



**Convenio No. OAVM-DT-MEX-10-441-RF-CC  
(Proyecto TH-1015.3)**

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

## Objetivo

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

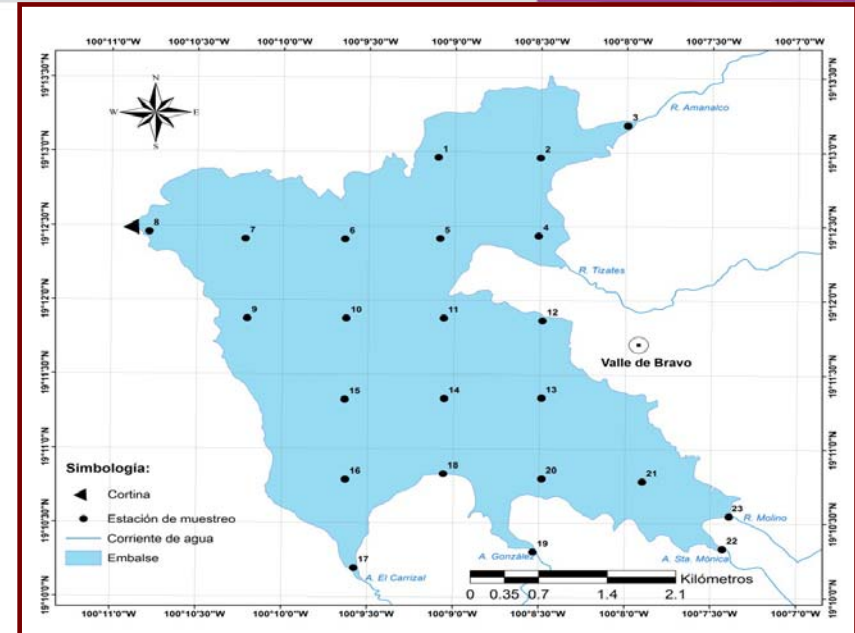


## Contenido de la presentación

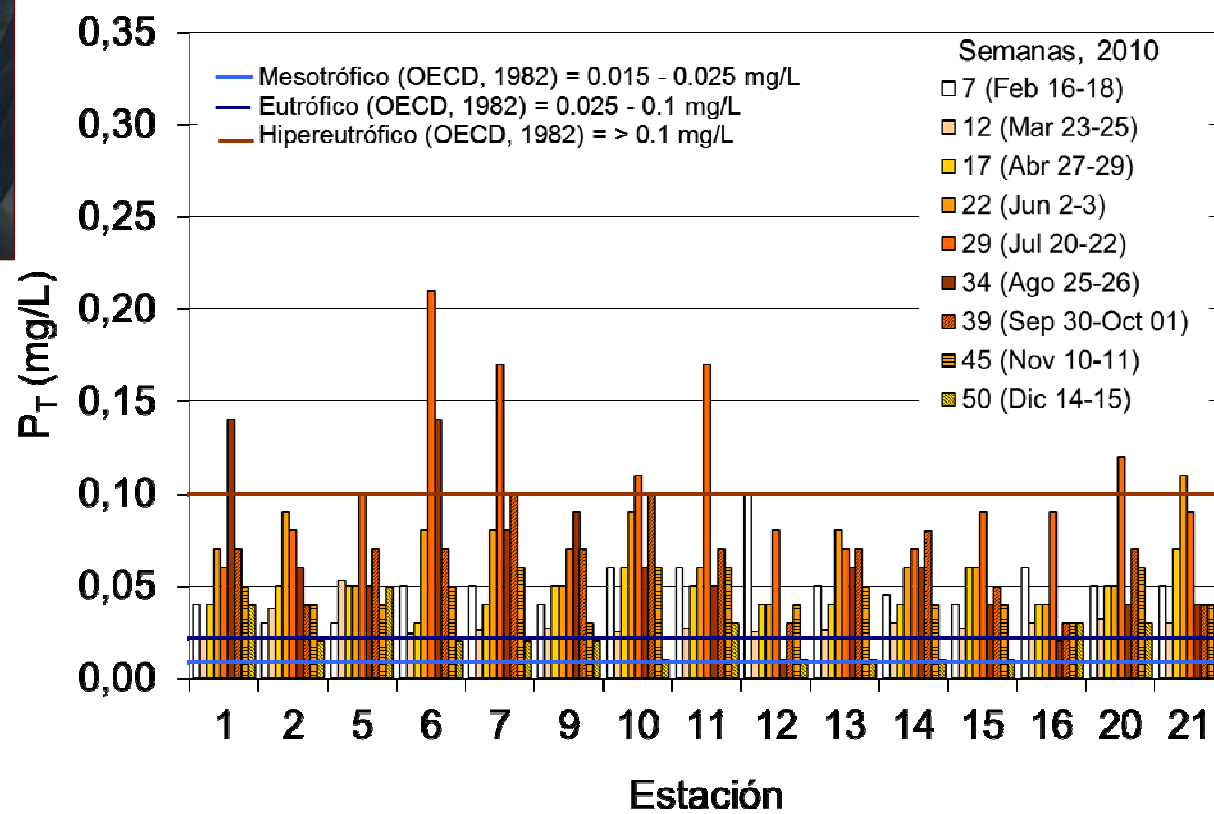
- Evaluación de la carga interna en la presa
- Formulación de escenarios de control de carga externa
- Evaluación de eficiencias y dosis óptimas de adsorbentes
- Estimación de costos de tratamiento

