

# **CONTAMINACIÓN COSTERA EN LA REGIÓN DEL SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO**

**Juan Carlos Carrasco, Alfonso Corzo y Sokratis  
Pasprou.**

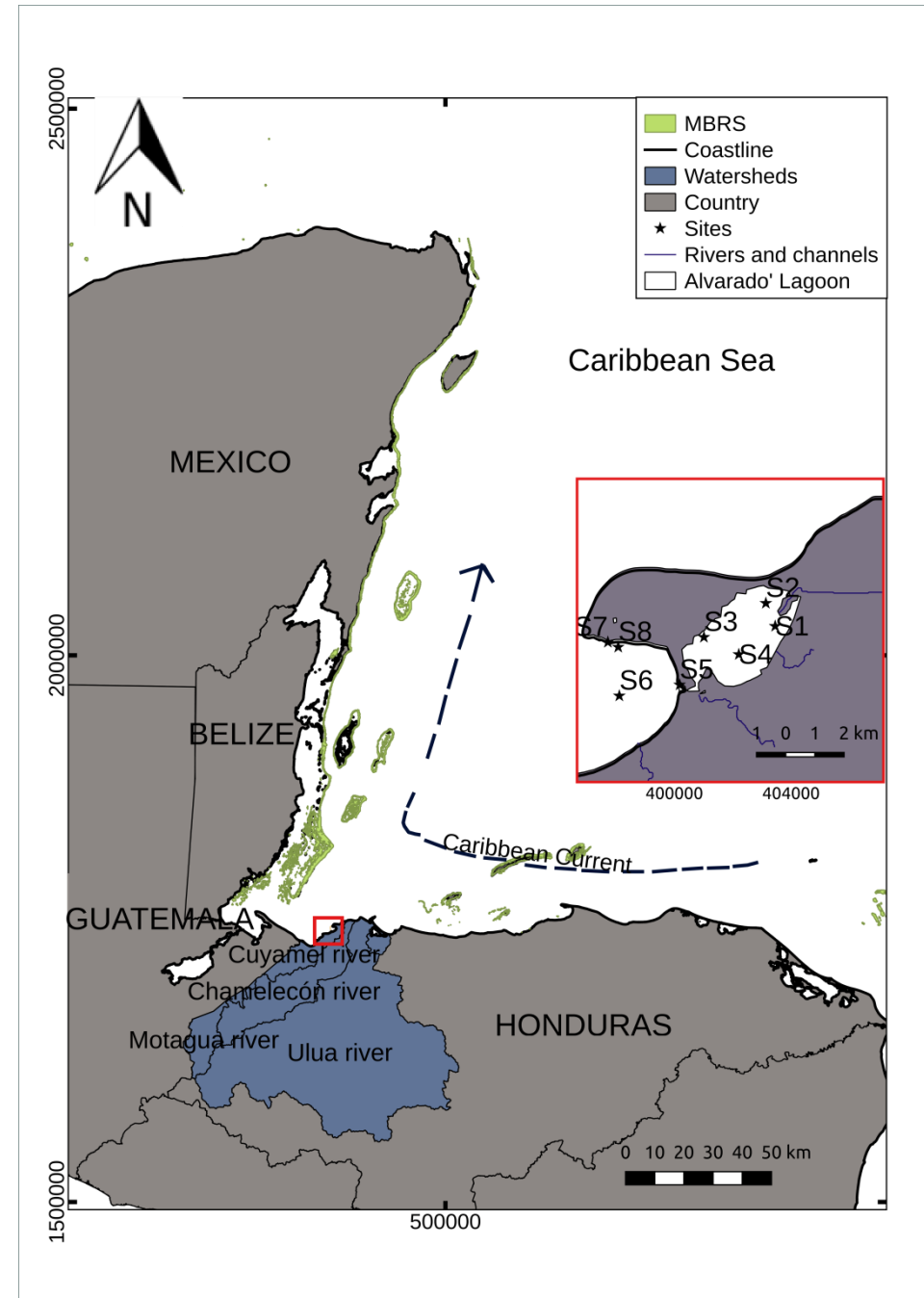
Departamento de Biología, Laboratorio de Ecología,  
Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales,  
Universidad de Cádiz, España.

# Área de estudio

**Región del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) y Golfo de Honduras (GoH).**

**Sistema laguna de Alvarado - Bahía de Pto. Cortés.**

**Zona de influencia marina de las cuencas transfronterizas de los ríos Ulúa, Chamelecón y Motagua.**



# Objetivos

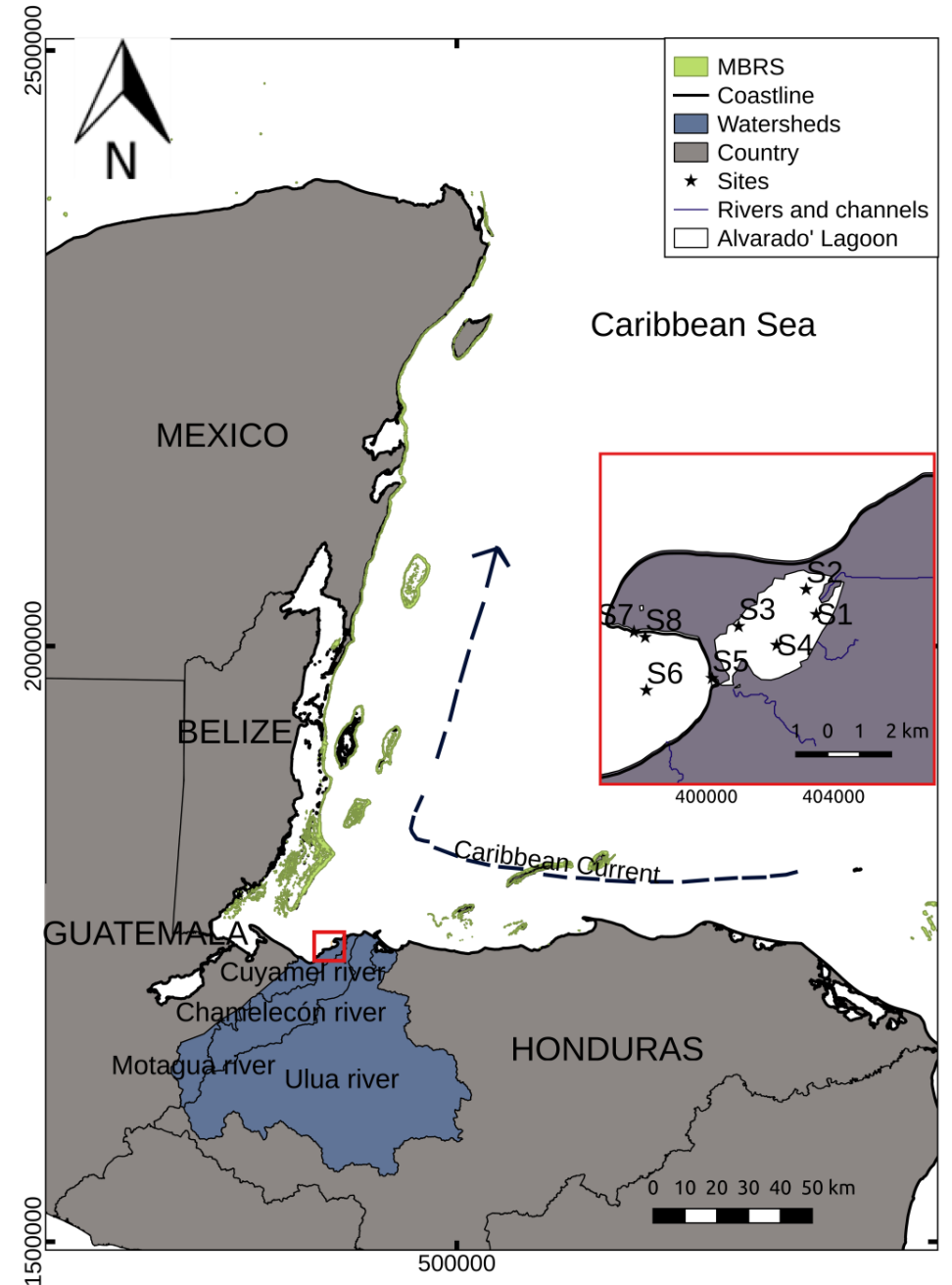
1. Evaluar el estado de la **calidad del agua** en el sistema Lag. de Alvarado-Bahía de Pto. Cortés.
2. Determinar la **influencia de los ríos** en los procesos de contaminación de las aguas costeras del SAM-GoH.
3. Analizar las implicaciones en la **salud del SAM-GoH**.

