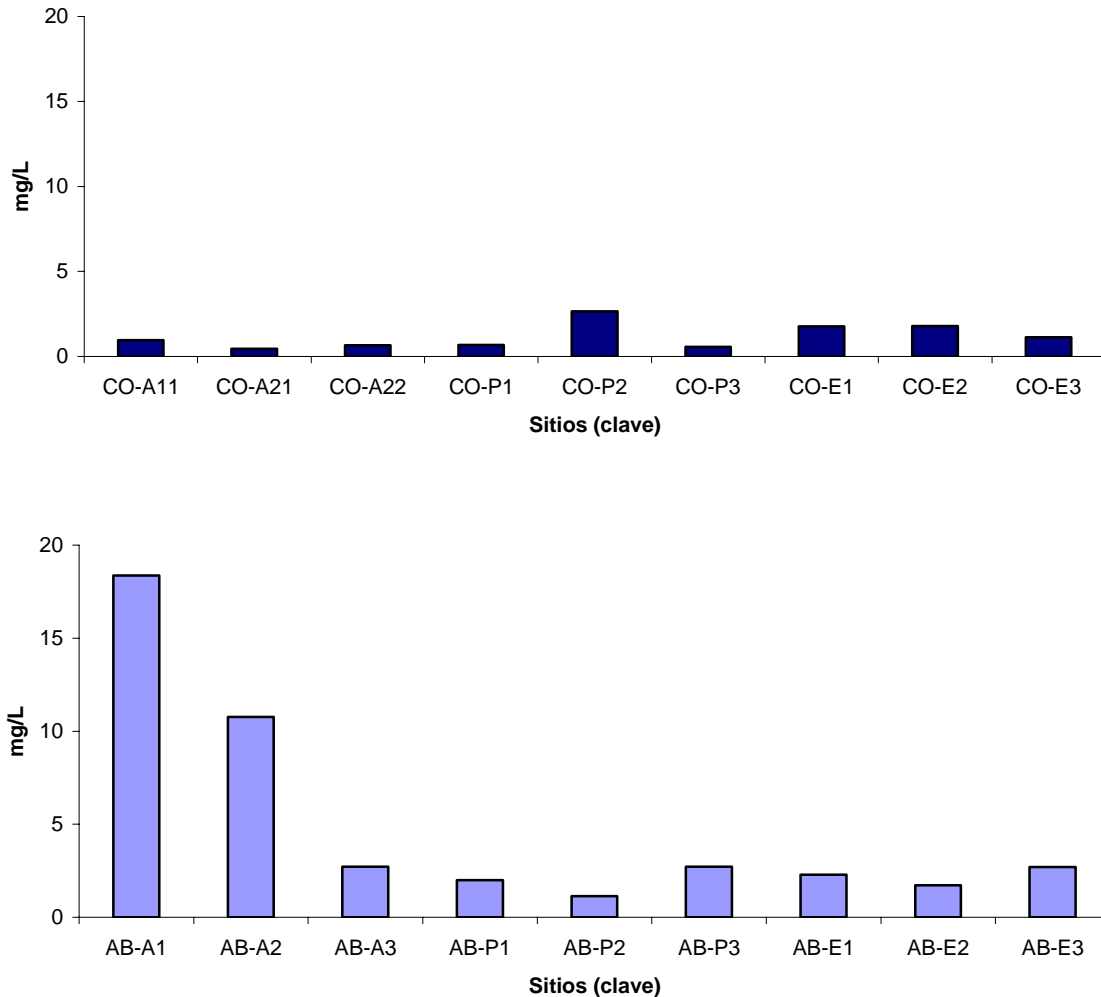


Figura 6. Concentraciones promedio de fósforo total (mg/L) en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

En ambos embalses el nitrógeno total, se cuantificó entre 0.1 y 2.17 mg/L. Existe diferencia entre ambas presas, sin embargo, El Abrevadero presentó los valores más altos de nitrógeno total en su afluente (2.17 mg/L) y efluente (2.03 mg/L) (Figura 7).

