



PRO Valle

DICIEMBRE 13 • NÚMERO 16



BOLETÍN DEL PATRONATO
PRO Valle DE BRAVO A.C.

Calle del Depósito #204, Centro
51200 Valle de Bravo
Estado de México

Información:
(01726) 26 21 041 ó 26 21 039
provalle@prodigy.net.mx
www.provalle.org

EN ESTE NUMERO:

1- NUESTRO LAGO

2-5 NUESTRO LAGO 6^{TA} PARTE:
EL VALOR DEL MONITOREO

6-7 GRÁFICAS DE
ALMACENAMIENTO
Y PRECIPITACIÓN (LLUVIAS)

8-12 NUESTRO LAGO
6^{TA} PARTE



Nuestro Lago Valle de Bravo

Amigos Vallesanos,

Cerramos el año con un boletín dedicado en su totalidad al diagnóstico de nuestro lago de Valle de Bravo.

En Pro-Valle llevamos más de 28 años dedicados a revertir el deterioro que ha sufrido el lago y para eso necesitamos:

- 1) entender los diferentes parámetros que inciden en la calidad y cantidad de agua del lago
- 2) incidir en y provocar la regularización y reglamentación de los diferentes factores que afectan al lago.

En estas páginas el trabajo hecho por los científicos de la UNAM, encabezados por los miembros de Pro-Valle, Martín Merino y Jorge Ramírez, nos permite entender mejor lo que sucede y tener las bases para poder de la mano con los diferentes niveles de gobierno lograr nuestro objetivo: un lago limpio, lleno de agua limpia, con todos observando las leyes y reglamentos vigentes.

Somos varios los involucrados en este esfuerzo, con apoyo incondicional de ciertos sectores del gobierno, y cierta apatía pasajera en otros, contraste que en general depende de las personas físicas que se encuentran en puestos clave.

- a) A nivel federal la SEMARNAT (principalmente la CONAGUA pero también la CONANP y la PROFEPA), la SCT (dirección de Puertos y dirección de Marina Mercante),
- b) A nivel estatal la Secretaría del Agua y la Caem
- c) A nivel municipal la presidencia municipal y el organismo APAS
- d) A nivel ciudadanos vallesanos el Comité de Operación del Lago, un consejo ciudadano formado por la SCT de donde emanan las recomendaciones y conclusiones para lograr el lago que todos soñamos, el lago que merecemos los vallesanos, no el que beneficia intereses particulares afectando al interés general.

Nuestro éxito depende de la armonía que podamos lograr entre todas las partes involucradas. Salvo algunas excepciones en ciertos momentos, hemos contado con el apoyo de casi todos y de nosotros depende convencer a los incrédulos de la importancia del éxito de nuestra gestiones.

Gracias a los que creen en nosotros. Gracias a los que nos apoyan.



DIRECTORIO

ALBERTO DANA S.

GERARDO LOZANO

PABLO RUIZ GALINDO
PRESIDENTES

ANTONIO GARCÍA

PEDRO BALLESTEROS
CONSEJO EDITORIAL

DIRECTOR *ProValle*

Las declaraciones y comentarios de los entrevistados, colaboradores y columnistas expresan su opinión personal y no reflejan necesariamente el punto de vista de *ProValle*, A.C.

**Cuidemos nuestros bosques.
Impreso en papel reciclable**

Agradecemos a ColorFast por haber patrocinado esta edición de *ProValle*



Diseño e impresión:
ColorFast, S.A. de C.V.
Geranio 307, Col. Santa María
Insurgentes C.P. 06430,
México D.F.
Tel.: 52 54 26 11
www.colorfast.com.mx

2

ProValle

Nuestro Lago

6^{ta} parte

El valor del monitoreo

POR JORGE RAMÍREZ-ZIEROLD, MARTÍN MERINO-IBARRA, PATRICIA VALDESPINO-CASTILLO, SERGIO CASTILLO, VILMA ARDILES, EMILIANO MONROY-RÍOS, LUZ MARÍA LÓPEZ, JOSÉ GERARDO QUINTANILLA, JORGE JIMÉNEZ, MARÍA ELENA VALERIANO, GLORIA VILA CLARA Y JAVIER CARMONA.

En publicaciones anteriores de NUESTRO LAGO explicamos que en la superficie de nuestro lago el crecimiento de microalgas produce materia orgánica que al hundirse agota el oxígeno en la capa del fondo (2° capítulo de NUESTRO LAGO publicado en marzo de 2005; número 3) y libera nutrientes de nitrógeno y fósforo que favorecen el crecimiento de nuevas masas de microalgas y bacterias. Si además arrojamos al lago materia orgánica (como restos fecales) a través de los ríos y los drenajes, aumentamos la cantidad de nutrientes (4° capítulo de NUESTRO LAGO publicado en diciembre de 2005; número 6) y aceleramos todavía más el consumo de oxígeno. Esto puede convertirse en un riesgo importante para nuestra salud y la del ecosistema, debido a que deterioramos su equilibrio natural y dificultamos su recuperación. En suma, son los ríos y sobre todo los drenajes, las fuentes principales que introducen a los lagos materiales (de nitrógeno y de fósforo) disueltos y particulados (incluyendo bacterias). Es a estas cantidades a las que llamamos aportes externos o alóctonos. Así, la composición y la cantidad de dichos aportes influyen importantemente en la calidad del agua del lago (5° capítulo de NUESTRO LAGO publicado en marzo de 2007; número 9).