# Introducción

- Dieciséis ríos que aportan  $76 \text{ km}^3\text{a}^{-1}$  a la cuenca del Caribe, más del **66%** proviene de **Ulúa, Chamelecón y Motagua** (Heyman y Kjerve, 2001).
- Estas tres cuencas (**43,000 km<sup>2</sup>**) desembocan en el **SAM-GoH (1000 Km costa)** una zona de menor a los **50 km** (Carrasco et al., 2018).

# Introducción

- **Existe una fuerte conectividad en todo el SAM-GoH**, generada por el movimiento de masas de agua, principalmente a través de la zona costera de Honduras (Andrefouet et al., 2002, Sheng et al., 2007).



# Introducción

- Durante el **huracán Mitch**, la pluma de sedimentos procedente de los ríos de Honduras alcanzó las diferentes zonas del SAM-GoH (Guatemala, Belice y el sur de México) entre el primer y el quinto día ( $\approx 75 \text{ km d}^{-1}$ ) (Andrefouet et al., 2002).
- La **eutrofización** puede tener efectos adversos en los arrecifes de coral de **magnitudes similares a la reducción de herbívoros**, debido al crecimiento acelerado de las **macroalgas** que pueden cubrir y reemplazar a los corales (Arias-Gonzales et al., 2017).

## Introducción

- El depósito de nutrientes durante la estación seca, seguido de huracanes, puede ser devastador para los arrecifes de coral, ya que estos sistemas son **más vulnerables a las enfermedades** (Voss y Richardson, 2006).
- Después del **huracán Mitch** (Oct. 1998), se observó un gradiente de **enfermedades en corales** desde Honduras (**10%**), Belice (**5%**) y México (**3%**) (Kramer y Kramer, 2000).

# Introducción

- Existe una **fuerte correlación** entre el aumento del nitrógeno inorgánico disuelto procedente de las **descargas de los ríos** con el aumento significativo del **blanqueo térmico** (Wooldridge,2009).
- **Reducir - mantener** la concentración de **nitrógeno inorgánico** a niveles naturales tiene el mismo efecto que en reducir en **2.5°C** la temperatura (Wooldridge,2009).

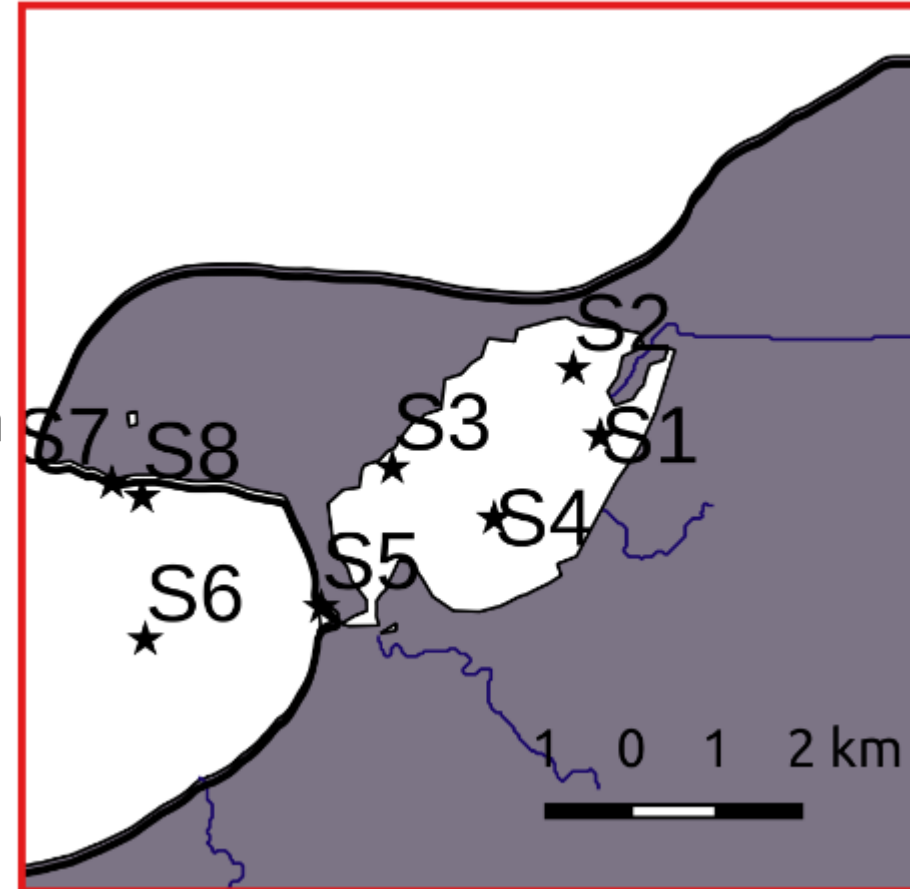


## Métodos

Se establecieron nueve sitios de muestreo y se llevaron a cabo dos campañas de muestreo, una durante la estación seca (mayo 2017) y otra en la temporada de lluvias (enero 2018).

## Variables

- TSS (TSS: COP; TSS: NP; Chla: POC; **C:N**).
- Nutrientes inorgánicos (**NID**; **PID**; SiD; **N:P**).
- Hidrología: T°, ‰, pH, **Oxígeno d.**, Radiación Fotosintéticamente Activa.
- Biomasa fitoplanctónica [**Clorofila a**], Pn: Chla.
- **Producción primaria fitoplanctónica (Pn).**



# Métodos analíticos

## Análisis

- Análisis de escalamiento multidimensional (MDS).
  - Permanova de una vías
  - El índice multivariado del estado trófico (TRIX).
- ✓  $TRIX = [\log (Chla * \% Od | * [NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+] * PRS) + K] / m$
- ✓ Escala trófica relacionada de 0 a 10 unidades.

En el fitoplancton marino la **C: N = 7** (Redfield et al., 1963).

