



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



**VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas**

COMI 2022 | Teziutlán, Puebla, México

El saneamiento de cuerpos de agua: problemática, evaluación y estrategias

Anne M. Hansen

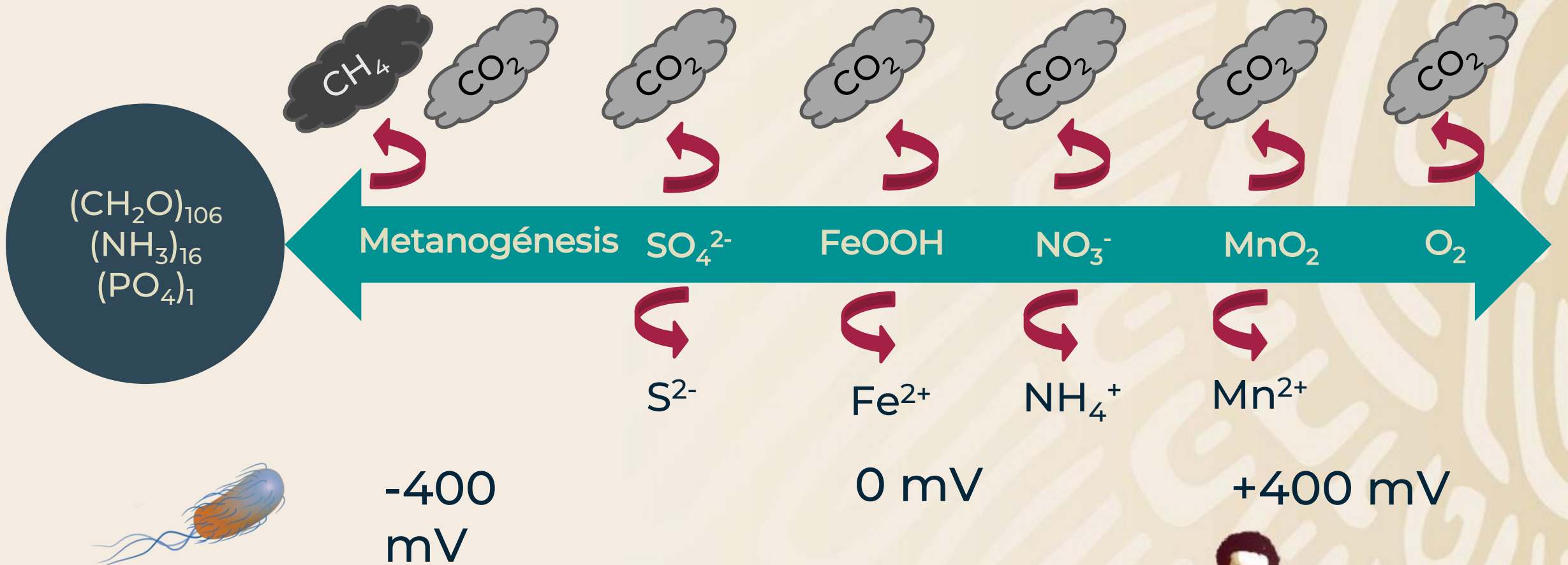
DAngelo A. Sandoval Chacón

Noviembre 23-26, 2022

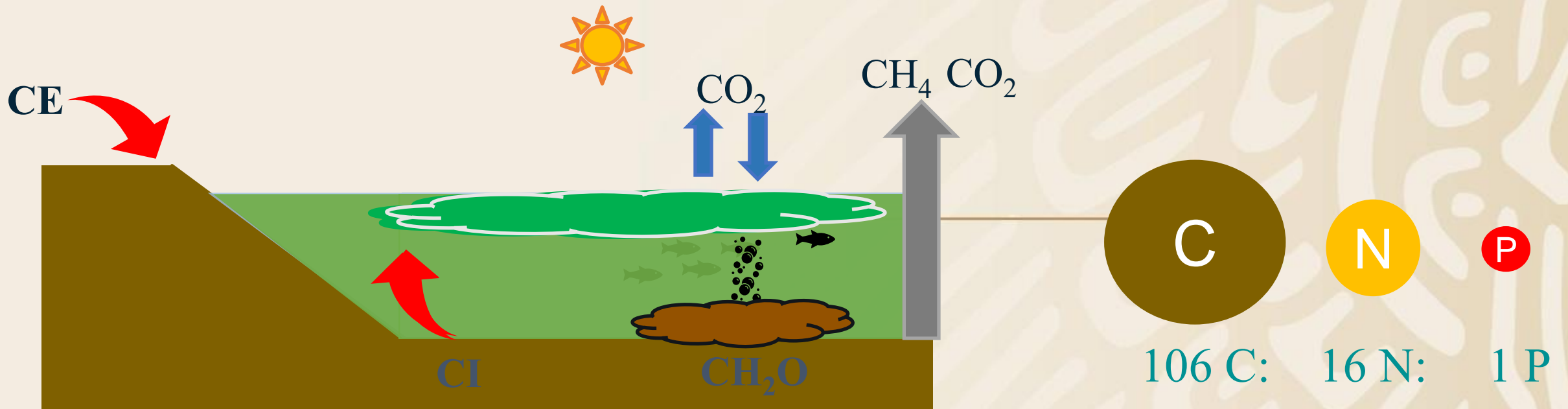


2022 Ricardo
Flores
Año de
Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

Carbono reactivo en cuerpos de agua

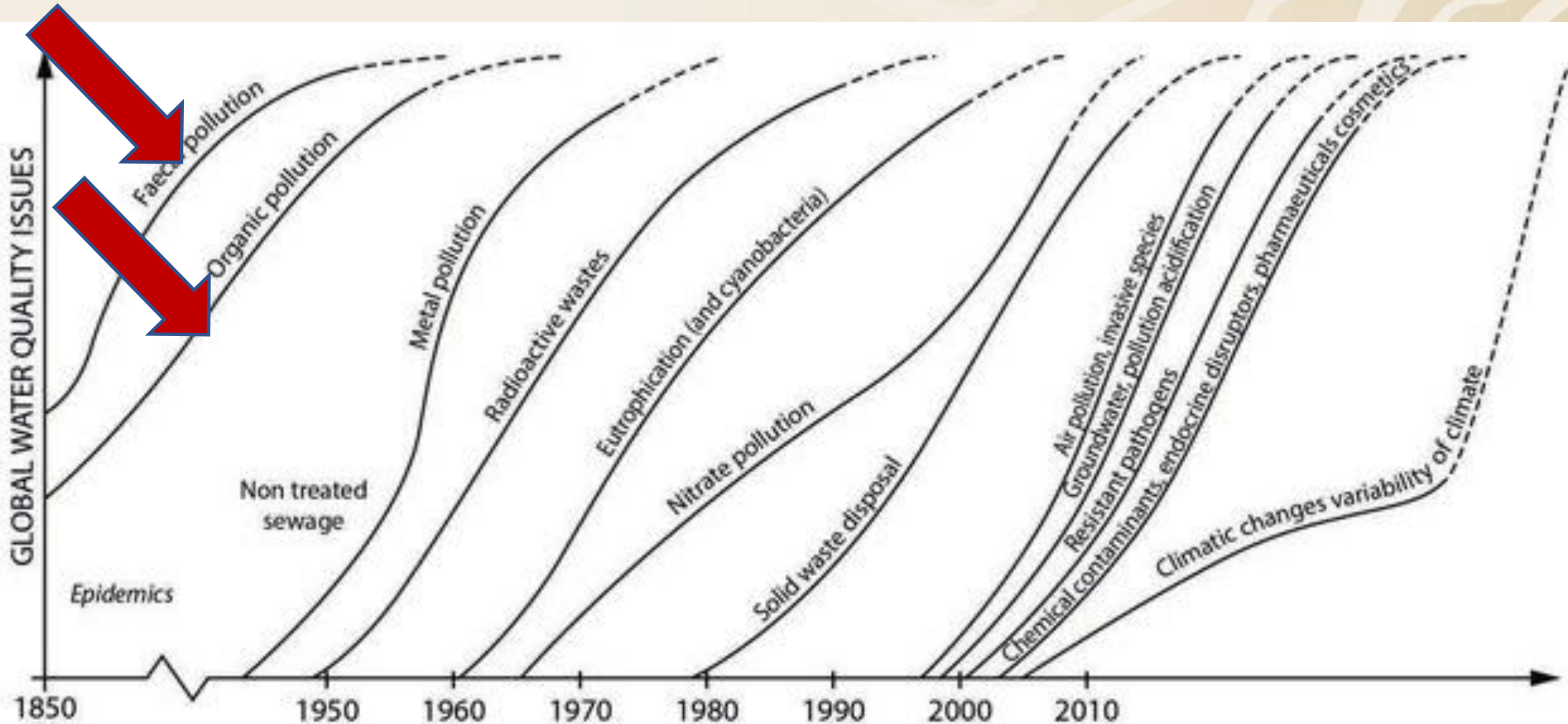


Carbono reactivo en cuerpos de agua



Ricardo
2022 Flores
Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

Carbono reactivo en cuerpos de agua



Situación de los cuerpos de agua en México

Entre 2012-2021 se monitorearon 334 ± 78 cuerpos de agua (CONAGUA, 2021)

