



# REMOCIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN HUMEDALES DE TRATAMIENTO VERTICALES DE DOS FASES (AEROBIA-ANAEROBIA)

Total nitrogen removal in treatment vertical wetlands with two phases (aerobic-anaerobic)

*Nancy Martínez, Allan Tejeda, Florentina Zurita*

*Laboratorio de Calidad Ambiental, Centro Universitario de la  
Ciénega, Universidad de Guadalajara Ocotlán Jalisco, México*

*nancymartinezvalles@gmail.com*

# Contenido

- Introducción
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones

# Introducción

# Humedales verticales

## Características

- Lecho aerobio
- Nitrificación de efluentes
- Capacidad de desnitrificación baja
- Poco eficientes para la remoción de nitrógeno total (25% aprox.)

## Propuestas para incrementar la remoción de nitrógeno

- Combinaciones de diversos tipos de humedales
- Humedales híbridos para remover nitrógeno total

Zurita y White (2014) observaron a lo largo de un año de operación, el agotamiento de la fuente de carbono en la etapa aerobia, lo cual limitó la desnitrificación en la etapa subsecuente.

# Remoción de nitrógeno en humedales verticales

## Amonificación

- Condiciones aerobias
- Fuente de carbono orgánico
- Bacterias heterótrofas

## Nitrificación

- Condiciones aerobias
- Fuente de carbono inorgánico
- Bacterias autótrofas

## Desnitrificación

- Condiciones anóxicas/anaerobias
- Fuente de carbono orgánico
- Bacterias heterótrofas

## Anammox

- Condiciones anóxicas/anaerobias
- No requiere fuente de carbono orgánico
- Bacterias autótrofas

- ✓ El carbono disponible en el agua se agota en la fase aerobia
- ✓ Valores de Eh +220 mV para desnitrificación
- ✓ Condiciones aerobias y anaerobias simultáneamente
- ✓ Verter de un humedal a otro oxigena el efluente

# Metodología

# Descripción de la unidad experimental

## Dimensiones

0.48 x 0.48 x 0.8 m. (A x L x P)

## Vegetación

*Strelitzia reginae* L.