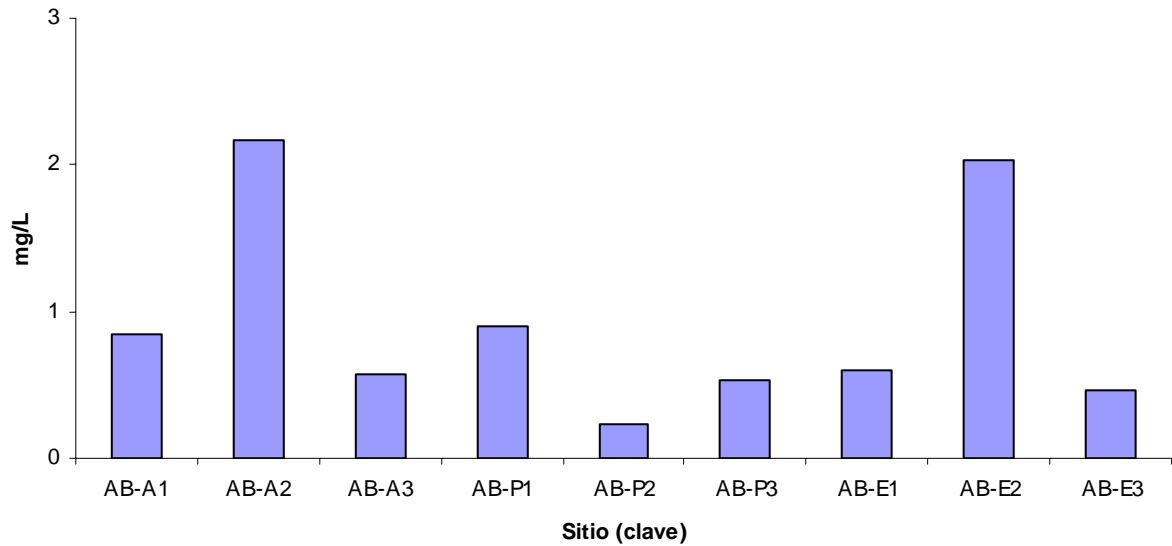
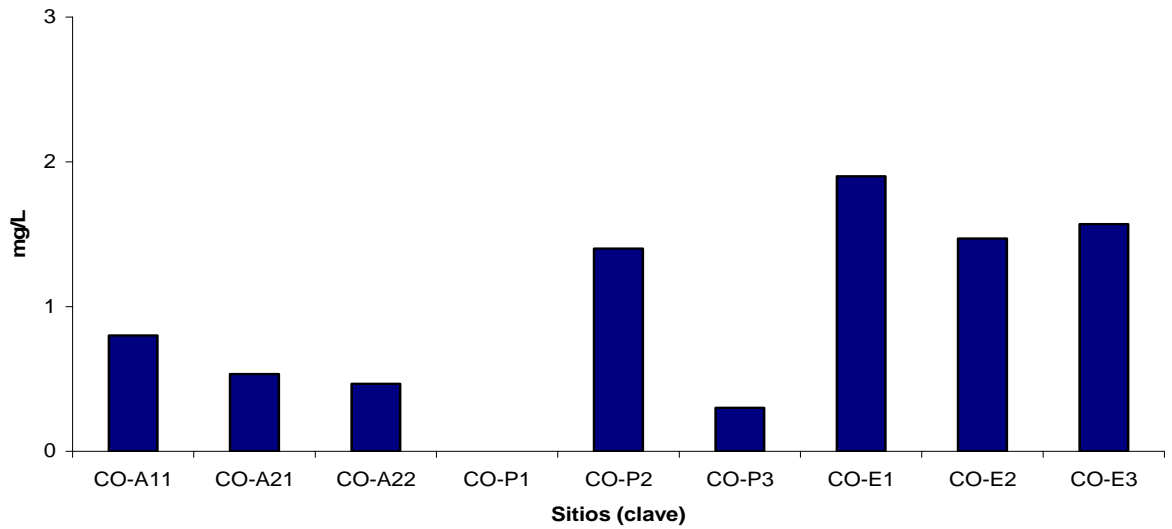


Figura 7. Concentraciones promedio de nitrógeno total (mg/L) en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

El análisis de carbono orgánico total (COT) de las muestras de ambas presas se encuentra en proceso.

En cuanto al análisis microbiológico del agua, los conteos de coliformes fecales, muestra que en El Abrevadero, los conteos mas elevados fueron en las muestras del afluente y que en general hay una mayor concentración de coliformes fecales

con respecto a lo registrado en El Comalillo. Por otro lado, en El Comalillo los conteos fueron menores a 1000 UFC/100 mL con excepción de la sección de afluente donde rebasan 10,000 UFC/100 mL (Figura 8).