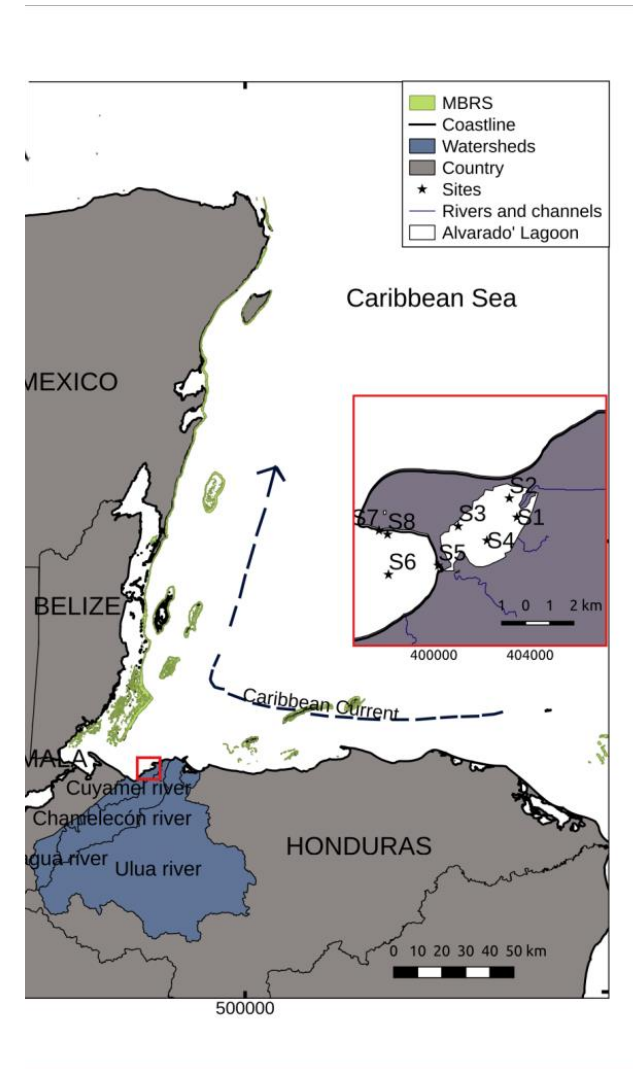
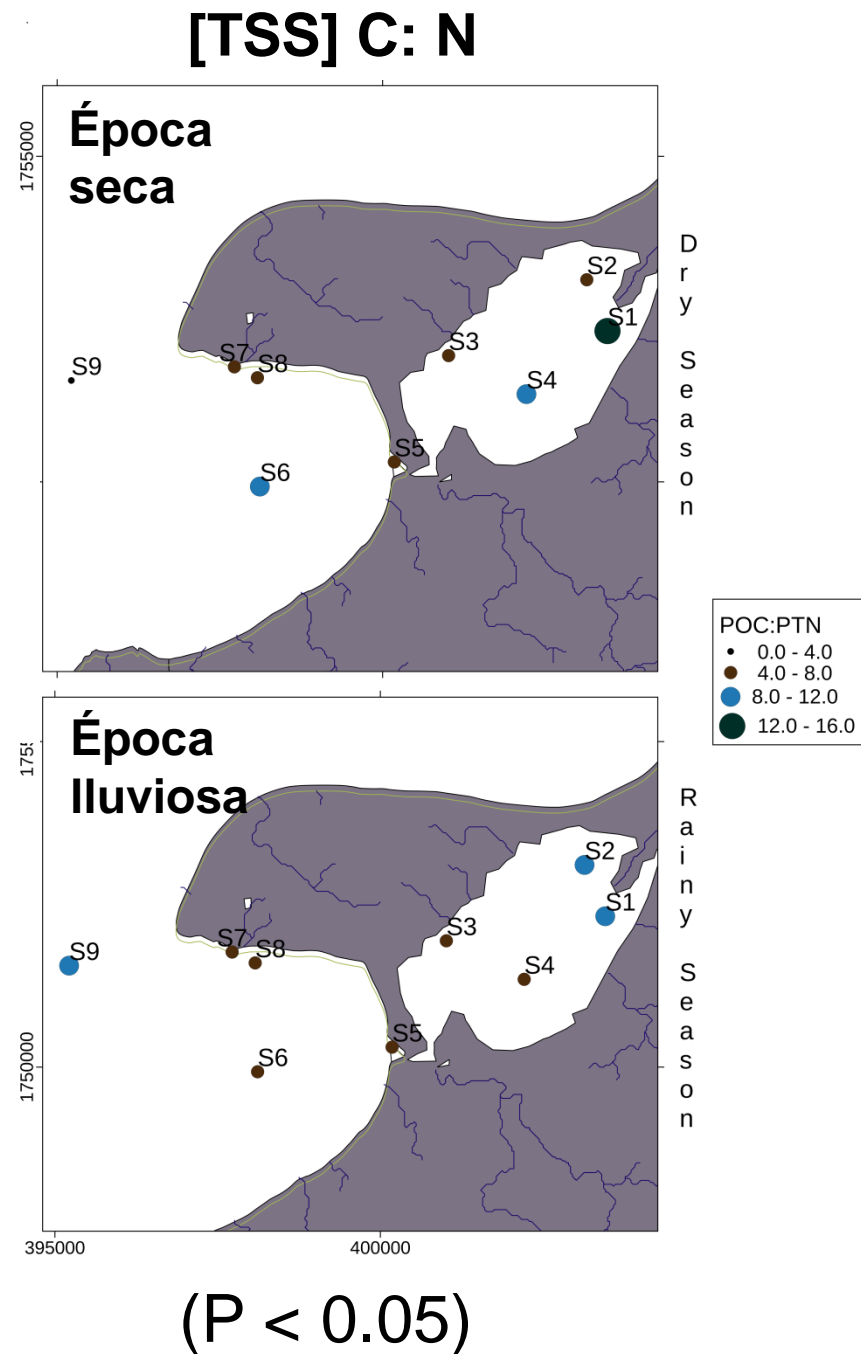
**C: N [TSS material particulado]**

•Laguna **C:N =  $7.9 \pm 1.2$**

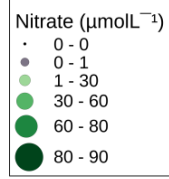
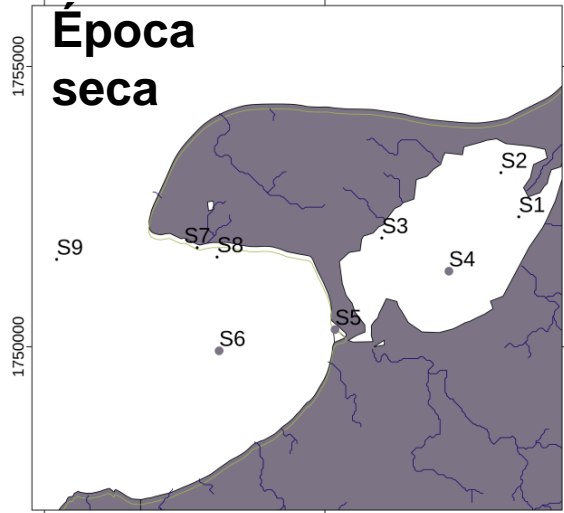
•Bahía **C:N =  $6.9 \pm 2.4$**

•> La **MO** es producida *in situ* o sea fitoplancton.

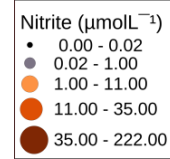
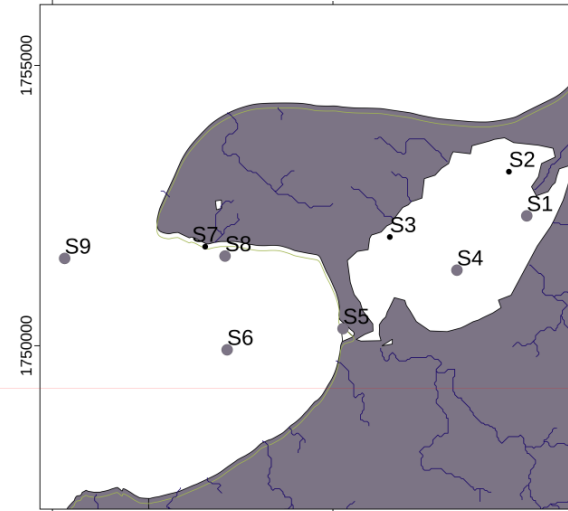
•El aporte de **MO** desde las cuencas es proporcionalmente poco (> **Inorgánico = nutrientes y sed- litogénico**).