CONAGUA (2021) <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua-en-mexico>

+70% sobrepasa el límite de P para agua en estado eutrófico ($P_T > 0.08 \text{ mg L}^{-1}$)

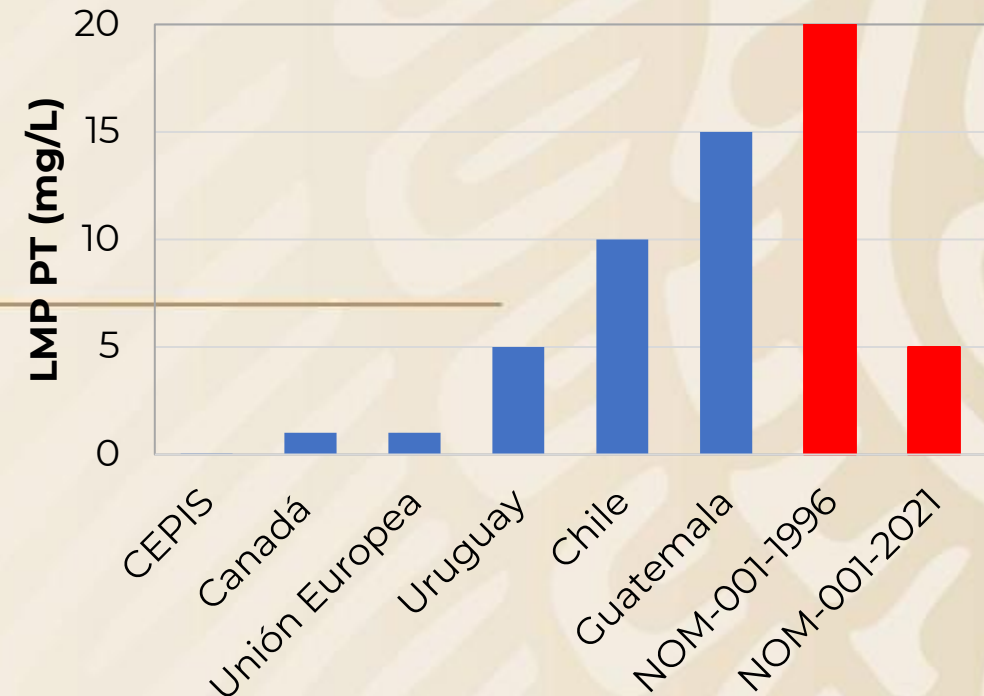
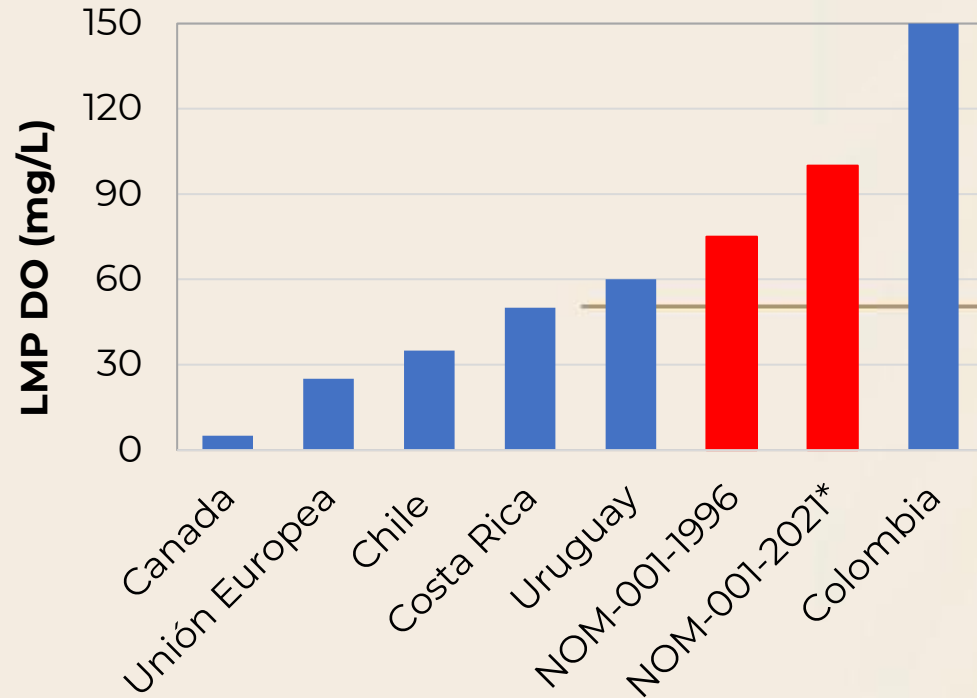
Salas y Martino (2001) https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55330/OPSCEPISPUB01_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