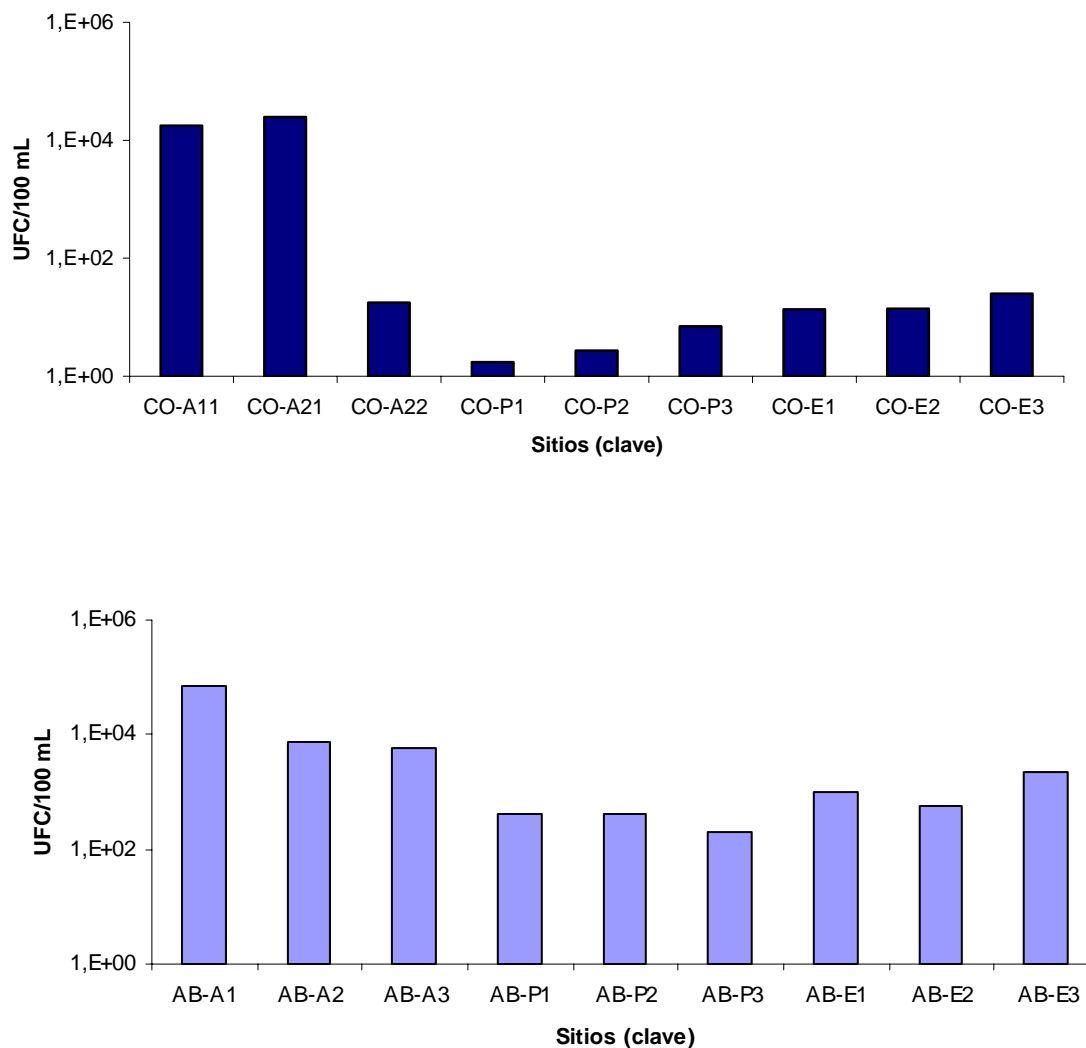


Figura 8. Media geométrica de los conteos de bacterias coliformes fecales (UFC/100 mL) en muestras de agua durante la temporada de lluvias en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

En esta temporada de lluvias los conteos de enterococos fecales en la presa El Comalillo fueron menores a 100 UFC/100 mL en el interior de la presa y en el efluente, no obstante que en el afluente los conteos rebasaron 10,000 UFC/mL. En El Abrevadero se observó una contaminación un tanto homogénea debido a que

en el interior de la presa los conteos fueron mayores a 100 UFC/100 mL y en el afluente el conteo mas grande fue de 4760 UFC/100 mL (Figura 9).