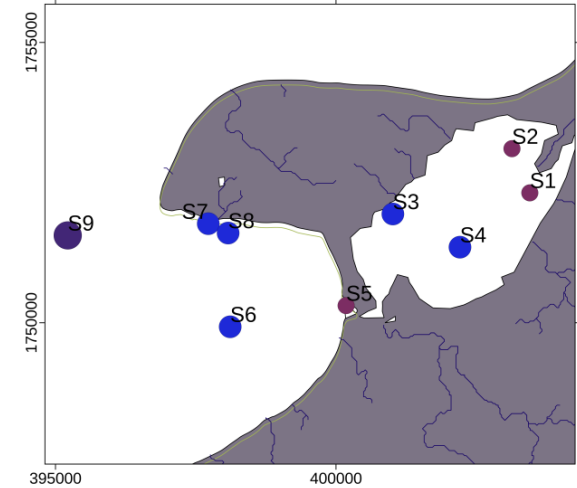
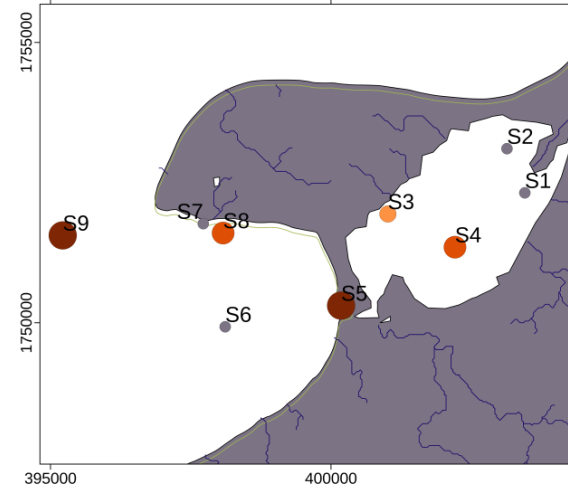
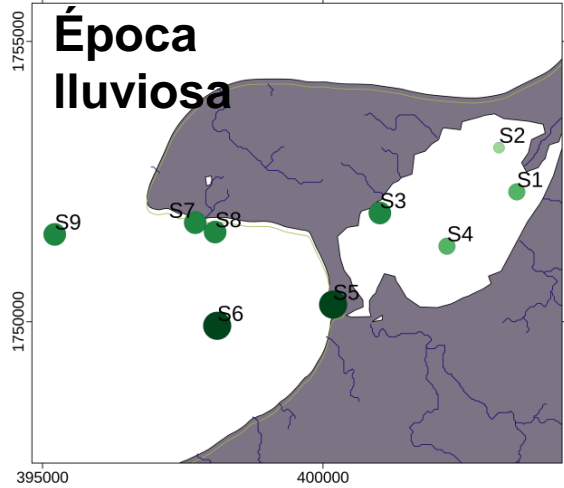
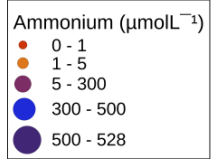
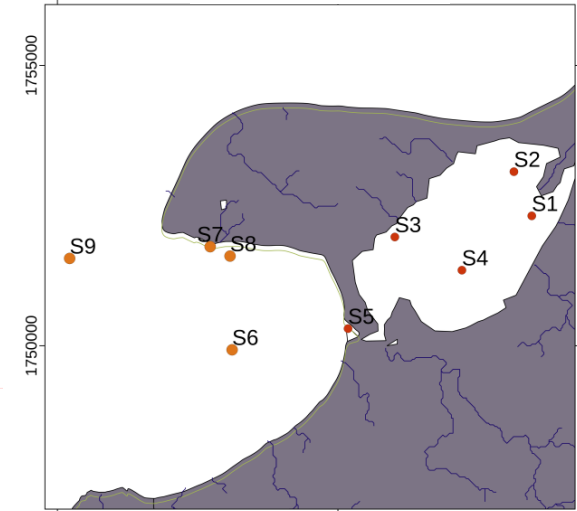
# Nitrato



# Nitrito



# Amonio

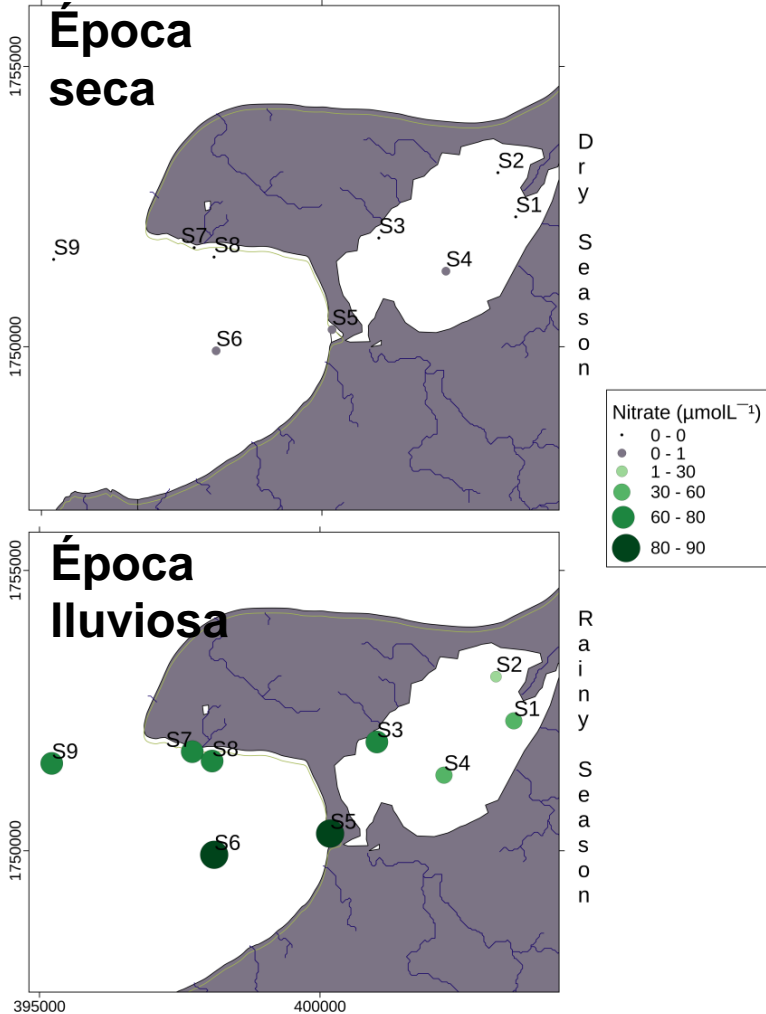


Lag  $\approx$  102 veces  
Bah  $\approx$  178 veces  
( $P < 0.01$ )

Lag  $\approx$  1580 veces  
Bah  $\approx$  352 veces  
( $P < 0.01$ )