+50% se clasifican como (fuertemente) contaminados

($DQO > 40 \text{ mg/L}$) CONAGUA 2021 up cit



Situación de los cuerpos de agua en México



Saneamiento de cuerpos de agua

Conjunto de acciones que tienen como objetivo alcanzar niveles de salud ambiental/equilibrio ecológico

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Art.3, inc X)

Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (PROFECO, 1989)

Límites máximos para la protección de la vida acuática: oxígeno disuelto (OD) de 5 a 8 mg L⁻¹ y P-PO₄: 0.025 mg L⁻¹

Objetivos:

- Saturación de OD mediante suministro de O₂(g)
- Control de la carga interna (P_T < 0.04 mg L⁻¹)



Ricardo
2022 Flores
Año de **Magón**
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

Saneamiento de cuerpos de agua

ANTES



DESPUÉS



Inactivación de P con adsorbente selectivo

Oxigenación en el fondo

Control de carga externa

Dilución de nutrientes

Cobertura de sedimentos

Dragado

Ultrasonido

Biorremediación

...



Ricardo
2022 Flores
Año de **Magón**
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

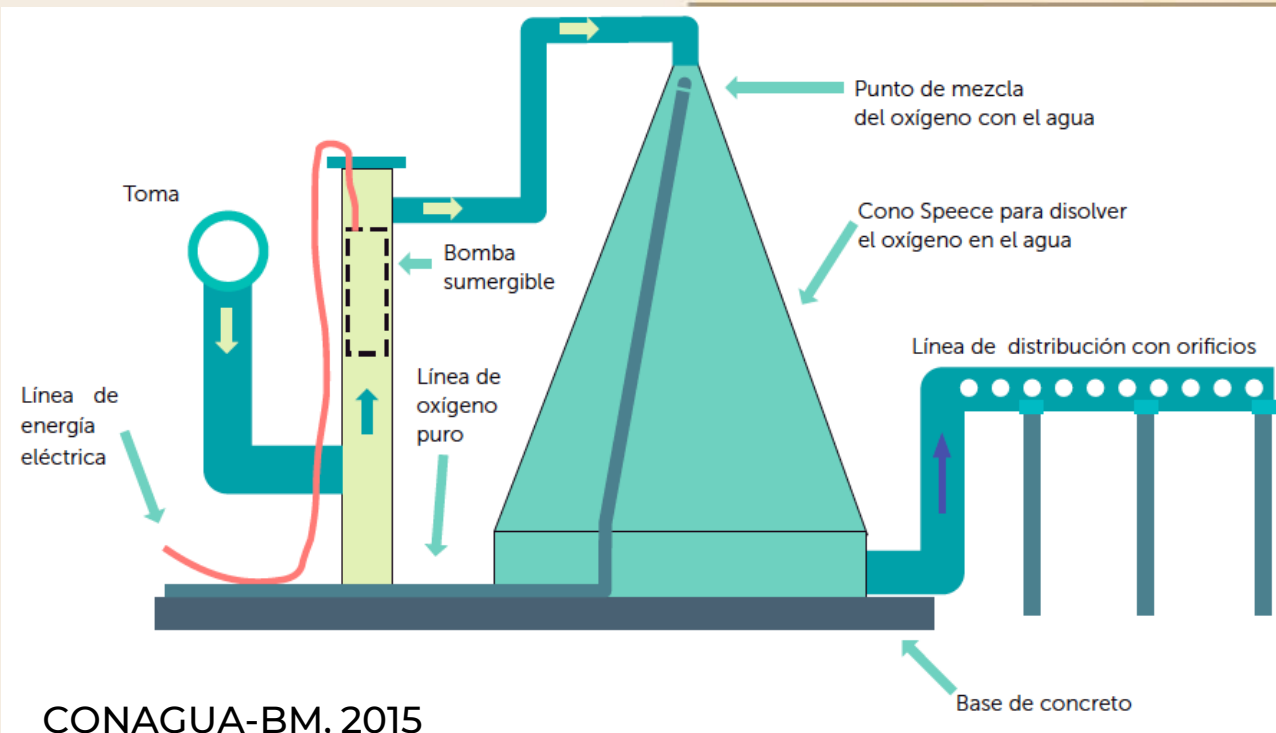
Saneamiento de cuerpos de agua

Oxigenación hipolimnética (HOS)

- $\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe}(\text{OOH}) \approx \text{P}$ (Fe:P >2) (Gächter y Müller, 2003)

Adsorbente selectivo de P (PHOS)

- $>\text{La}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow >\text{LaPO}_4$ (100:1 w/w)



Phoslock, 2021

Zona de estudio



VII Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMER 2022 | Teziutlán, Puebla, México