Por ello, algunos miembros de ProValle que nos dedicamos al estudio de los sistemas acuáticos hemos generado, en colaboración con otros científicos de la UNAM, conocimientos clave sobre los procesos que ocurren en el lago e información pertinente para atender los problemas ambientales en Valle de Bravo. Se sabe ahora que el embalse tiene un ciclo anual de estratificación y mezcla: de noviembre a febrero el embalse se mantiene homogéneo pero, de marzo a octubre, se forman dos capas relativamente aisladas entre sí (3° capítulo de NUESTRO LAGO publicado en septiembre de 2005; número 5). Este ciclo tiene variaciones inter e intra anuales que dependen de los cambios climáticos y particularmente del nivel del lago.



El problema del lago

Valle de Bravo es uno de los embalses mexicanos con serios problemas de **eutrofización**, que está asociada a elevadas concentraciones de **nitrógeno**, **fósforo** y **materia orgánica**. Las causas de la eutrofización son diversas, y se deben a una diversidad de actividades poco reguladas en diversos ámbitos de la cuenca, entre los que se incluyen:

- 1) El vertimiento de aguas no tratadas o insuficientemente tratadas hacia los ríos de la cuenca o directamente al lago, 2) las descargas directas de las zonas habitacionales, que no cuentan con servicio de drenaje o de fosas sépticas y, que infiltran al subsuelo aguas contaminadas, 3) El arrastre de los excesos de fertilizantes, pesticidas y herbicidas empleados en las zonas dedicadas a la agricultura, que llegan a los arroyos debido al escurrimiento y finalmente son transportados a la presa y 4) El empleo de agua de manera poco controlada por las granjas dedicadas a la piscicultura, que vierten a los ríos y arroyos los contaminantes generados por los alimentos y desechos de las truchas.



Todas estas actividades generan una carga de materia orgánica (en particular de los dos elementos que regulan la condición trófica, que son el fósforo y el nitrógeno), cuya adición en exceso a la presa causa la eutrofización de la misma.



¿Qué nos muestra el monitoreo del lago hasta ahora?

En este número presentamos un resumen de las principales acciones de monitoreo y algunos de los síntomas e impactos que hemos identificado en el lago a partir de los aspectos que ha monitoreado la UNAM hasta ahora, y cuyo seguimiento pretende el proyecto **“Monitoreo hídrico permanente con participación social para la recuperación sustentable de la calidad y cantidad de agua en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo”** de Provalle:

1) Análisis y evolución del balance de agua de la presa de Valle de Bravo.

Uno de los objetivos del monitoreo y análisis del balance de agua en la cuenca es entender con mayor claridad las variaciones en el nivel de la presa y el origen de las mismas. En la Figura 1 se muestra la evolución del almacenaje de agua en la presa desde 2001 hasta la fecha, donde puede apreciarse que este año presentó una marcada disminución del nivel de agua en el primer semestre del año, similar a 2009. Sin embargo, desde el mes de junio comenzó a observarse una tendencia de recuperación del nivel que principalmente se debió al incremento en las operaciones de inyección de agua desde la presa de Colorines, aunado a las intensas lluvias de temporada en la región.

4

PROValle

Actualmente el nivel del embalse se encuentra a un 89% y se estima que el podría alcanzar su máximo nivel hacia mediados del mes de enero de 2014.