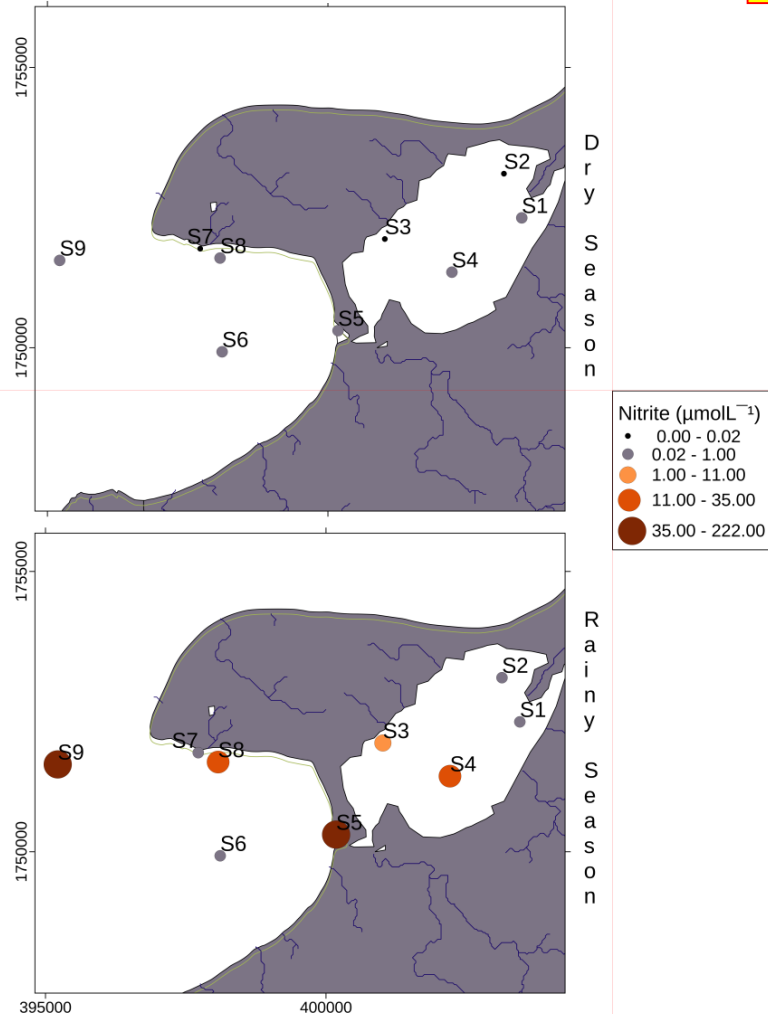
Lag  $\approx$  1325 veces  
Bah  $\approx$  172 veces  
( $P < 0.01$ )

# Nitrato



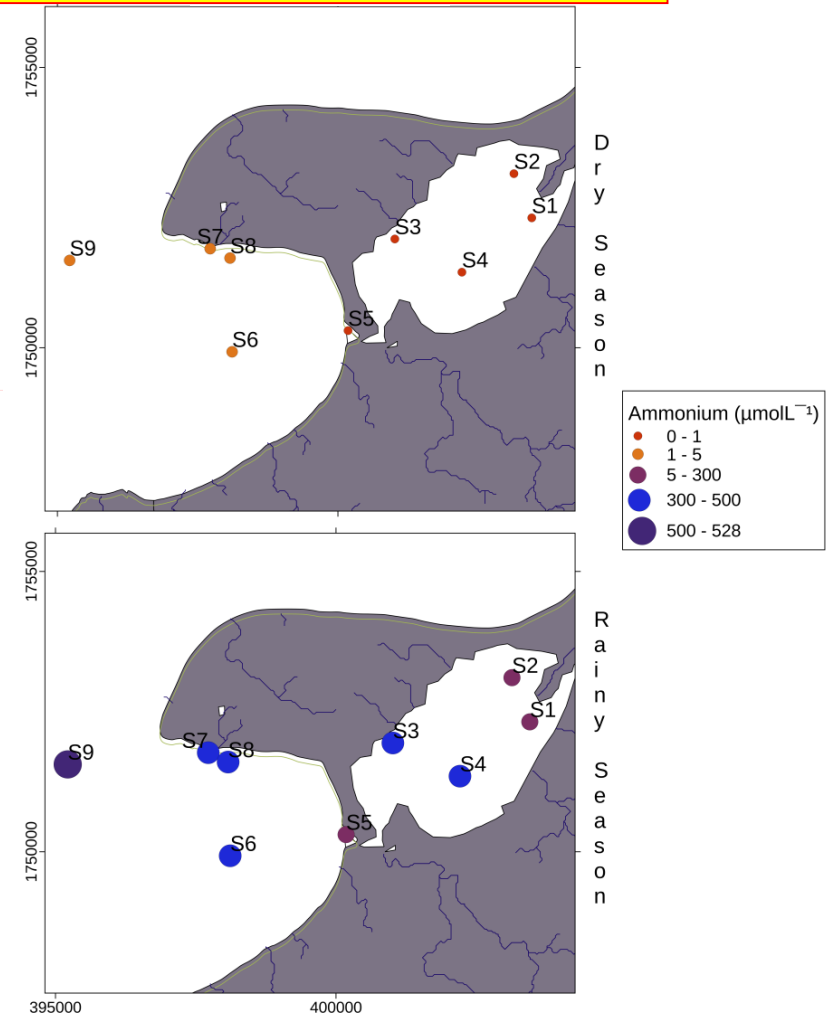
Lag  $\approx$  102 veces  
Bah  $\approx$  178 veces  
( $P < 0.01$ )

# Nitrito

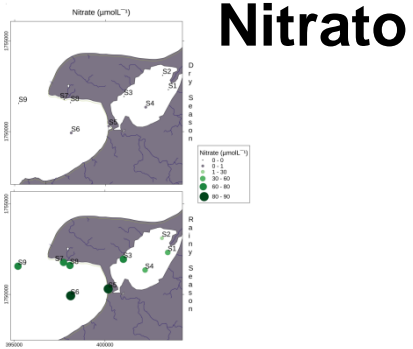


Lag  $\approx$  1580 veces  
Bah  $\approx$  352 veces  
( $P < 0.01$ )

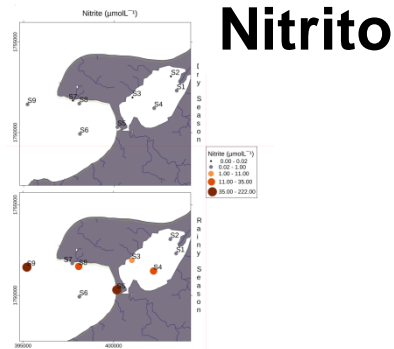
**NID  $357 \mu\text{molL}^{-1} = \text{NH}_4$  84%**



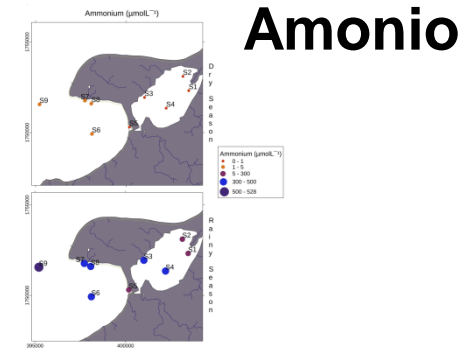
Lag  $\approx$  1325 veces  
Bah  $\approx$  172 veces  
( $P < 0.01$ )



+



+



# Época de mayor concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto

B. Pto. Cortés

**NID = 537  $\mu\text{molL}^{-1}$  vs**

(Carrasco et al., 2018)

Caribe Mexicano

**6.12  $\mu\text{molL}^{-1}$**

(Cárdenas-Palomo et al., 2009)