Presas Valle de Bravo,
Estado de México

Área: 18 km²

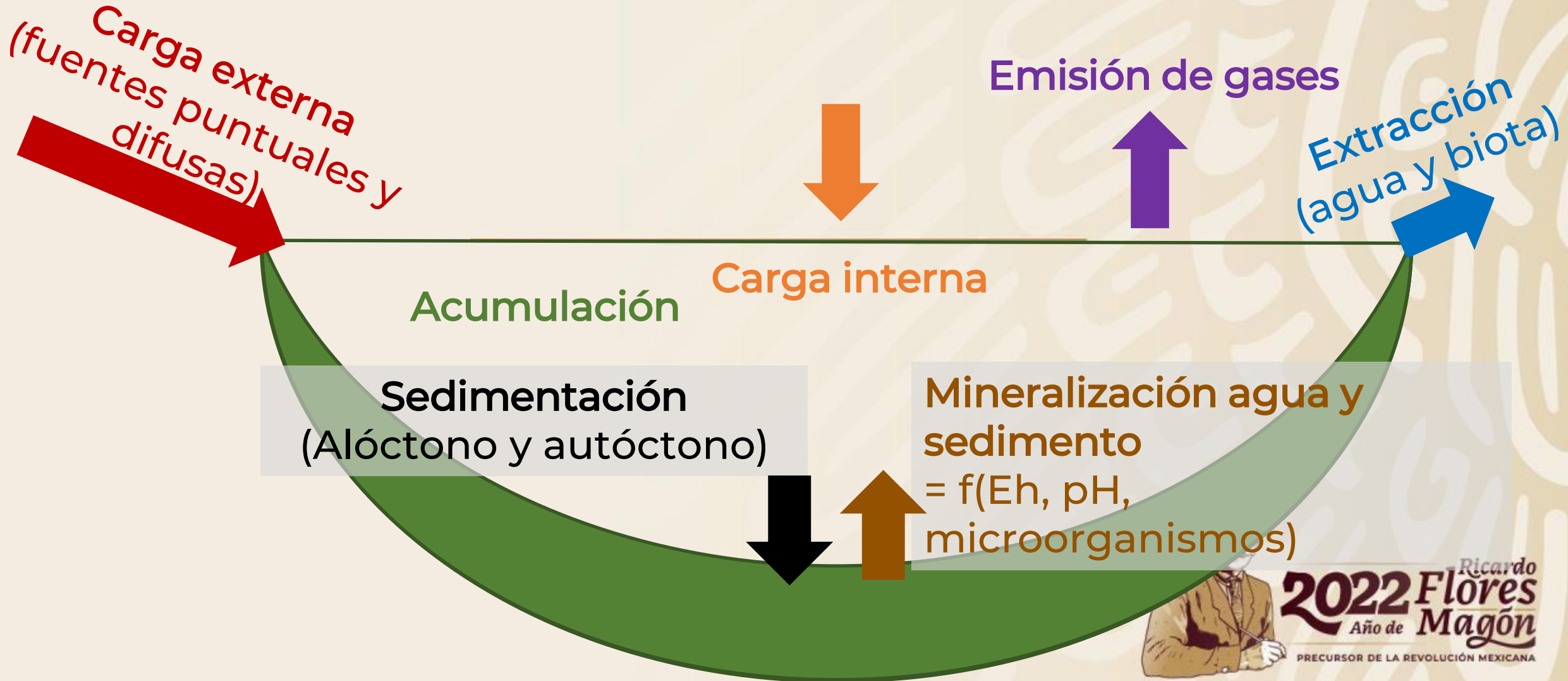
Capacidad: 394 Mm³

6 m³/s suministro de
agua para el VMX
(Sistema Cutzamala)

Estado: **Eutrófico**
(CONAGUA, 2021)



Balance de masas



Balance de masas

$$C_{fin} = C_{agua} + C_{CE} + C_{CI} - C_{sed} + C_{(min-sed)} + C_{(min-agua)} - C_{emi} - C_{ext}$$