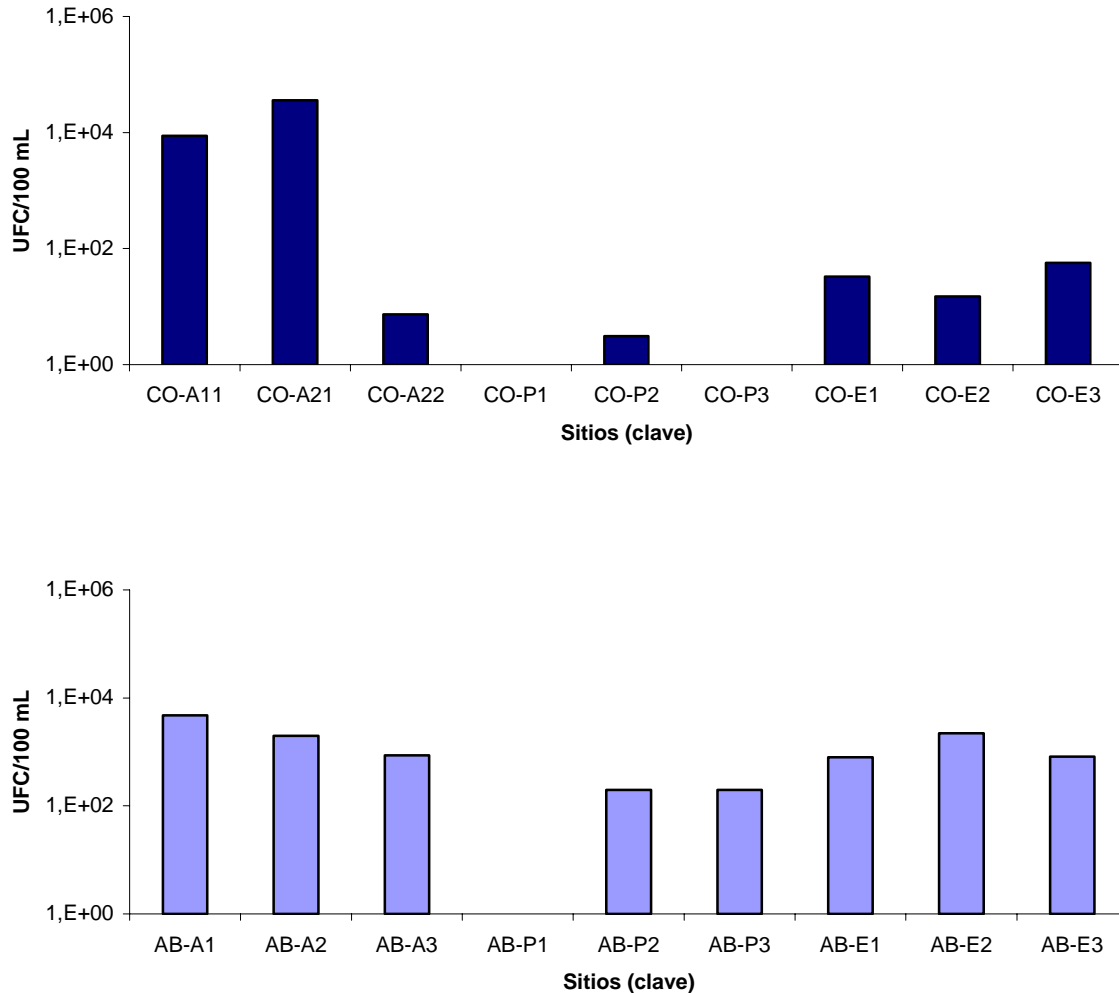


Figura 9. Media geométrica de los conteos de enterococos fecales (UFC/100 mL) en muestras de agua durante la temporada de secas en las presas El Comalillo, Hgo. (arriba) y El Abrevadero, Mor. (abajo).

Conclusiones

Las diferencias entre las tres secciones de cada presa: afluente, presa y efluente, con respecto a los parámetros evaluados muestran que, al igual que en la

temporada de secas, la interrupción del caudal tiene efecto sobre la calidad del agua.