# Acidificación acelerada del mar Caribe

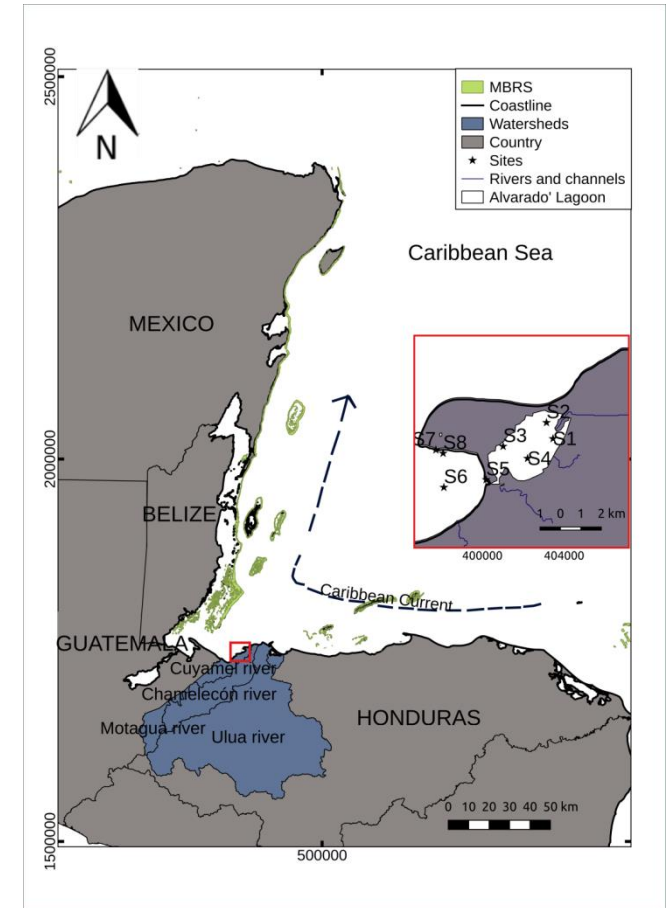
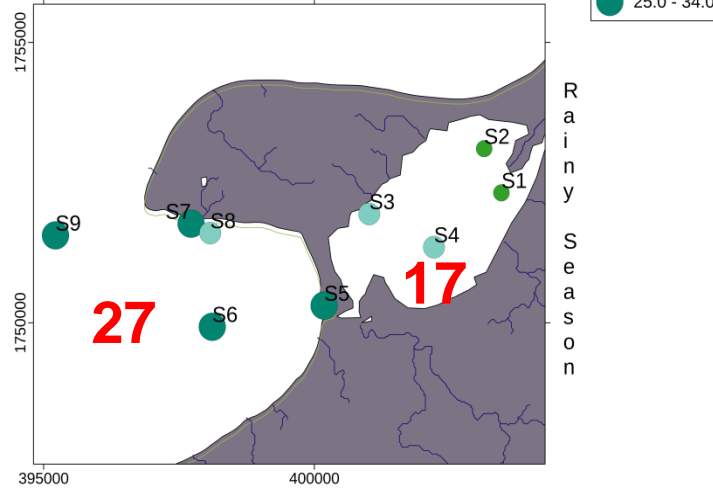
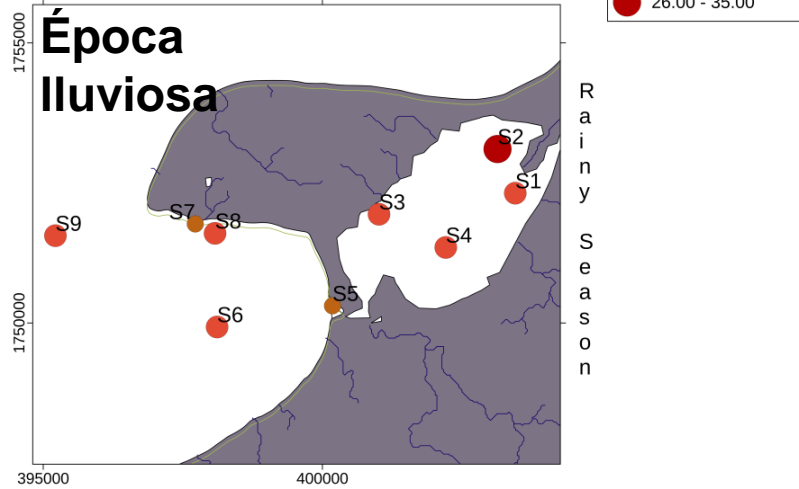
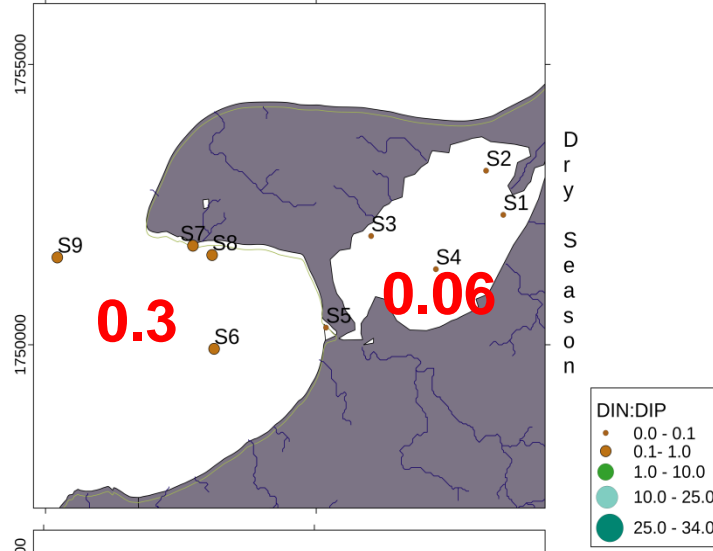
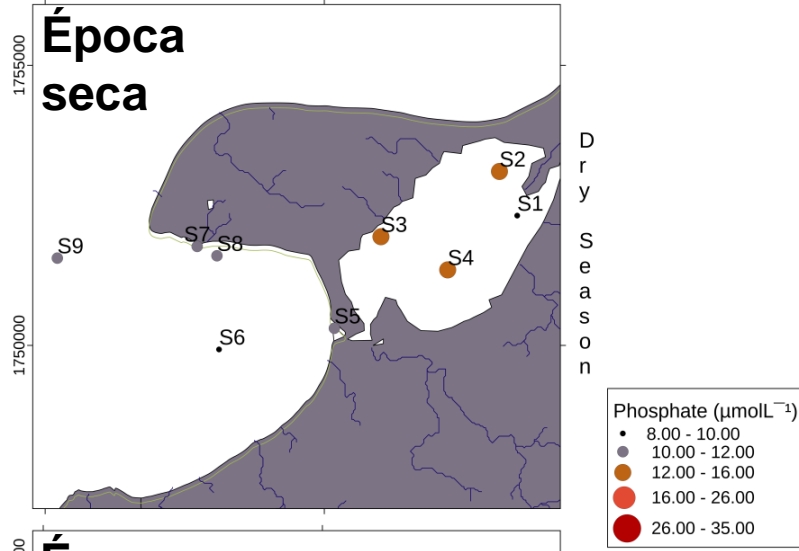
- El **pH** está disminuyendo en un rango de **-0.0071 u·a<sup>-1</sup>**.
- Un ritmo de **acidificación mayor** que el **promedio mundial** **-0.005 y -0,002 u·a<sup>-1</sup>** (IPCC, 2013).

## Causas:

- Emisiones de **CO<sub>2</sub>** (No lo podemos controlar).
- Exceso de **amonio** en el medio (Lo podemos controlar).

# Fosfato

# NID: FID = 16



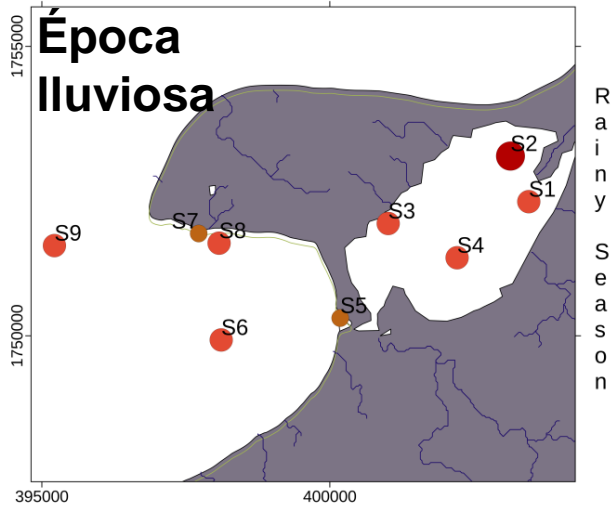
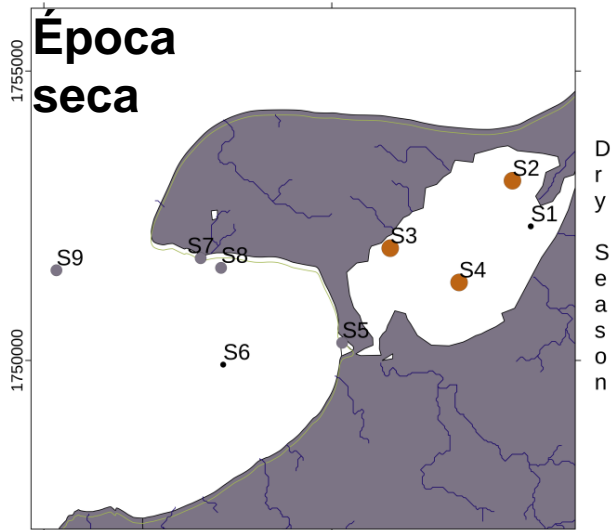
Lag  $\approx$  2 veces  
 Bah  $\approx$  2 veces (P < 0.01)

Exceso de nitrógeno durante la época lluviosa (Redfield et al., 1958).



# Época de mayor concentración de fosfato

## Fosfato



### B. Pto. Cortés

**FID = 20  $\mu\text{molL}^{-1}$**

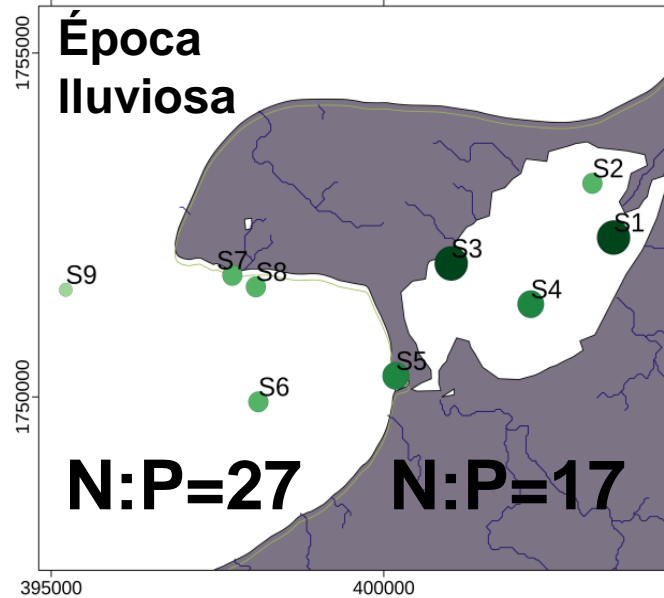
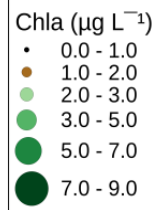
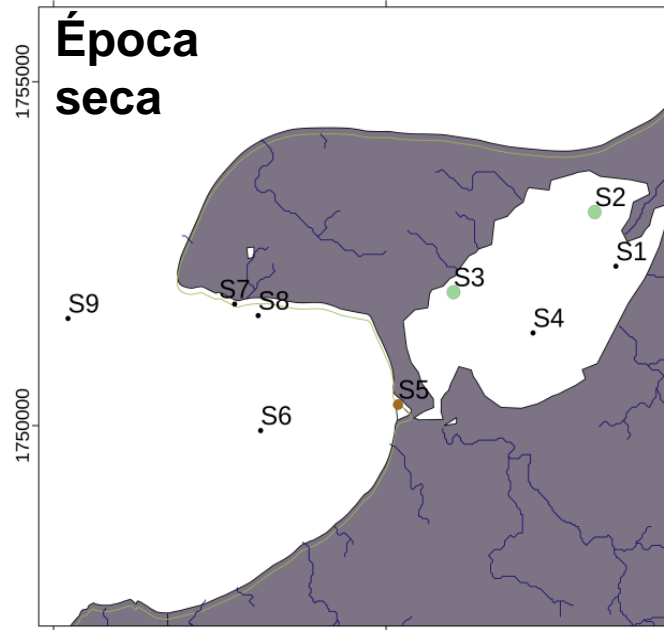
(Carrasco et al., 2018)

### Caribe Mexicano

**vs 0.3  $\mu\text{molL}^{-1}$**

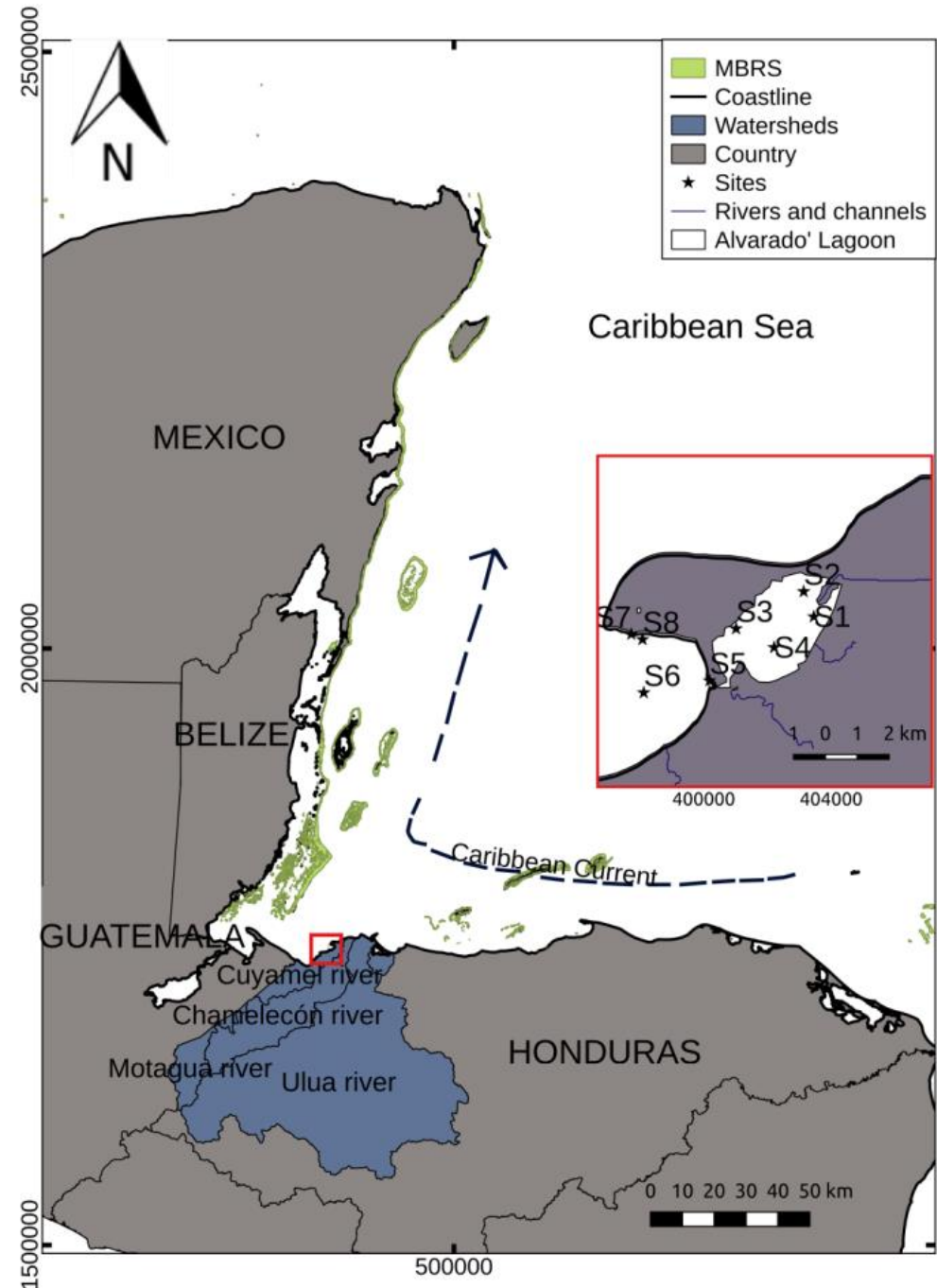
(Cárdenas-Palomo et al., 2009)

# Biomasa fitoplanctonica [Clorofila a]



**Mex: 1.4**  
**Cub: 0.14**

Lag  $\approx$  4 veces  
Bah  $\approx$  11 veces  
( $P < 0.01$ )



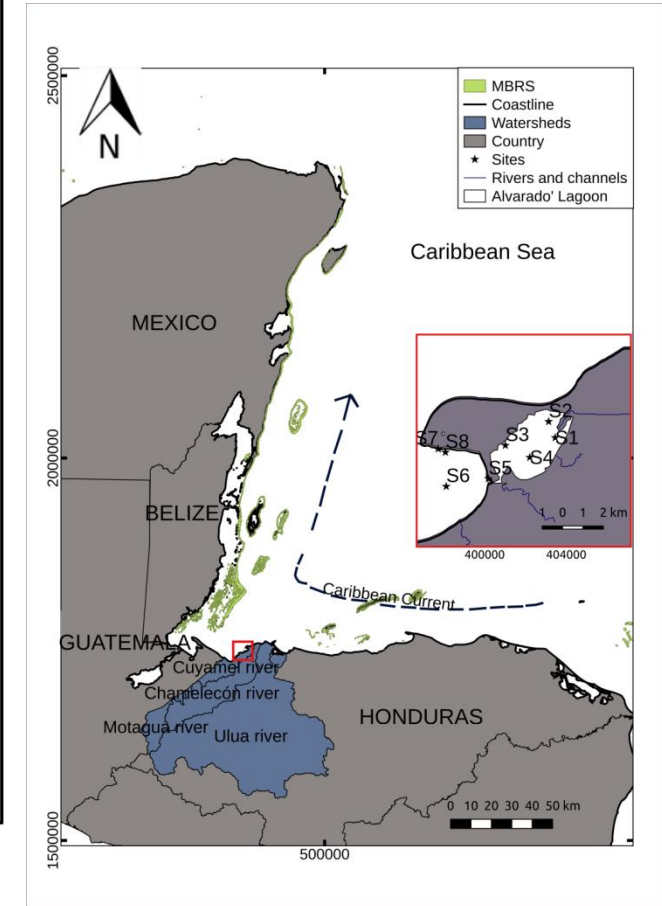
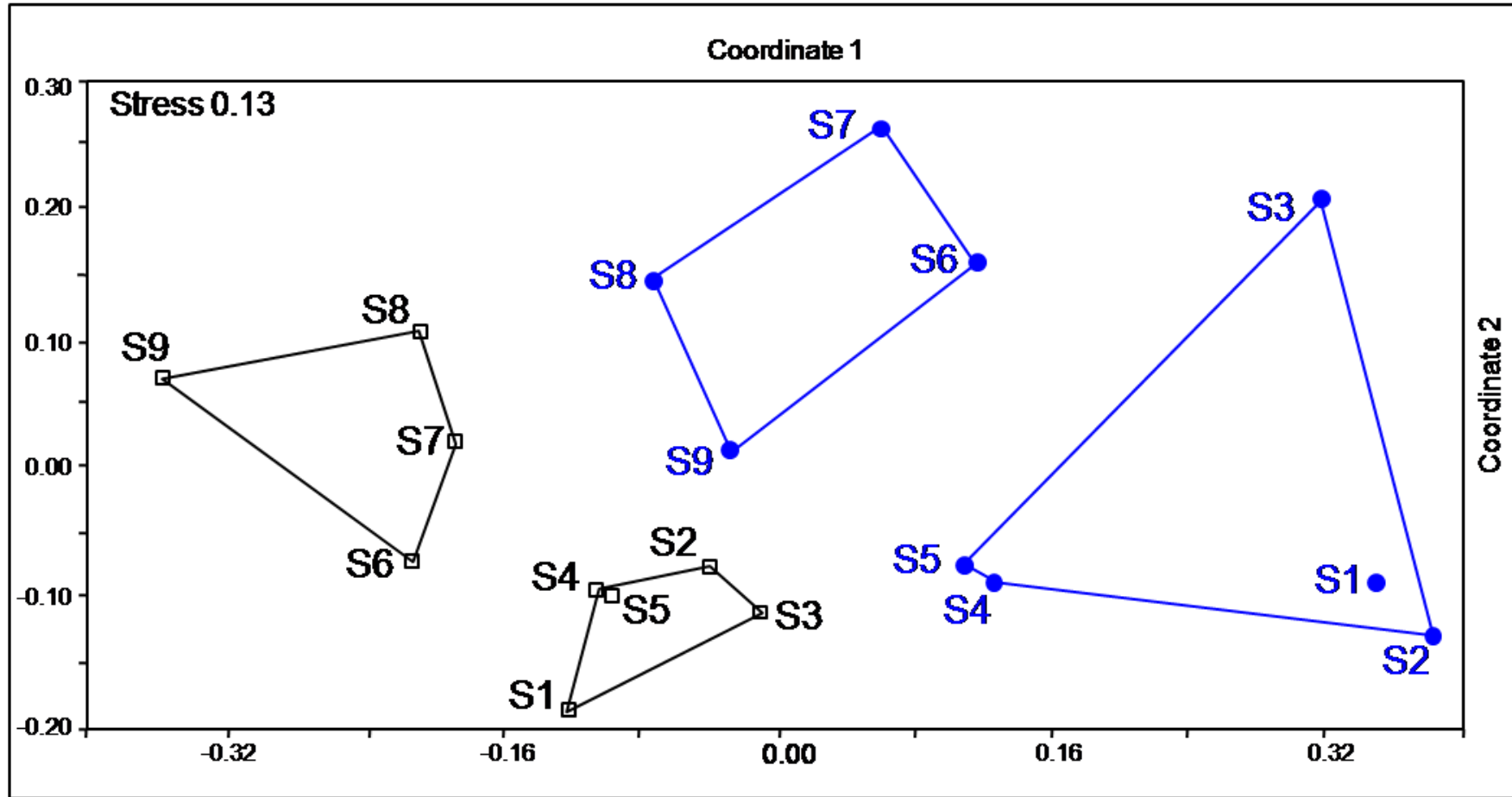


Fig. Las variaciones estacionales generaron cuatro condiciones ambientales ( $P < 0.01$ ) en la laguna de Alvarado y la bahía de Puerto Cortés. ■ Época lluviosa ■ Época seca.

# Índice multivariado de la calidad del agua (TRIX)

Sitios	TRIX D Época seca	TRIX Época lluviosa	Score	Estatus de calidad de agua
S1	7.98	9.24	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S2	8.57	8.82	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S3	8.66	9.96	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S4	8.62	9.99	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S5	8.41	10.00	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S6	7.05	8.88	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S7	8.21	8.95	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S8	8.24	9.07	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.
S9	6.96	8.65	Pobre	Agua altamente productiva, máximo nivel trófico.

# Conclusiones.

- La intensa actividad agroindustrial en las cuencas de los ríos Ulúa Chamelecón y Motagua, principalmente por el uso de **fertilizantes** seguido del vertido de **aguas municipales** mal tratadas, representan junto con el cambio climático el mayor **estresante** para el **SAM-GoH**.

# Desafíos.

- Sobre la base de lo anterior, el principal desafío para los países que comparten el SAM-GoH (**Honduras, Guatemala, Belice y México**) es implementar conjuntamente una política de gestión integrada para las cuencas fluviales que contaminan el SAM-GoH; donde la **reducción de la contaminación por agroquímicos y vertidos municipales** debe ser la prioridad.

Muchas gracias