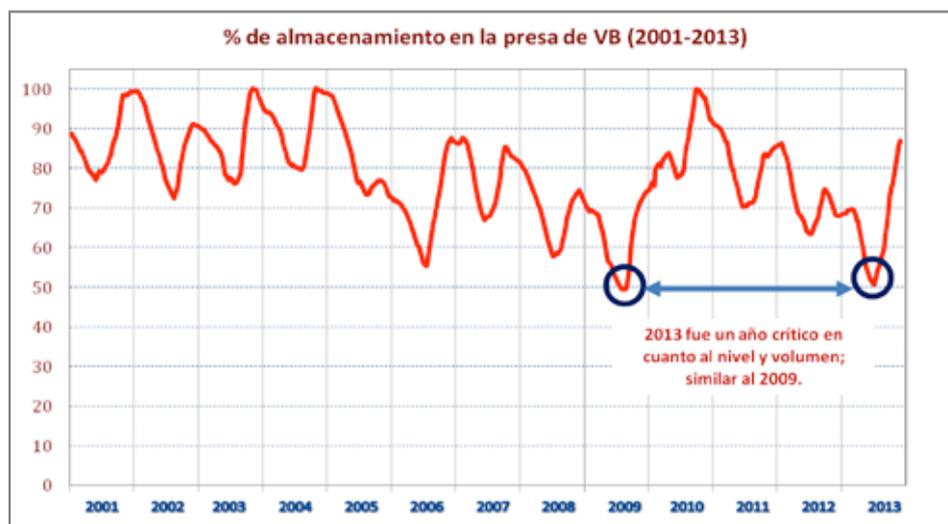
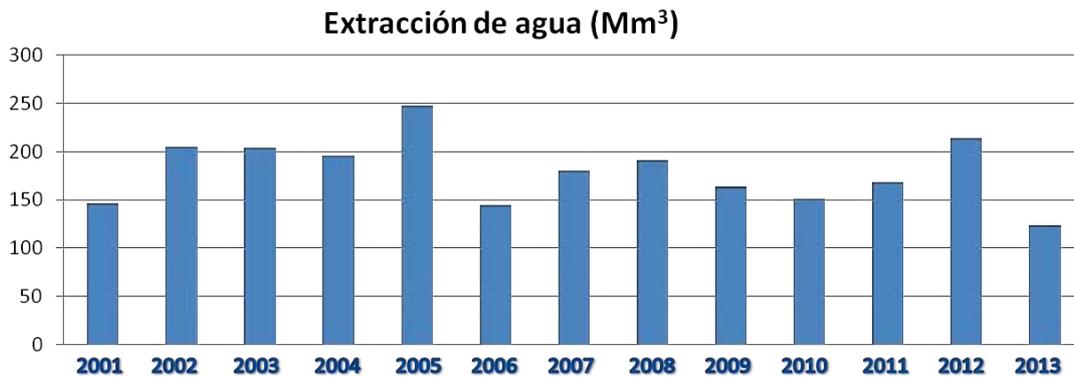


FIGURA 1. VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA EN LA PRESA (% RESPECTO A SU MÁXIMA CAPACIDAD) EN EL PERÍODO 2001 A 2013. ELABORADO CON BASE EN DATOS DE LA SUBGERENCIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO. ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO. CONAGUA.



Los otros dos componentes esenciales del balance de agua en la presa Valle de Bravo tienen que ver con la gestión del sistema Cutzamala en su conjunto, y son la extracción de agua de la presa de VB (Figura 2) y la inyección que se le realiza a la misma, desde la presa de Colorines, con agua proveniente de otras presas (El Bosque, Tuxpan, etc.) (Figura 3).



5

PROValle

FIGURA 2. VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ANUAL DE AGUA (MILLONES DE METROS CÚBICOS) DE LA PRESA DE VB DURANTE EL PERÍODO DE 2001 A 2013 (ACTUALIZADO HASTA EL 19 DE NOVIEMBRE DE 2013). ELABORADO CON BASE EN DATOS DE LA SUBGERENCIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO. ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO. CONAGUA.

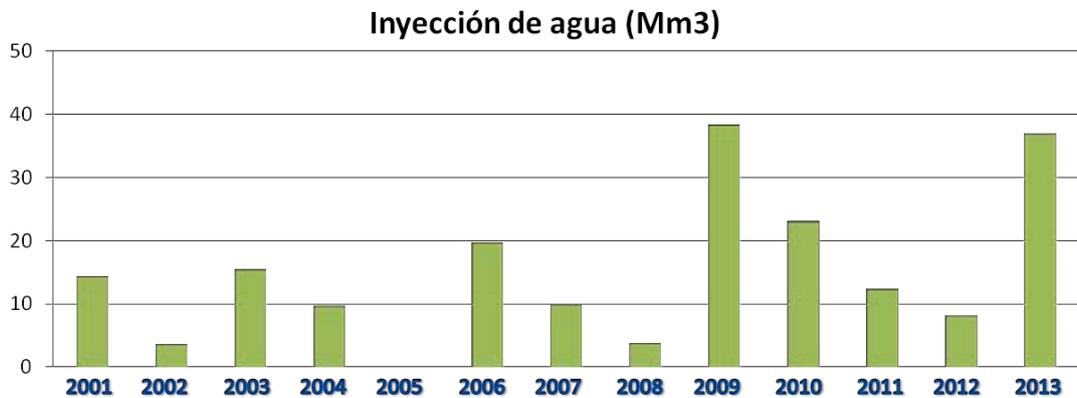


FIGURA 3. VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE INYECCIÓN ANUAL DE AGUA (MILLONES DE METROS CÚBICOS) A LA PRESA DE VB DESDE LA DE COLORINES DURANTE EL PERÍODO DE 200 A 2013 (ACTUALIZADO HASTA EL 19 DE NOVIEMBRE DE 2013). ELABORADO CON BASE EN DATOS DE LA SUBGERENCIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO. ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO. CONAGUA.