Durante la temporada de lluvias la presa El Comalillo presentó características fisicoquímicas y microbiológicas que muestran una mejor calidad del agua con respecto a El Abrevadero. Esta misma tendencia fue observada durante la temporada de secas.

En general durante lluvias, los afluentes presentan las concentraciones de nutrientes y conteos bacterianos mayores, con respecto al interior de las presas y sus efluentes, lo que podría relacionarse con el arrastre de material durante la temporada de lluvias.

Referencias

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environmental Federation (WEF). 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. United Book Press. Washington.

Arredondo-Figueroa, J. L. y A. Flores-Nava. 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales. Su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica* 3-4: 1-10.

Brismar, A. 2002. River systems as providers of good and services: a basis for comparing desired and undesired effects of large dam projects. *Environmental Management* 29: 598-609.

Comisión Nacional del Agua (CNA), 2004. Evaluación de resultados del Programa S082. "Ampliación de Unidades de Riego". Informe Final. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola.

Lampert, W. y U. Sommer. 1997. *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford University Press. New York. 382 p.

López-López, E. y J. A. Serna-Hernández. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Revista de Biología Tropical*. 47 (4): 643-657.

Margalef, F. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona, España. 1010 p.

Moore, D. 2000. Those dammed wetlands. *National Wetlands Newsletter* 22: 1-

21.

Murray, P. R., E. J. Baron, M. A. Pfaller, F. C. Tenover y R. H Yolken. (eds). 1995. *Manual of Clinical Microbiology*. American Society for Microbiology. Washington DC: 1482 p.

Wetzel, G. R. 1981. *Limnología*. Omega. Barcelona España. 679 p.

World Health Organization (WHO), 2006. *Guidelines for drinking-water quality*. Vol 1. WHO Press, Geneva, Switzerland.

Anexo 1. Valores promedio registrados para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en el agua de los embalses El Comalillo y El Abrevadero, durante la época de lluvias.

Parámetro	Unidad	Embalse																	
		El Comalillo, Hidalgo									El Abrevadero, Morelos								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sitio Clave	CO-A11	CO-A21	CO-A22	CO-P1	CO-P2	CO-P3	CO-E1	CO-E2	CO-E3	AB-A1	AB-A2	AB-A3	AB-P1	AB-P2	AB-P3	AB-E1	AB-E2	AB-E3	
pH		7.82	7.72	7.99	8.32	7.72	8.04	8.10	8.08	8.15	8.67	9.35	9.40	9.30	9.47	9.25	9.13	9.08	9.11
Temperatura	°C	25.7	25.1	24.3	24.4	23.1	23.6	21.6	21.8	22.7	27.6	27.6	25.4	29.2	27.9	27.9	30.6	29.3	29.5
Conductividad	µs/cm	190.9	165.3	196.7	194.5	190.1	194.5	182.9	181.5	182.0	287.0	220.0	197.0	201.0	196.4	195.0	217.0	214.0	193.7
Oxígeno disuelto	mg/L	6.10	4.96	6.77	4.09	6.16	5.21	6.83	8.34	5.13	6.03	8.29	9.20	7.63	8.20	9.05	6.98	7.95	6.63
Salinidad	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0
SDT	mg/L	90.4	78.1	94.9	94.3	94.7	94.7	93.7	92.4	92.4	136.7	100.1	90.3	88.3	87.7	87.8	94.2	94.3	85.2
CF (media geométrica)	UFC/100 mL	17622	24864	18	2	3	7	14	14	25	72062	7320	5956	400	400	200	1000	566	2212
EF (media geométrica)	UFC/100 mL	8759	36024	7	1	3	1	33	15	57	4760	1990	865	1	200	200	800	2207	824
N total promedio	mg/L	0.80	0.53	0.47	0.1	1.40	0.30	1.90	1.47	1.57	0.85	2.17	0.57	0.90	0.23	0.53	0.60	2.03	0.47
P total promedio	mg/L	0.96	0.46	0.66	0.69	2.65	0.56	1.76	1.78	1.12	18.37	10.77	2.71	2	1.14	2.71	2.29	1.72	2.70

ND: No Detectable, SDT: Sólidos Disueltos Totales.