## Sustrato

Tezontle molido

D10: 0.48 mm

D60: 1.9 mm

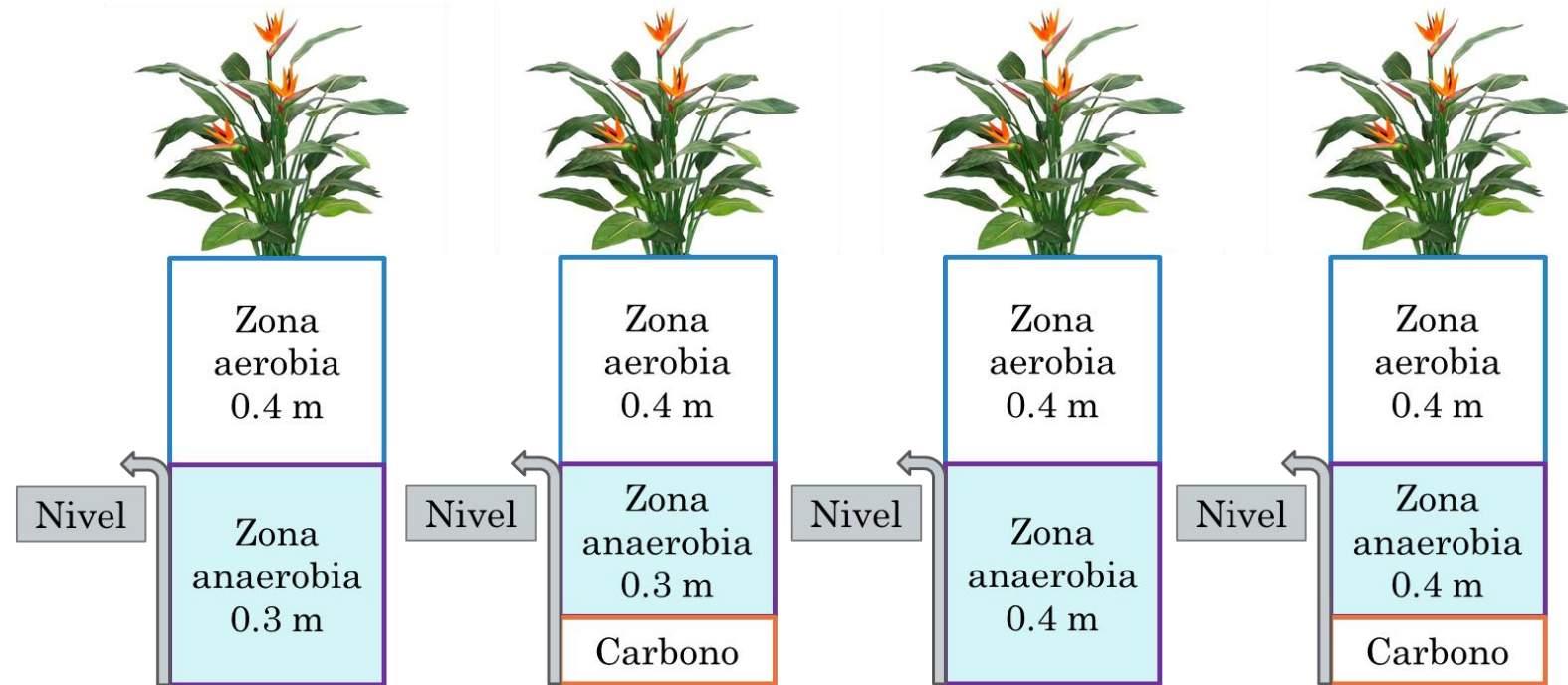
## Fuente de carbono

Olote seco

## Agua residual

Proveniente del CUCI

Caudal 33.6 L/d



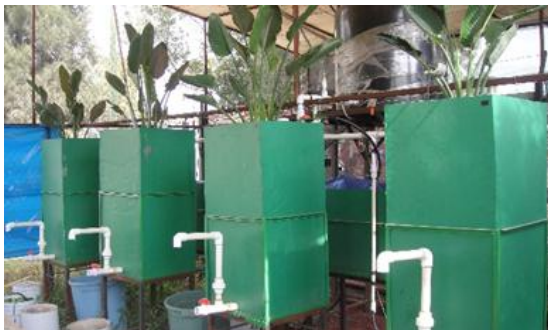
## Periodo de estabilización (3 meses)

- ✓ Suministro de agua residual
- ✓ Funcionamiento correcto del sistema
- ✓ Adaptación de la vegetación
- ✓ Desarrollo de la comunidad microbiana

# Monitoreo de los parámetros de calidad del agua

## Parámetros in situ (Interior de los humedales)

1. Oxígeno Disuelto
  2. Potencial de óxido reducción (Eh)
  3. pH
- Periodo de monitoreo de 10 meses
  - Una lectura semanal
  - Medidor portátil de la serie HQ40d de sondas digitales IntelliCAL





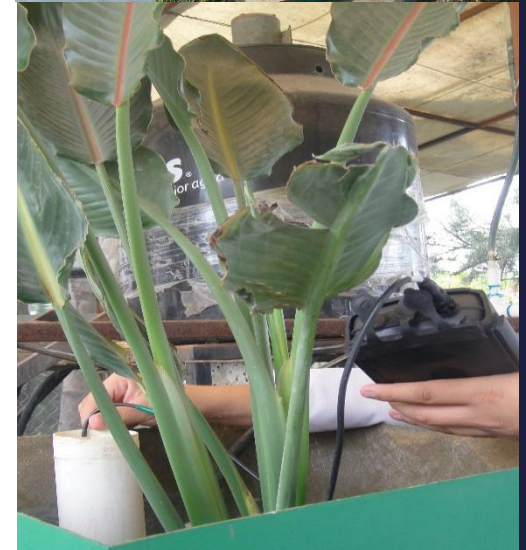
# Monitoreo de los parámetros de calidad del agua

Periodo de monitoreo de 7 meses  
Laboratorio de Calidad Ambiental, CUCI

- ✓ Muestreo semanal
  - Influyente general
  - Efluentes (I, II, III, IV)
- ✓ Nitrógeno total
  - Orgánico
  - Amoniacal
  - Nitrito
  - Nitrato
- ✓ Equipos
  - Kjeldhal
  - Reactor HACH COD
  - Espectrofotómetro



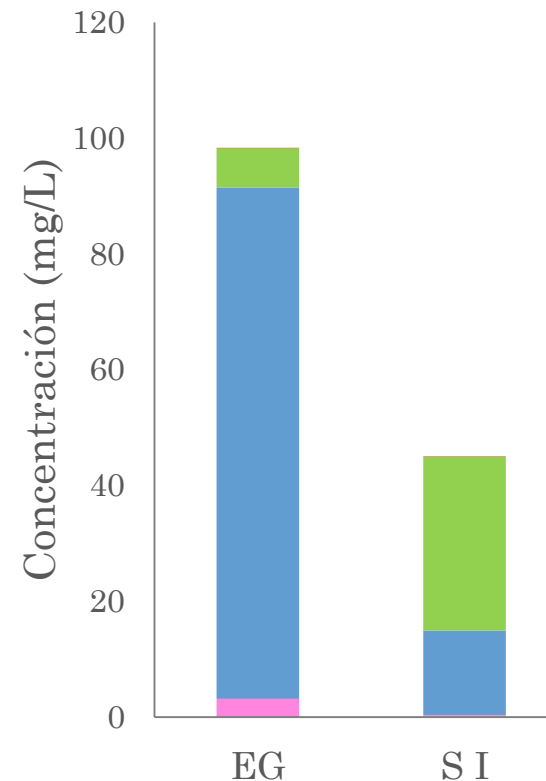
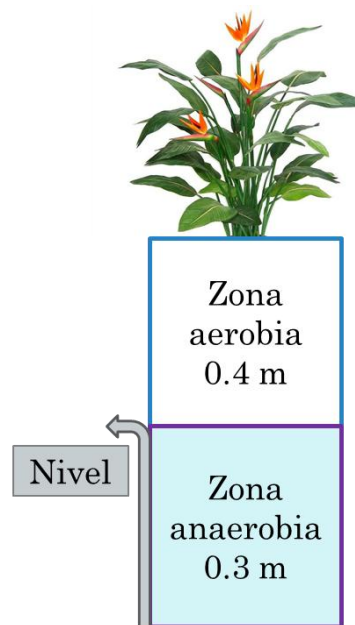
# RESULTADOS



# Evaluación del sistema I

Concentración (mg/L)		
	EG	S I
N-org	3.1 ± 2.4	0.3 ± 0.5
N- NH <sub>3</sub>	88.4 ± 48.1	14.6 ± 19.1
N-NO <sub>3</sub>	6.8 ± 6.4	30.1 ± 20.9
N-NO <sub>2</sub>	0.05 ± 0.2	0.07 ± 0.06
N-total	98.3 ± 53.8	45.1 ± 32.9

% Remoción	
N-org	90.3
N- NH <sub>3</sub>	80.4
N-NO <sub>3</sub>	Generación
N-NO <sub>2</sub>	Generación



■ Orgánico ■ Amoniacal ■ Nitrato ■ Nitrito

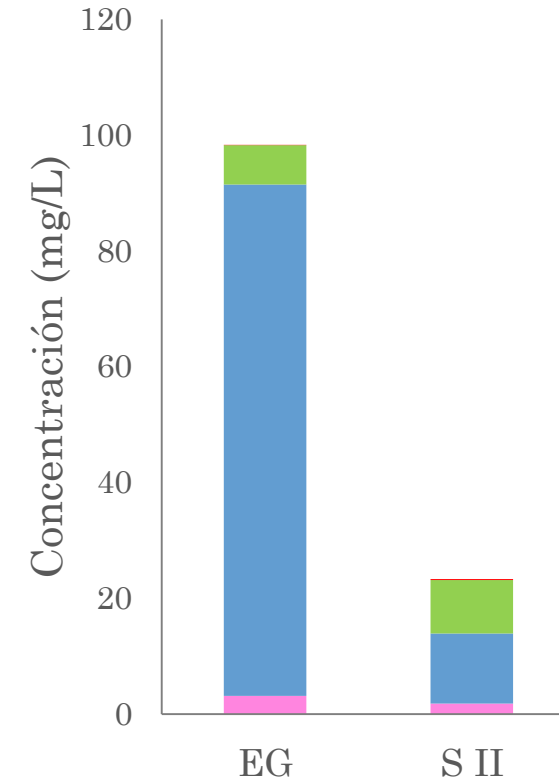
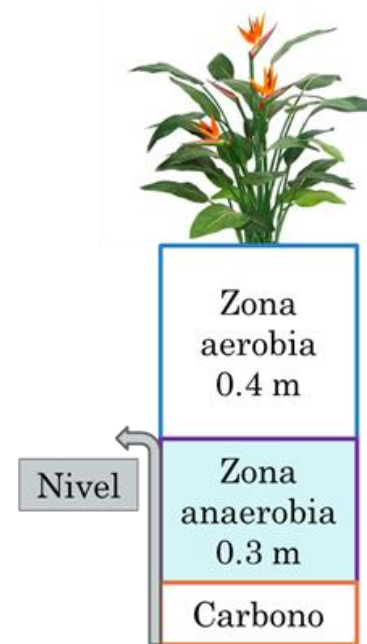
Condiciones promedio dentro del sistema

- OD 1.42 ± 0.8 mg/L
- Eh +113.18 ± 54.7mV
- pH 7.2 ± 0.4

# Evaluación del sistema II

Concentración (mg/L)		
	EG	S II
N-org	3.1 ± 2.4	1.8 ± 1.3
N- NH <sub>3</sub>	88.4 ± 48.1	12.1 ± 17.7
N-NO <sub>3</sub>	6.8 ± 6.4	9.2 ± 7.5
N-NO <sub>2</sub>	0.05 ± 0.2	0.13 ± 0.2
N-total	98.3 ± 53.8	23.2 ± 22.7

% Remoción	
N-org	42.3
N- NH <sub>3</sub>	83.7
N-NO <sub>3</sub>	Generación
N-NO <sub>2</sub>	Generación



■ Orgánico ■ Amoniacal ■ Nitrato ■ Nitrito

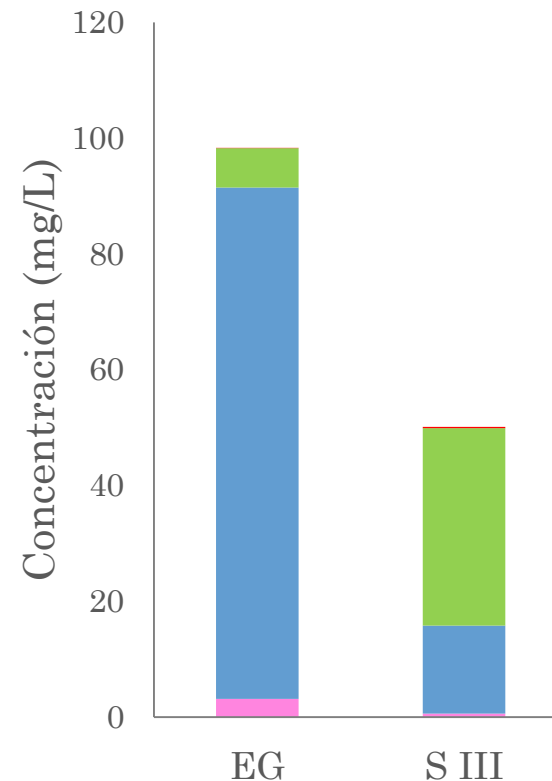
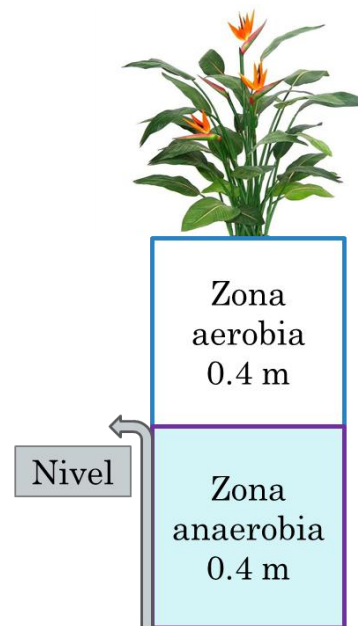
Condiciones promedio dentro del sistema

- OD 0.88 ± 0.9 mg/L
- Eh +8.08 ± 102.9 mV
- pH 6.2 ± 0.4

# Evaluación del sistema III

Concentración (mg/L)		
	EG	S III
N-org	3.1 ± 2.4	0.6 ± 0.7
N- NH <sub>3</sub>	88.4 ± 48.1	15.2 ± 21.2
N-NO <sub>3</sub>	6.8 ± 6.4	34.1 ± 28.0
N-NO <sub>2</sub>	0.05 ± 0.2	0.17 ± 0.3
N-total	98.3 ± 53.8	50.1 ± 40.7

% Remoción	
N-org	81.2
N- NH <sub>3</sub>	79.5
N-NO <sub>3</sub>	Generación
N-NO <sub>2</sub>	Generación



■ Orgánico ■ Amoniacal ■ Nitrato ■ Nitrito

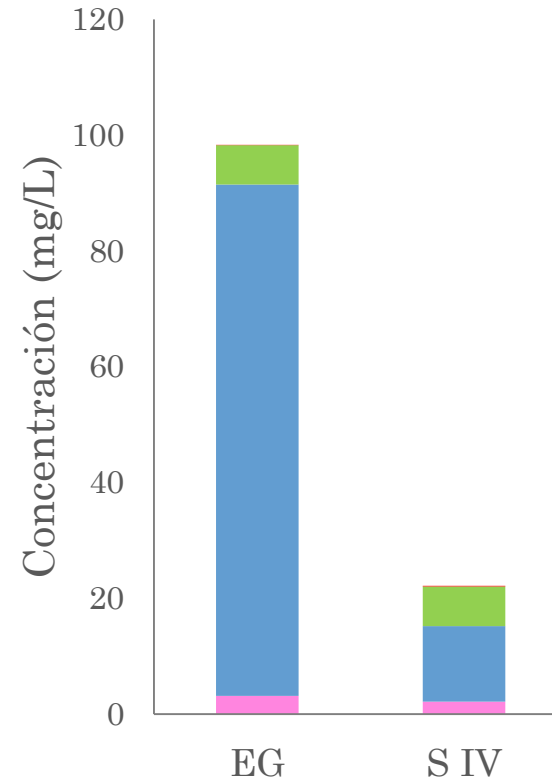
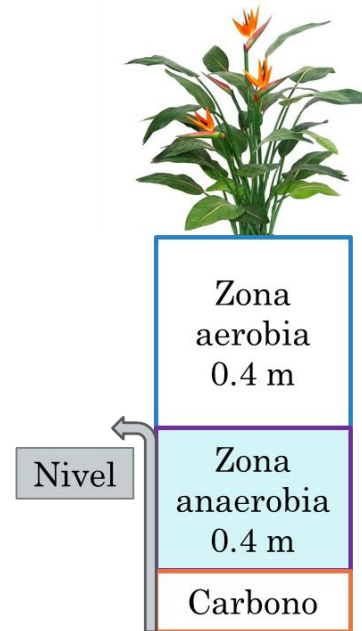
Condiciones promedio dentro del sistema

- OD 0.97 ± 1.0 mg/L
- Eh +95.7 ± 95.7 mV
- pH 7.2 ± 0.4

# Evaluación del sistema IV

Concentración (mg/L)		
	EG	S III
N-org	3.1 ± 2.4	2.1 ± 1.4
N- NH <sub>3</sub>	88.4 ± 48.1	13.0 ± 21
N-NO <sub>3</sub>	6.8 ± 6.4	6.9 ± 8.4
N-NO <sub>2</sub>	0.05 ± 0.2	0.10 ± 0.2
N-total	98.3 ± 53.8	22.1 ± 27.1

% Remoción	
N-org	32.20
N- NH <sub>3</sub>	82
N-NO <sub>3</sub>	Generación
N-NO <sub>2</sub>	Generación



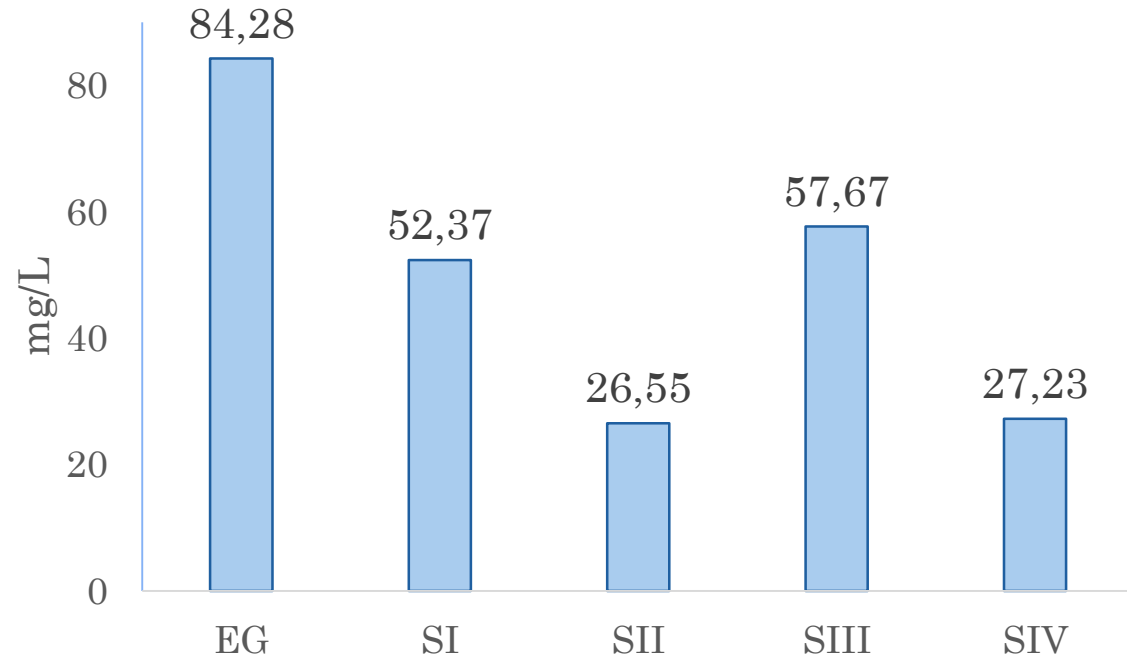
■ Orgánico ■ Amoniacal ■ Nitrato ■ Nitrito

Condiciones promedio dentro del sistema

- OD 0.36 ± 0.3 mg/L
- Eh +20.6 ± 77.1 mV
- pH 6.8 ± 0.4

# Remoción de nitrógeno total en los humedales verticales de dos fases

% Remoción de NT			
S I	S II	S III	S IV
46.6	72.4	40.6	73.7



- Reducción significativa de NT ( $p < 0.05$ ) en los 4 sistemas.
- Los sistemas II y IV fueron los más eficientes.
- La altura de la fase anaerobia no generó diferencia ( $p < 0.05$ ).

# Conclusiones



# Conclusiones

- Los cuatro humedales de tratamiento verticales de una sola etapa evaluados, fueron superiores para la remoción de NT, en comparación con los humedales de una sola etapa e híbridos.
- La presencia de una fuente de carbono en la zona anaerobia, favorece el proceso de desnitrificación, marcando así una diferencia significativa en la remoción de NT, contra aquellos que carecen de la misma.
- La altura de la zona anaerobia no impacta en la remoción de NT para los sistemas evaluados.

*Gracias por su atención*