El análisis del balance de agua muestra que la recuperación del nivel de la presa de junio a la fecha se debe a que la extracción de agua de Valle de Bravo ha sido mínima en 2013, así como a un gran volumen de agua de inyección de la presa de Colorines.



2) Monitoreo de las descargas de nitrógeno y fósforo por los ríos, drenajes e inyección.

Para evaluar la presión de eutrofización sobre la presa, es necesario el monitoreo de las descargas de fósforo y nitrógeno que recibe. A su vez, la cuantificación de las descargas provenientes por cada uno de los afluentes es pertinente para señalar las fuentes y los eventos que ocurren en los mismos. El registro en el tiempo de estas descargas ha evidenciado interesantes aspectos del origen de la contaminación en Valle de bravo, entre ellos los siguientes:

- Las descargas presentan importantes variaciones en el corto plazo, con incrementos súbitos, como los observados en abril de 2003, en junio de 2005, de octubre 2010 hasta junio de 2011 y, recientemente, en abril de 2012. La detección de estos picos, permitió identificar la ruptura de los drenajes del río Tizates y la gestión oportuna de su reparación (Figura 4).
- Además de las variaciones súbitas, en promedio las descargas han aumentado considerablemente respecto a las cifras disponibles de períodos anteriores. Entre 1992 y 2005 casi se triplicaron, al incrementarse en un 276%, lo que subraya la urgencia de atender esta situación.
- Hasta ahora, el río Amanalco y los drenajes del pueblo de Valle de Bravo han sido las principales rutas de descarga a VB, aunque con importantes variaciones. En el caso del fósforo, entre el 55 y el 58% proviene del río Amanalco, mientras que el 29% proviene de las descargas del pueblo, entre las que destaca el río Tizates.

6

PROValle

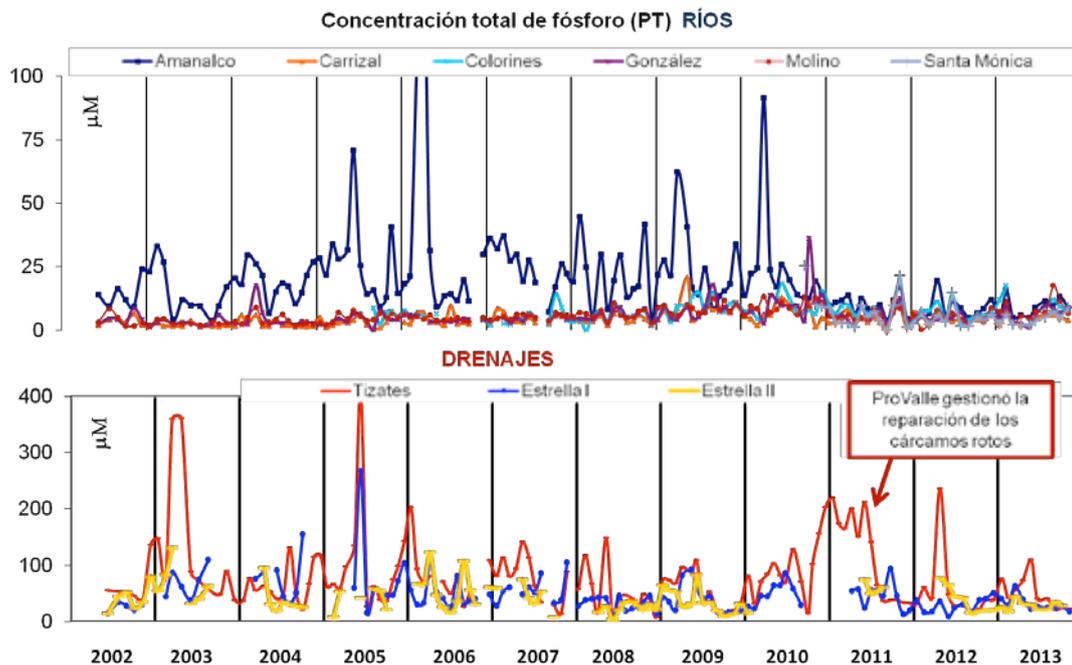
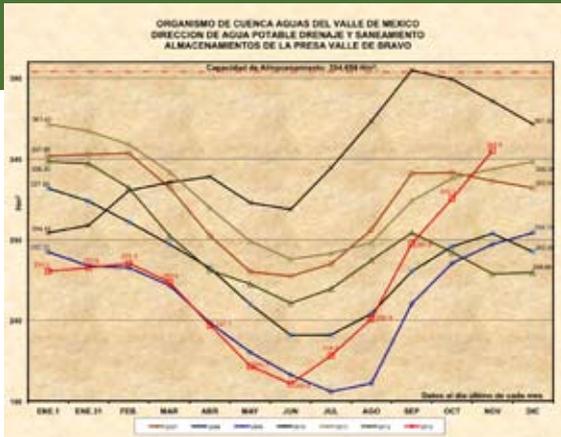
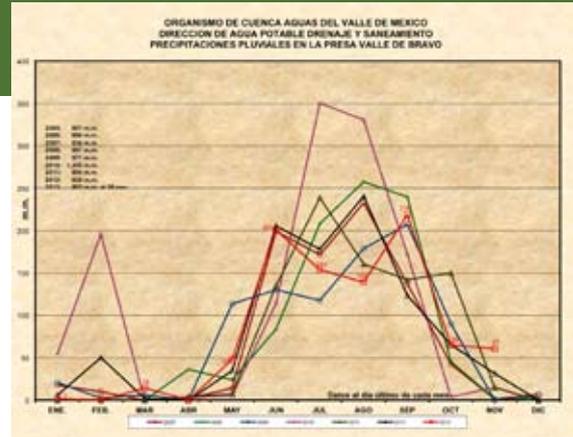