# Evaluación de la carga interna en la presa

- Nueve muestreos en 23 estaciones, siete incluyen medición de Eh en sedimentos
- Estratificación marcada entre junio a agosto con diferencias en temperatura de 5 °C de 5 a 15 m
- Eh en agua de fondo y en sedimentos disminuye en el periodo de febrero y junio y es principalmente negativo de julio a noviembre

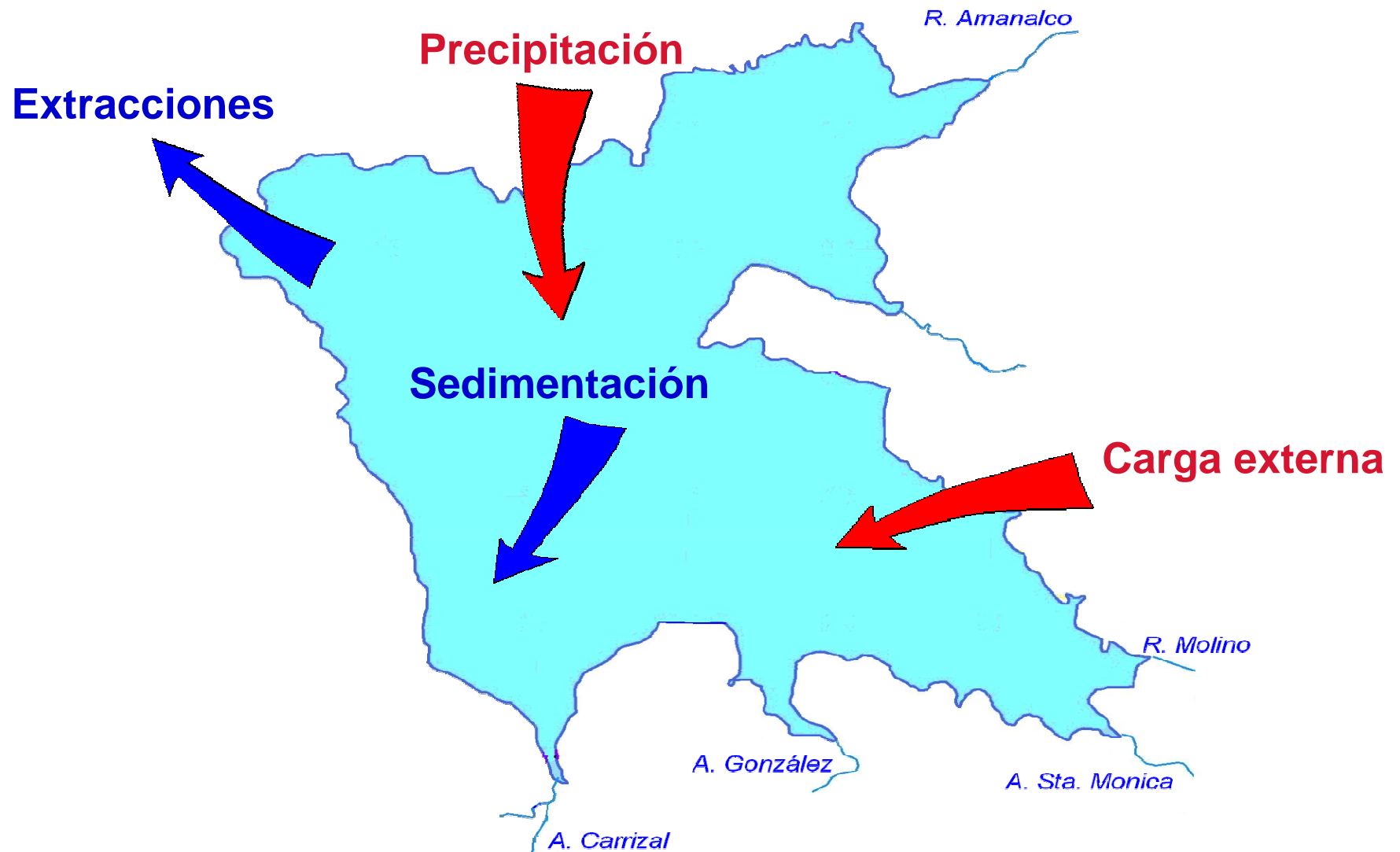


# Evaluación de la carga interna en la presa



# Evaluación de la carga interna en la presa

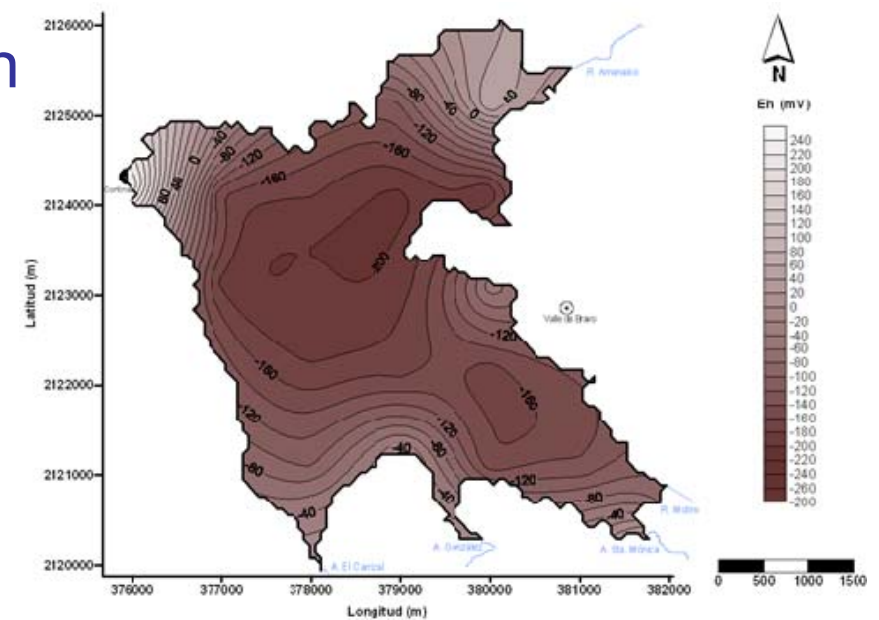
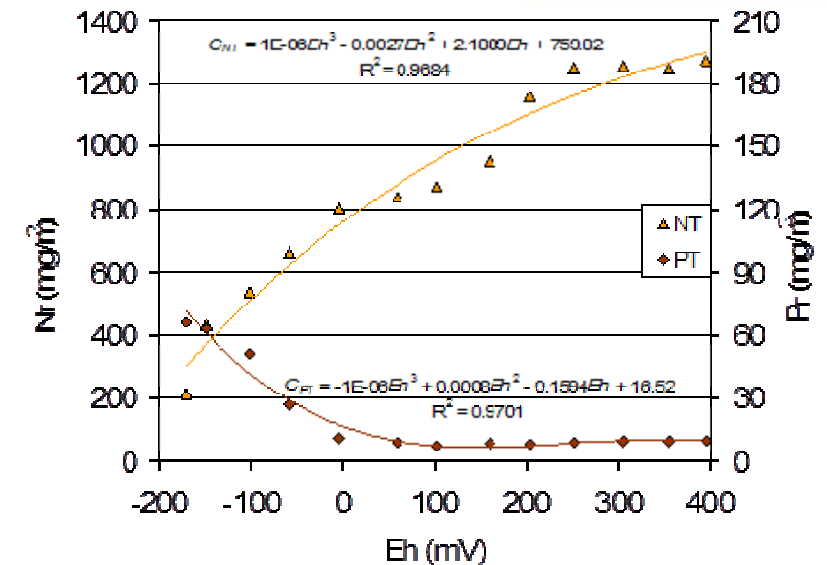
$\Sigma$  Si Carga Interna (CI) > 0,  $CI = \Sigma(\text{Salidas} - \text{Entradas}) = 4.9 \text{ t/periodo}$





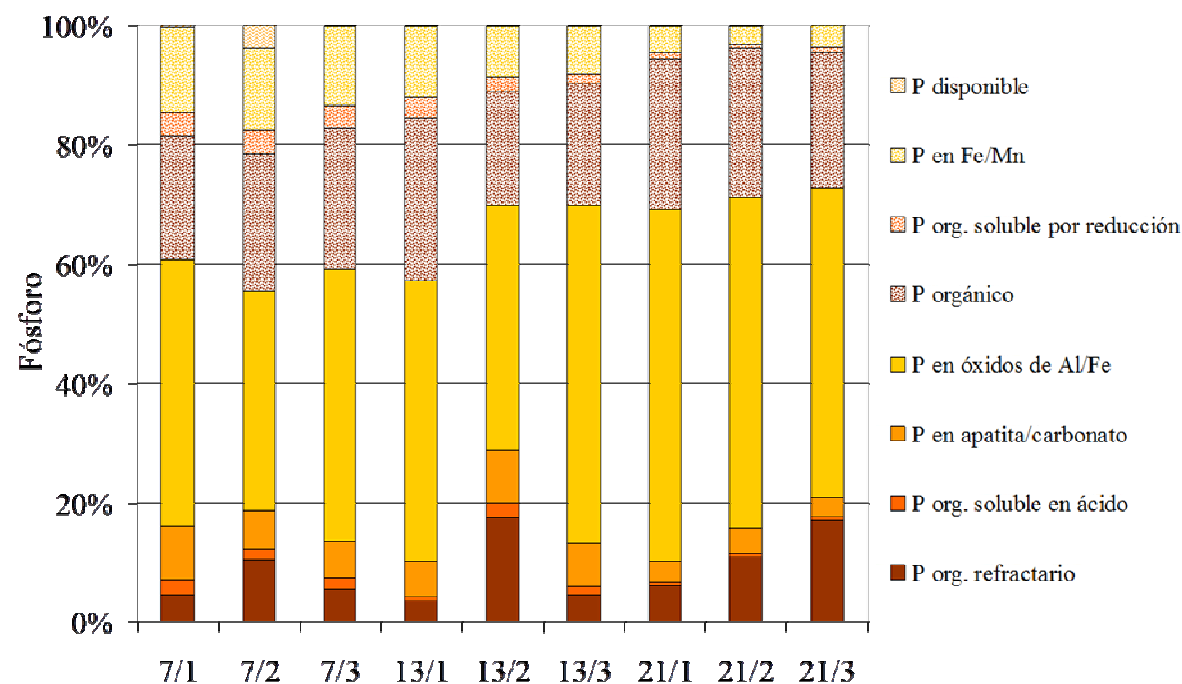
# Evaluación de la carga interna en la presa

- Los resultados de liberación de P (CONAGUA-IMTA, 2009), fueron extrapolados con variaciones de Eh en sedimentos para estimar la carga interna
- La carga interna de P varia entre 0.25 y 1.59 t para el periodo de abril a diciembre, mostrando mayor carga en julio y agosto
- La carga interna estimada para el periodo de abril a diciembre fue de 5.9 t de P



## Evaluación de la carga interna en la presa

- Mediante extracción secuencial (Psenner et al., 1984) se caracterizó la distribución de P en sedimentos
- Se estimó que 35% del P contenido en sedimentos potencialmente se puede lixiviar. Esto resulta en 27.6 t para el espesor de 6 cm de sedimentos
- Considerando que se lixivía el 1% del Fe total y se degrada 25% de la MO en sedimentos (CONAGUA-IMTA, 2009) se estimó una carga interna de 5.57 t







## Evaluación de la carga interna en la presa

Estimación de carga interna mediante tres diferentes métodos:

- 4.9 t con base a concentraciones de campo
- 5.9 t estimada por variaciones en Eh y
- 5.6 t por extracción secuencial

La carga externa de P se estimó en 66 t/año. De las cuales 16.5 t/año entran disueltos de acuerdo a la relación de 25% de P disueltos (Wetzel, 2001)



# Formulación de escenarios de control de carga externa

Para estimar las variaciones en carga externa se consideran cinco escenarios

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

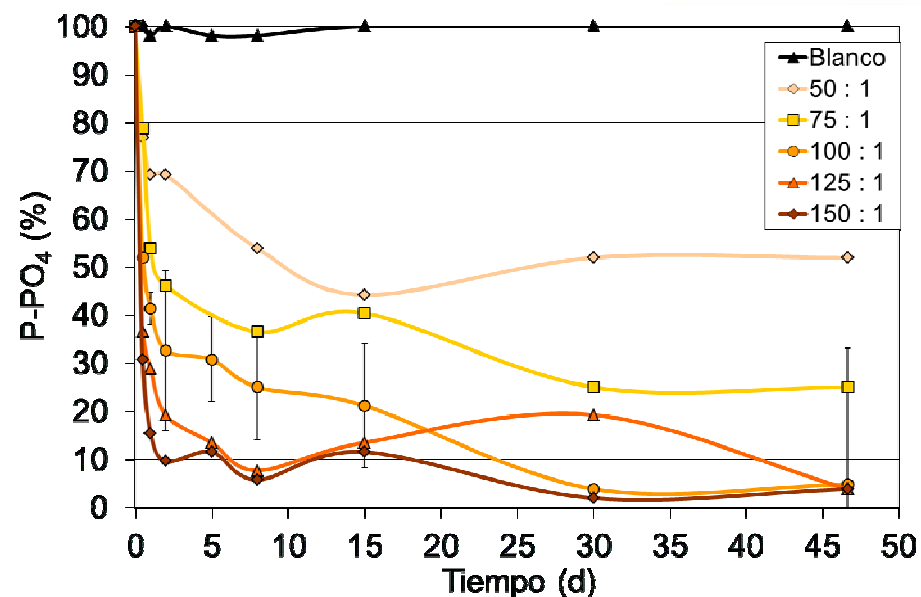
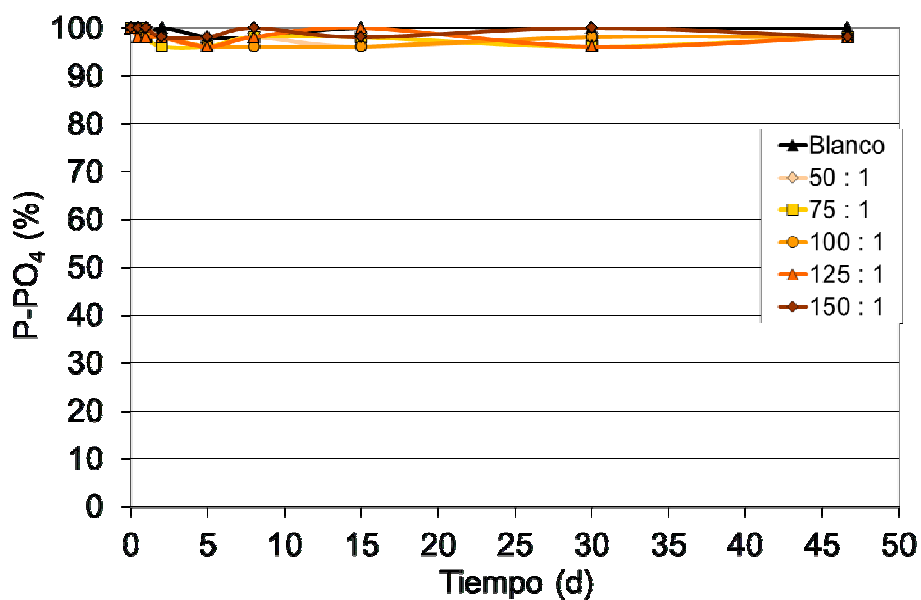
Ampliación de la red de alcantarillado e incremento de eficiencia de tratamiento y tratamiento descentralizado en pequeñas localidades, son los dos escenarios que disminuye más la carga externa de P en la presa.

Considerando los cinco escenarios para el control de carga externa se podría lograr una reducción de 22.2 t/año 34% de reducción de carga externa

# Evaluación de eficiencias y dosis óptimas de adsorbentes

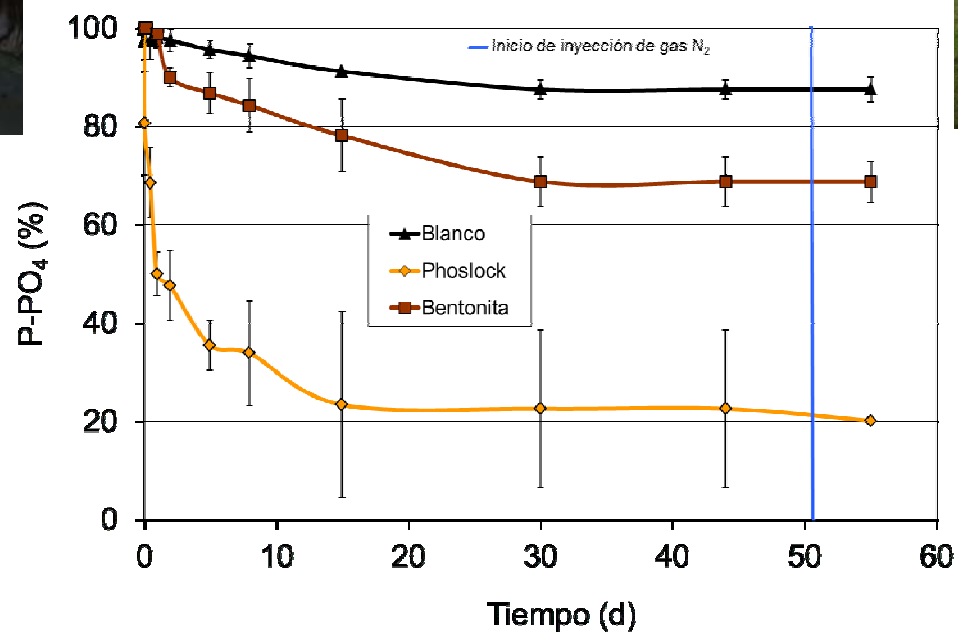


Bentonita cálcica



Phoslock®

# Evaluación de eficiencias y dosis óptimas de adsorbentes





# Estimación de costos de tratamiento

Datos básicos	Estimación	
Concentración deseada de $P_T$ en el agua (mg/L)	0.015	0.025
Superficie en 2010 (ha)	1 800	1 800
Cantidad de P en el agua, julio de 2010 (t)	28.89	28.89
Cantidad de P a alcanzar en el agua (t)	4.82	8.03
Cantidad de P a precipitar (t)	24.075	20.865
Cantidad de P a inmovilizar en sedimento (t)	27.57	27.57
Dosis recomendada	100:1	100:1
Cantidad requerida de Phoslock (t)	5 164	4 842





## Estimación de costos de tratamiento

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
			(\$ M.N.)	(\$ M.N.)
<b>Adquisición, importación y transporte</b>				
Costo de adsorbente natural (Phoslock)	t	5,164	22,100	114,124,400
Transporte marítimo	t	5,164	1,300	6,713,200
Seguro de transporte marítimo	lote	1	671,320	671,320
Derecho de tramite aduanero	embarque	1	0.008% valor factura	9,130
Honorarios por importación	Embarque	1	0.32% valor factura	365,198
Servicios complementarios	contenedor	199	1,200	238,338
Prevalidador	embarque	1	162	162
Flete terrestre	contenedor 40'	199	26,888	5,340,370
Seguro de transporte terrestre	lote	1	575,270	575,270
Almacenamiento en aduana	0.5 t	10,328	36	371,808
Maniobra	contenedor	199	8,000	1,588,923
<b>Subtotal</b>				<b>129,998,120</b>



Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
			(\$ M.N.)	(\$ M.N.)
<b>Almacenamiento y aplicación</b>				
Renta de almacén de 6000 m²	año	1	2,520,000	2,520,000
Personal de vigilancia	año	1	470,000	470,000
Flete Toluca-Valle de Bravo	viaje	258	5,000	1,291,000
Renta de almacén para operación (1000 m²)	mes	7	30,000	210,000
Seguro de almacenes y transporte local	lote	1	835,493	835,493
Oficina movil	mes	4	15,000	60,000
Renta de casa para residente	mes	4	15,000	60,000
Renta de sanitarios	mes	4	4,000	16,000
Renta montacargas	mes	4	20,000	80,000
Camionetas (3 t)	unidad	2	350,000	700,000
Barcaza (3.66x7.62 m) con motor modelo Honda ENGINE	unidad	3	1,157,000	3,471,000
Traslados de barcasas	lote	3	585,000	1,755,000
Tolva, incluye: combustible, aditivos, puesto en sitio y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	lote	3	80,000	240,000
Motor de 1 HP con agitador regulado	pieza	3	12,000	36,000
Planta generadora a gasolina	pieza	3	10,000	30,000
Motobomba a gasolina (Aquor) 6.5 HP 2"	pieza	3	10,000	30,000
Combustible	lote	3	75,000	225,000
Tanques y adaptaciones de tanques	lote	3	6,000	18,000
Tubo de PVC hidráulico 2"	m	350	120	42,000
Difusor	pieza	3	2,500	7,500
Sonda eléctrica Lowrence HDS-10	pieza	3	46,000	138,000
Residente de obra	mes-hombre	4	30,000	120,000
Operadores de barcaza	mes-hombre	6	20,000	120,000
Chóferes	mes-hombre	4	12,000	48,000
Operador de montacargas	mes-hombre	4	15,000	60,000
Ayudante general	mes-hombre	30	10,000	300,000
Indirectos y utilidad de la empresa ganadora de la licitación	% de costos	25	3,220,748	3,220,748
<b>Subtotal</b>				<b>16,103,741</b>



## Estimación de costos de tratamiento

<b>Subtotal</b>				146,101,861
Supervisión de obra	Lote	1	3,465,858	3,465,858
<b>COSTO NETO</b>				<b>149,567,719</b>
<b>IVA</b>				<b>23,930,835</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>173,498,554</b>



## Conclusiones

- La carga interna de P obtenida por variación de potencial redox en sedimentos de abril a diciembre, fue de 5.9 t. Este valor fue confirmado por mediciones en campo y extracción secuencial de P en sedimentos
- Se confirmó que la dosis óptima del adsorbente natural Phoslock, es de 100:1
- La cantidad total de P a eliminar de la columna de agua e inmovilizar en los sedimentos, se estimó en 51.64 t requiriendo de un total de 5 164 t de Phoslock



## Recomendaciones

- Se propone continuar con el muestreo de agua y sedimentos para complementar la caracterización en un ciclo anual de la dinámica de nutrientes entre agua y sedimentos.
- Para afinar la estrategia de saneamiento, se propone determinar la velocidad de sedimentación, realizar pruebas de mecánica de suelos para determinar el grado de compactación en los estratos de los sedimentos y verificar el espesor de sedimentos que interactúa con el agua, así como el P que puede liberarse a la columna de agua.
- Se propone realizar pruebas de inmovilización de P en la presa Valle de Bravo con Phoslock. Asimismo, se sugiere realizar pruebas para evaluar el impacto del adsorbente natural sobre organismos acuáticos y bentónicos.