Entradas

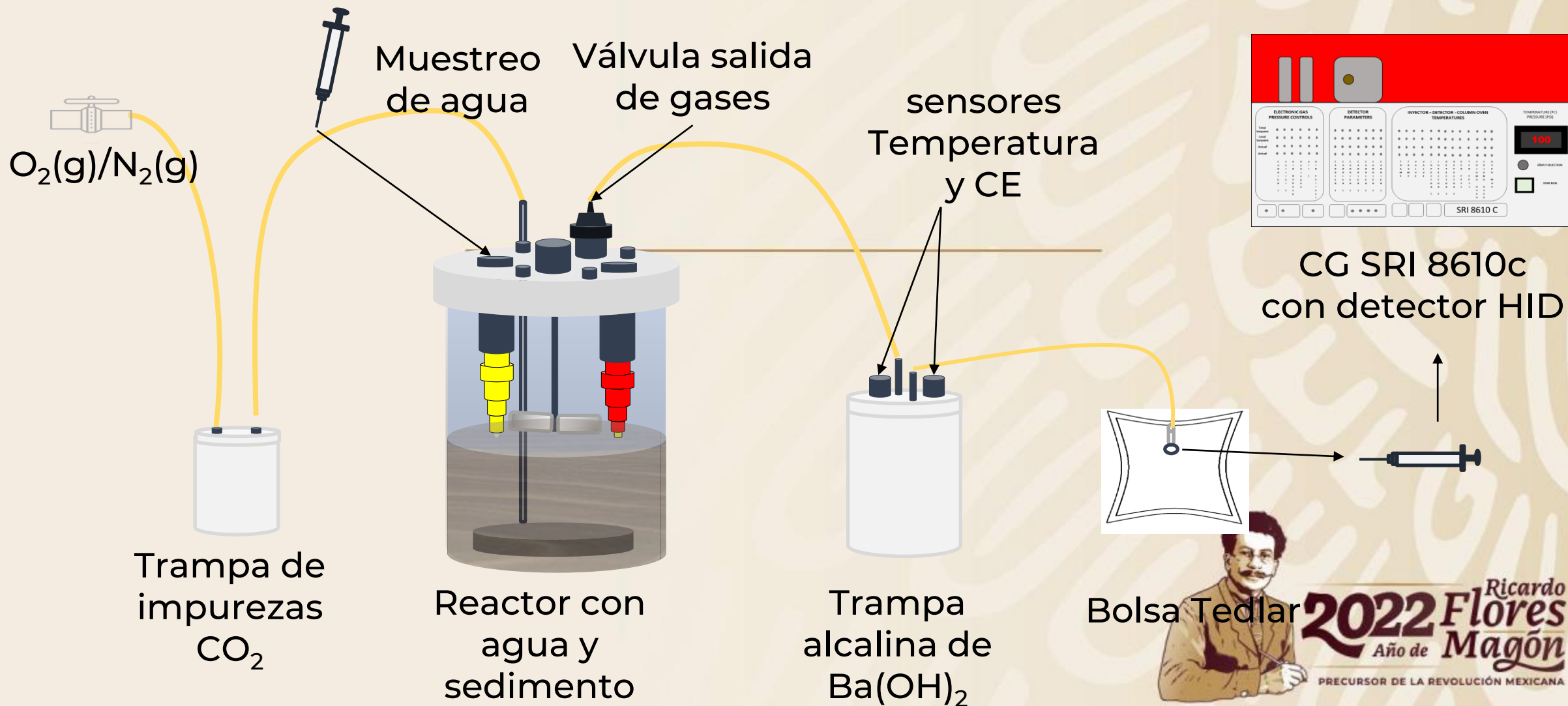
Salidas



Balance de masas

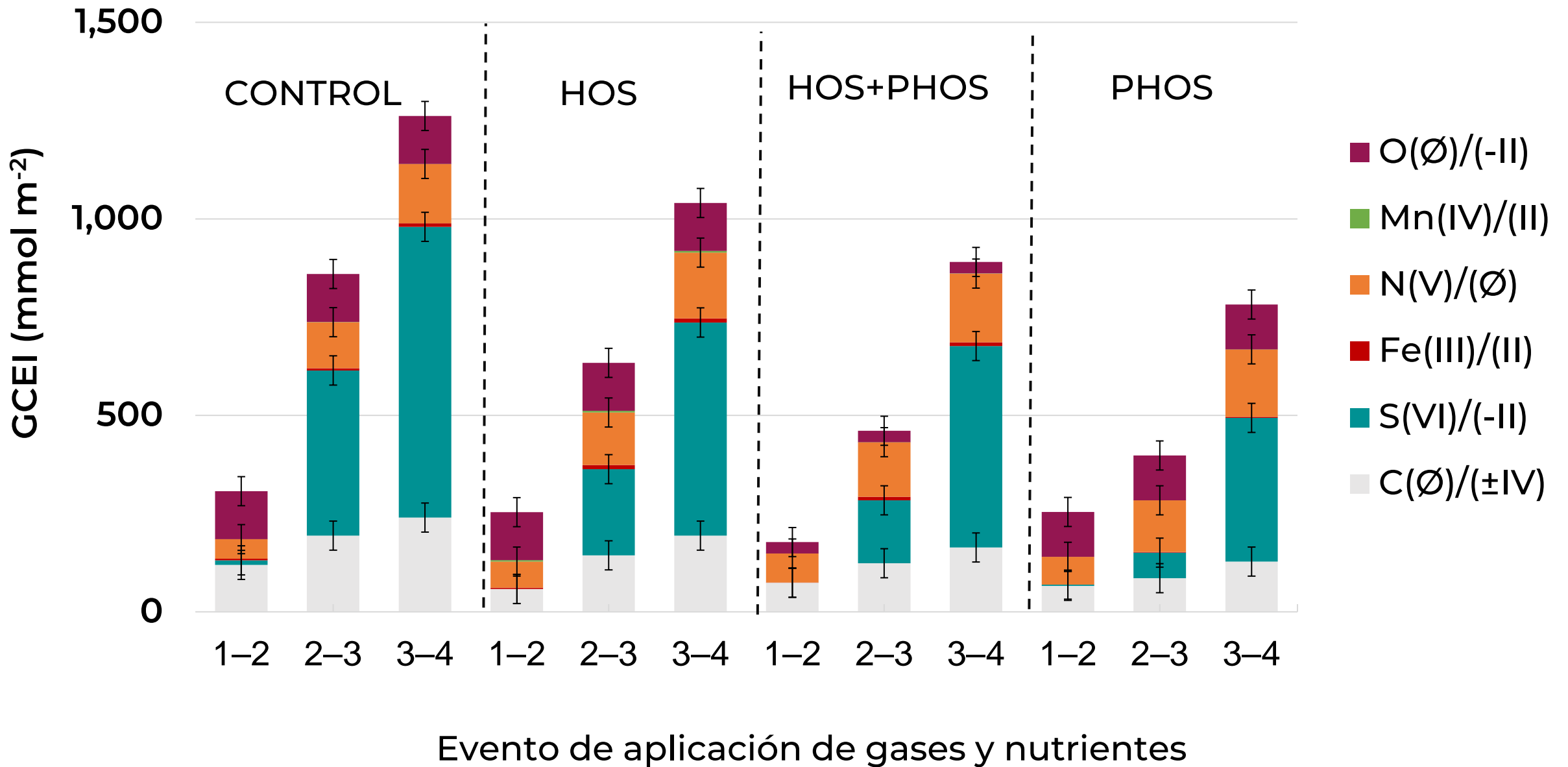
C_{agua}	C-DQO promedio para volumen promedio de agua (300 Mm ³)
C_{CE}	C-DQO promedio en afluentes (estaciones hidrométricas)
C_{CI}	Modelación de resultados de variaciones isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$)
C_{sed}	Datación y COT en núcleos de sedimento (CONAGUA-IMTA, 2011)
$C_{\text{min-agua}}$	$[C_{\text{afluentes}}] - [C_{\text{agua}}] * \text{extracción} (\sim 6 \text{ m}^3/\text{s}) - C_{\text{biomasa extraída}}$
$C_{\text{min-sed}}$	Datación y COT en el perfil de sedimento, respirometría
C_{ext}	$[C_{\text{agua}}] * \text{extracción} (\sim 6 \text{ m}^3/\text{s})$
C_{emi}	Situación actual: Aplicación de fórmula (estado estacionario) Posterior: proporcional a la mineralización