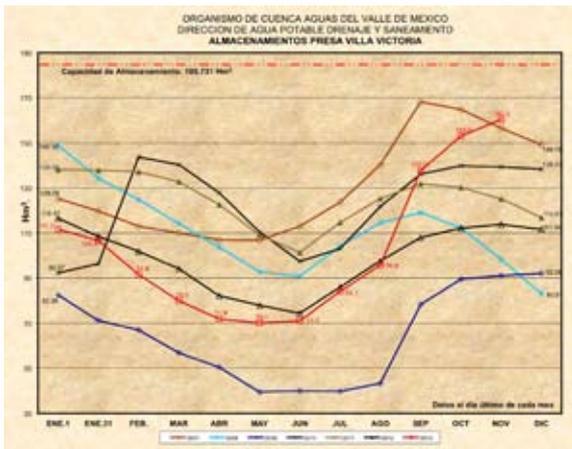
FIGURA 4. LAS VARIACIONES DE FÓSFORO (Y NITRÓGENO) EN RÍOS Y DRENAJES DE VALLE DE BRAVO MUESTRAN CAMBIOS IMPORTANTES EN LAS ACTIVIDADES HUMANAS DE LA CUENCA. LA RELACIÓN DE CONCENTRACIONES DE FÓSFORO Y DE NITRÓGENO ENTRE LOS DRENAJES Y LOS RÍOS CONTINÚA SIENDO DE 4:1. DATOS GENERADOS POR LA UNAM ACTUALIZADOS A NOVIEMBRE DE 2013.



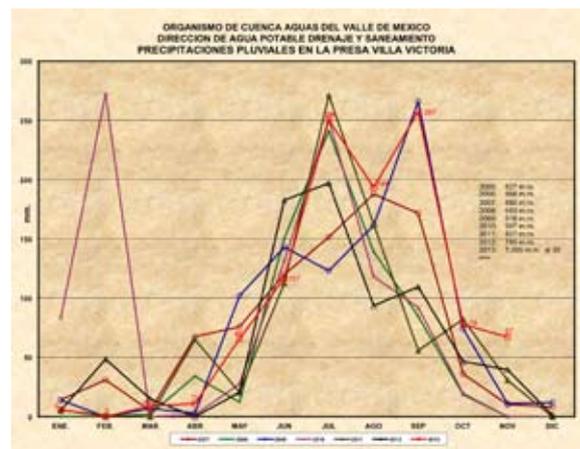
ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO
ALMACENAMIENTOS DE LA PRESA VALLE DE BRAVO



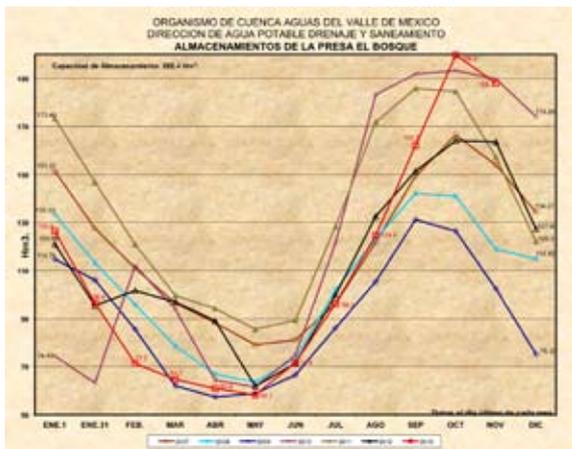
ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO
PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA PRESA VALLE DE BRAVO



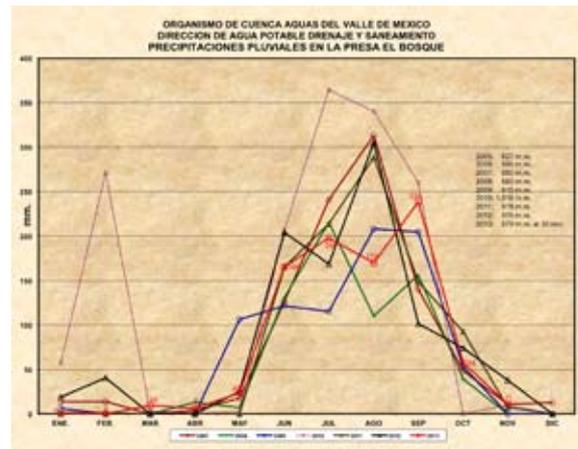
ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO
ALMACENAMIENTOS PRESA VILLA VICTORIA



ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO
PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA PRESA VILLA VICTORIA



ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO
ALMACENAMIENTOS DE LA PRESA EL BOSQUE



ORGANISMO DE CUENCA AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
DIRECCION DE AGUA POTABLE DRENAJE Y SANEAMIENTO
PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA PRESA EL BOSQUE



Conocerlas estas variaciones de concentración en tiempo real ha permitido a ProValle gestionar acciones correctivas oportunas y permitirá asegurar su calidad ambiental a futuro.

Un ejemplo de ello fue la detección de un incremento drástico de la concentración de fósforo que se detectó en el río Tizates, situación que fue reportada durante mayo y junio de 2011. Esto permitió a ProValle buscar la identificación del problema y realizar la gestión para la reparación los colectores de drenaje que corren a lo largo de ambas riveras de la parte alta del río Tizates, los cuales se habían roto, vertiendo su contenido a las aguas de este río. A partir de su reparación, el monitoreo también permitió verificar la efectividad de las acciones a través de la reducción que se observó en dichas concentraciones (Figura 4).

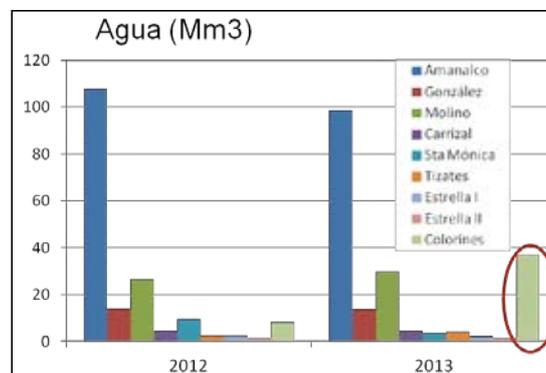
3) Aportes externos de Fósforo y Nitrógeno al embalse. ¿Dónde estamos hoy?

El seguimiento de las descargas a lo largo de estos años, combinado con la realización de un balance de agua, de nitrógeno y de fósforo en Valle de Bravo, ha permitido identificar asimismo que:

- En promedio, durante 2002 y 2005, solamente la cuarta parte del fósforo (22%) y la mitad (54%) del nitrógeno arrojado al lago fue removido nuevamente del lago por la extracción de agua. El resto permanece en el embalse, mayoritariamente en los sedimentos del fondo.
- Se calcula que una gran cantidad de nitrógeno adicional, alrededor del doble del descargado, es incorporado anualmente por acción de las cianobacterias fijadoras, algunas de las cuales pueden producir también toxinas que constituyen un riesgo para la salud en los momentos de su florecimiento.

Por lo anterior, en el 5º capítulo de NUESTRO LAGO (publicado en marzo del 2007; número 9) concluíamos que “cada año el lago acumula más nutrientes y materia orgánica; por lo que es necesario reducir los aportes externos de nitrógeno y fósforo”. En este sentido la situación ha mejorado con la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con lo que se han disminuido las descargas directas de aguas negras al embalse, sin embargo aún falta mucho por hacer.

En la Figura 5 se muestran los aportes totales de agua, fósforo y nitrógeno que los principales afluentes transportaron hacia el embalse durante los últimos dos años.



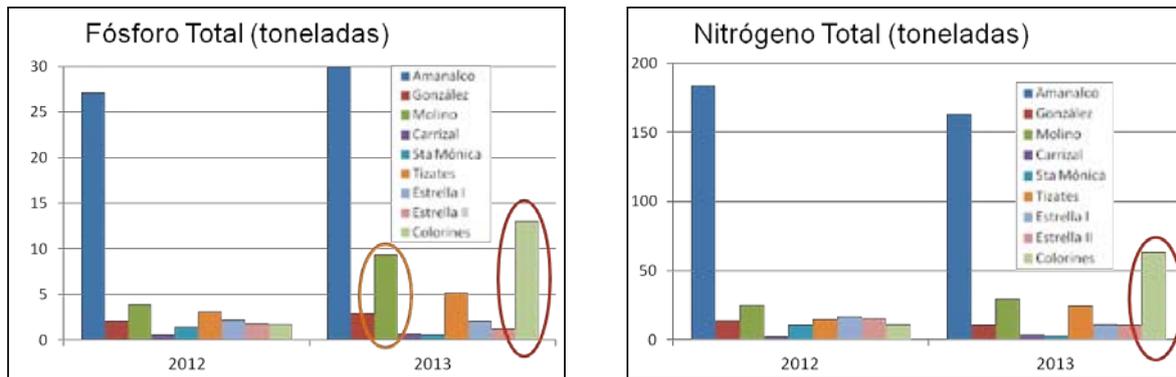


FIGURA 5. APORTES TOTALES DE AGUA (MILLONES DE M3); FÓSFORO Y NITRÓGENO AL EMBALSE DE VALLE DE BRAVO DURANTE 2012 Y 2013. DATOS GENERADOS POR LA UNAM ACTUALIZADOS AL 19 DE NOVIEMBRE DE 2013.

En estas gráficas se confirma que el río Amanalco continúa siendo la mayor fuente de Fósforo y Nitrógeno al embalse debido a que es también el que mayor agua aporta (alrededor de la mitad del total). En contraste, un cambio importante que muestran los monitoreos, es que durante el 2013, la presa de Colorines pasó a ser el segundo aporte más importante de nutrientes, presumiblemente debido al importante incremento en las operaciones de inyección de agua hacia el lago desde esa parte del Sistema Cutzamala.

Otro cambio notorio evidenciado gracias al monitoreo es que durante septiembre y octubre de 2013 el aporte de fósforo por el río Molino se duplicó, en comparación con el 2012, lo que señala una nueva fuente de fósforo, o bien el incremento de las descargas ya existentes, que es necesario identificar para poder tomar acciones de mitigación o regulación. Este caso es un ejemplo de la importancia de mantener el monitoreo para identificar este tipo de eventos, que no son regulares, así como garantizar que no haya un aumento en las cargas hacia el lago, que de otra manera pasarían inadvertidos hasta que el deterioro del lago y la salud de sus usuarios fuese evidente.

Por otro lado, el monitoreo también permite realizar un balance de Fósforo y Nitrógeno en el embalse. Una vez que conocemos las cantidades totales de Fósforo y Nitrógeno que entran al embalse, así como las que salen de él por la extracción de agua, es posible determinar las cantidades que permanecen en el mismo. En la Tabla 1 se observa que, en términos netos, **el embalse continúa acumulando Fósforo y Nitrógeno, y que la cantidad acumulada sigue aumentando año con año**, como se observa entre 2012 y 2013.

Tabla 1. Balance de Fósforo y Nitrógeno en el embalse de Valle de Bravo durante 2012 y 2013.

Año	Fósforo (toneladas por año)			Nitrógeno (toneladas por año)		
	Entradas	Salidas	Remanente en el lago	Entradas	Salidas	Remanente en el lago
2012	44.1	22.4	21.6	294.2	230.2	64.0
2013	65.7	17.2	48.5	320.0	101.1	218.9



Adicionalmente, a partir de octubre de 2012, en colaboración con el laboratorio de calidad de agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se estableció un nuevo punto de muestreo sobre la desembocadura del río Amanalco, para evaluar los posibles efectos debidos al vertimiento de las aguas tratadas en la PTAR. Se encontró que la PTAR está operando con una eficiencia de remoción de Fósforo entre el 55 y el 85%, dependiendo de la carga de contaminación de las aguas que recibe o influentes. Se encontró que las aguas de la PTAR que se vierten al río Amanalco aportan aproximadamente 4.2 toneladas de Fósforo y 15 toneladas de Nitrógeno al año, lo que significa un incremento de la carga de Fósforo y de Nitrógeno del río Amanalco, de 12% y 9%, respectivamente.

4) Evaluación de la calidad del agua del embalse.

Una de las principales repercusiones de la descarga de Fósforo sobre la calidad de agua del embalse es la estimulación que tiene sobre el crecimiento masivo de microalgas. La variación histórica de concentración de clorofila "a" nos permite estimar la cantidad de microalgas en el lago así como conocer el riesgo potencial a la salud por el desarrollo de algas tóxicas (Figura 6).

10

PROValle

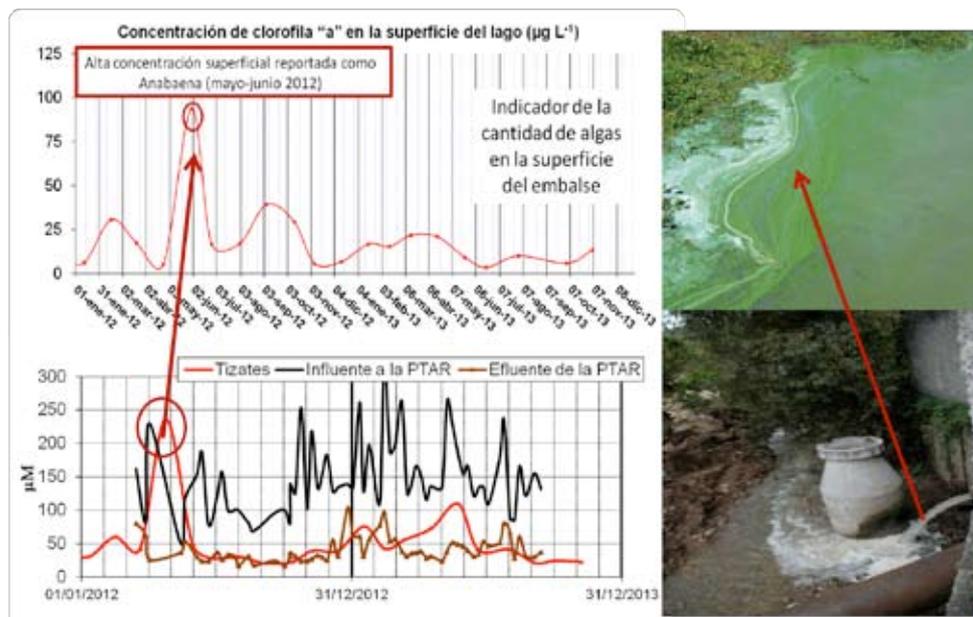


FIGURA 6 LA ALTA CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO DEL RÍO TIZATES (DETECTADA EN ABRIL DE 2012), POR EL INCREMENTO EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES NO TRATADAS EN SU CAUCE, ESTÁ RELACIONADA CON EL CRECIMIENTO DE MICROALGAS EN EL LAGO, EN PARTICULAR CON FLORECIMIENTOS MASIVOS DE CIANOBACTERIAS EN MAYO-JUNIO DE 2012. ESTOS RESULTADOS INDICAN QUE LA DESCARGA DIRECTA DE AGUAS NEGRAS AL EMBALSE IMPULSA IMPORTANTEMENTE LOS FLORECIMIENTOS MASIVOS DE CIANOBACTERIAS.



ACCIONES NECESARIAS

Como parte central de nuestro proyecto está la de proponer y gestionar el curso de acciones necesarias para la recuperación de nuestro lago. Así es que, con base en nuestros estudios y análisis consideramos prioritario:

- 1.- Retomar en el seno de Provalle el monitoreo de la presa y sus afluentes iniciado por la UNAM, a fin de contar con un mecanismo para detectar oportunamente futuros incrementos en los impactos o nuevas fuentes.
- 2.- En dicho monitoreo, las descargas de ríos y drenajes al embalse deben medirse continuamente para prever deficiencias en el aprovisionamiento de agua y entender mejor las variaciones temporales y espaciales en la calidad del agua del embalse, asociadas a las actividades productivas en la cuenca.
- 3.- Ampliar el monitoreo para dar también seguimiento al indicador de clorofila, así como el estudio de la diversidad de fitoplancton y de las condiciones de producción de cianotoxinas. Esta información permitirá emitir alertas oportunas y confiables para mantener la seguridad para la realización de actividades acuáticas.
- 4.- Evaluar la eficiencia de operación de toda la infraestructura sanitaria (plantas de bombeo; tuberías; cárcamos; PTAR; etc.) con el propósito de garantizar el tratamiento de todas las aguas residuales domésticas.
- 5.- Separar las aguas residuales de las pluviales en los drenajes del pueblo de Valle de Bravo; con lo que se evitará saturar la capacidad de operación de la PTAR.
- 6.- Impulsar la implementación de plantas de tratamiento complementarias a la actual.



EN CONCLUSIÓN

Los aspectos monitoreados, ya sean concentraciones, flujos de contaminantes o balances, NO SON ESTÁTICOS, están variando todo el tiempo y deben monitorearse continuamente, al igual que se hace con la contaminación atmosférica en ciudades como la de México, o como la presión arterial o la glucosa en personas que tienen alteraciones diagnosticadas (o no).

El monitoreo continuo de las descarga al lago ha permitido detectar cambios de importancia y tomar acciones para evitar los daños derivados de ellos.

Para continuar con estos logros, ProValle cuenta con la cultura ambiental que ha incentivado en la sociedad civil de Valle de Bravo. La estrategia social de nuestro proyecto es involucrar a la comunidad en su ejecución, tanto para asegurar el apropiamiento social del seguimiento que se generará como para enriquecer la cultura ambiental y científica comunitaria. Para ello, se capacitará a voluntarios y se les involucrará en todas las acciones y etapas del proyecto. Si bien el proyecto contará con la participación de científicos universitarios, la dirección y control del mismo estará en una organización social. Este enfoque es una estrategia innovadora para enlazar al sector académico con la sociedad civil para detonar un proceso de monitoreo hídrico permanente en una de las principales reservas de agua del país, cuyo saneamiento ambiental es de gran trascendencia, urgencia y pertinencia.

Además, tendrá un efecto multiplicador, al ofrecer un nuevo paradigma que podría aplicarse en las numerosas regiones del país donde existen necesidades y urgencias similares.

12

ProValle



Agradecemos a las siguientes instituciones y personas que nos han apoyado para obtener algunos de los datos aquí presentados: CONAGUA a través de su Dirección de Agua Potable Drenaje y Saneamiento y el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, IDECA, y muchos estudiantes y amigos más. También a la UNAM, el CONACYT y la SEMARNAT su financiamiento a través de los proyectos PAPIIT-IN207702 y CONACYT-SEMARNAT C01-1125.