Balance de masas



Bolsa Tedlar

Ricardo Flores
2022 Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



Escenarios de saneamiento

Escenario	Descripción	OD final (mg L ⁻¹)	GCEI (t año ⁻¹)
Situación actual	Estado estacionario	-5.0	2,573
HOS	Aplicación de 2 190 t año ⁻¹ de OD	8.0	3,890
PHOS	Aplicación de adsorbente de P para reducir C _{Cl}	1.0	1,828
HOS+PHOS	Aplicación de 2 190 t año ⁻¹ de OD y adsorbente de P para reducir C _{Cl}	8.0	1,828

Calidad del agua en la presa Endhó: Hacia una solución compartida



Conclusiones



VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas

COMER 2022 | Teziutlán, Puebla, México

- Un número cada vez mayor de lagos y embalses que sufren eutroficación y deterioro en calidad del agua
- **Es urgente** dimensionar y solucionar este problema
- Las tecnologías adecuadas dependen de cada situación y **no existe solución mágica**
- Se deben de considerar las cargas contaminantes, las eficiencias, los tiempos de obtener resultados y los costos, que permitan mejorar **de forma sostenible** la calidad de los cuerpos de agua



Ricardo
2022 Flores
Año de **Magón**
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

Conclusiones



VII Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMER 2022 | Teziutlán, Puebla, México

- Ese están agotando las reservas de fósforo en el mundo
- Sólo se debe **inactivar el fósforo que se libera del sedimento**
- Se debe combinar con métodos de separación de fósforo del agua, que **permiten su reuso**
- **¡Queremos que el fósforo fertilice a los cultivos y NO a los cuerpos de agua!**



Ricardo Flores
2022
Año de **Magón**
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



VII Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMER 2022 | Teziutlán, Puebla, México



Agradecimientos:

Vanessa G. Moreno Ayala

Suhaila E. Díaz Valencia

Nadia V. Martínez Villegas

Denise Soares Freitas

Roberto Romero Pérez

Abel A. Ruiz Castro



Ricardo
2022 Flores
Año de **Magón**
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA