



Departamento de

## **Investigaciones Científicas y Tecnológicas**

Facultad Interdisciplinaria de Ciencias Biológicas y de Salud

Universidad de Sonora. Campus Hermosillo

### **PLAN DE MONITOREO**

**“Determinación de la calidad de agua, biodeposición de nutrientes y disponibilidad de alimento para filtradores en la zona de manejo integral para callo de hacha (*Atrina tuberculosa*) en Bahía de Kino, Sonora”**

*Por:*

*M. C. Erick José Ponce Manjarrez*

*Dra. Perla Urquidez Bejarano*

Hermosillo, Sonora. A 08 de noviembre del 2024



## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1. Área de estudio</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2. Trabajo de campo</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3. Trabajo de laboratorio</b> .....	<b>7</b>
2.3.1. Determinación de SSST, MOP y MIP .....	7
2.3.2. Determinación de nutrientes inorgánicos disueltos .....	8
2.3.3. Determinación de la biomasa fitoplanctónica .....	9
2.3.4. Estimación del estado trófico .....	9
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>11</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio. (•) estaciones de muestreo. ....	5
---	---

## Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de los sitios de muestreo. ....	4
Tabla 2. Estados de la calidad del agua de acuerdo a la escala TRIX y características por nivel. ....	10
Tabla 3. Valores del índice TRIX para los diferentes niveles de estado trófico. ....	10

# 1. INTRODUCCIÓN

La zona costera es de suma importancia ecológica y económica pues es una fuente de bienes a través de actividades productivas como la pesca, el turismo, la acuicultura, entre otras (Barraza-Guardado *et al.*, 2014), además de servicios ambientales que benefician a la sociedad, por lo tanto, establecer el estado ecológico de los ecosistemas costeros es relevante para preservar las condiciones ambientales de estos ambientes, pues dichas aguas presentan una productividad significativamente más alta que cualquier zona continental (Lundin 2000).

En esta zona los productores primarios como el fitoplancton que puede medirse mediante la determinación de clorofila *a*, se encarga de transformar sustancias inorgánicas a formas orgánicas y modifica la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) entre otros (Cloern 1996), para ello es esencial considerar que la comunidad sigue patrones de abundancia y distribución relacionados con los factores físicos (temperatura, salinidad y disponibilidad de luz) y químicos (materia orgánica y nutrientes) que se presentan en el sistema (Santoyo-Reyes 1993, Ponce-Manjarrez 2016, Hernández-Becerril *et al.*, 2024). De aquí la importancia de caracterizar la dinámica espacio-temporal de estos procesos ya que el incremento de materia orgánica y nutrientes puede favorecer el incremento de la producción de biomasa y modificar las condiciones tróficas del sistema (Nixon 1995, Lohrenz *et al.*, 2003).

En ese sentido, el cambio potencial en el estado trófico del ecosistema, se hace evidente cuando hay un aumento en la tasa de suministro de materia orgánica al ecosistema, lo cual da como resultado incremento de nutrientes inorgánicos, y disminución en la transparencia (Nixon 1995), factores que estimulan proliferaciones algales que incluso pudiesen tener un potencial nocivo, enterramiento y muerte de comunidades bentónicas así como presencia de organismos patógenos, que afectan la biocenosis marina (Guevara-Menor & Salas-Ancajima 2022).

Por lo tanto, la estimación de las condiciones tróficas de un ecosistema y la determinación del estado de la calidad de agua en el ecosistema es posible a través de índices del estado trófico como el índice multivariado TRIX (Vollenweider *et al.*, 1998).

Por lo anterior se hace necesario determinar la calidad de agua a través del estado trófico, biodeposición de nutrientes inorgánicos disueltos y disponibilidad de alimento (clorofila *a* y materia orgánica), para organismos filtradores en zona de manejo integral para callo de hacha (*Atrina tuberculosa*) en Bahía de Kino, Sonora.

## **2. OBJETIVOS**

- Estrimar los factores físico-químicos que determinan la calidad de agua en la zona de manejo integral.
- Determinar la cantidad de materia orgánica y disponibilidad de alimento medido como biomasa fitoplanctónica disponible para organismos filtradores.
- Determinar la calidad de agua y estado trófico de la zona de manejo integral a través del índice multivariado TRIX.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

Para tener una aproximación robusta, tanto por esfuerzo de muestreo como por representatividad estadística sobre la dinámica del ecosistema se debe realizar un muestreo en al menos seis sitios (tabla 1; figura 1); donde 4 deberán situarse en el área de cultivo (CLL02-CLL05) y dos sitios de control fuera del área de cultivo (CLL01 y CLL06), lo cual permite generar una modelación espacial robusta. De igual manera para poder generar una modelación temporal y un análisis estacional comparativo lo suficientemente robusto, se debe realizar por lo menos un muestreo en cada estación del año, es decir realizar uno en primavera (abril), verano (agosto), otoño (noviembre) e invierno (enero).

Tabla 1. Coordenadas de los sitios de muestreo.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
CLL01	28.883414	-112.050375
CLL02	28.895838	-112.049747
CLL03	28.890949	-112.053291
CLL04	28.897995	-112.057017
CLL05	28.900894	-112.053826
CLL06	28.905784	-112.060645

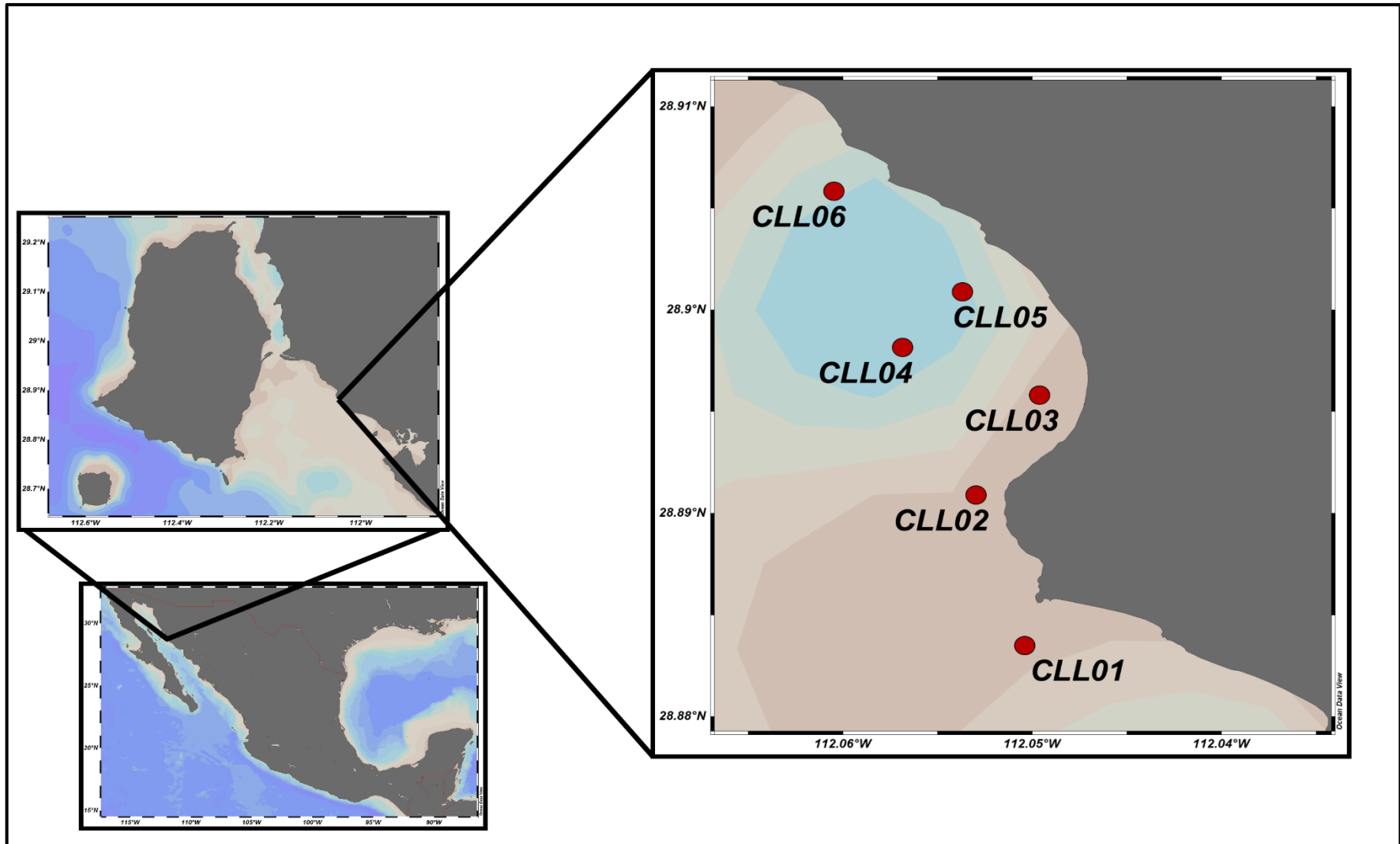


Figura 1. Área de estudio. (•) sitios de muestreo.



### **3.2. Trabajo de campo**

Durante el muestreo de cada estación del año y en cada sitio de muestreo se medirán las variables de temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno (%SAT), potencial de oxido-reducción (ORP), sólidos totales disueltos (TDS) y pH; adicionalmente se colectará un litro de agua mediante una botella tipo Van-Dorn a una profundidad de 0.5 m y el agua colectada será depositada en una botella de polipropileno color negro y se mantendrá en una hielera hasta su filtración en tierra.

Una vez en tierra se procederá a filtrar 500 ml del agua colectada mediante un filtro GF/F Whatmman® de 47 mm de diámetro para la determinación de sólidos suspendidos totales (SST), materia orgánica particulada (MOP) y materia inorgánica particulada (MIP); los otros 500 ml también procederán a filtrarse a través de filtros GF/F Whatmman® de 47 mm de diámetro para la determinación de biomasa fitoplanctónica (clorofila *a*). Finalmente, 500 ml del agua resultante de la filtración será depositada en frascos de polipropileno de boca ancha para la determinación de nutrientes inorgánicos disueltos.

Todas las muestras deberán colocarse en una hielera para su transporte y una vez en el laboratorio deberán mantenerse a 0°C hasta su análisis.

## 2.3. Trabajo de laboratorio

### 2.3.1. Determinación de SST, MOP y MIP

Para la determinación de los SST, MOP y MIP se utilizará uno de los filtros colectados y se seguirá el método gravimétrico con calentamiento en estufa estandarizado y descrito tanto en normas oficiales mexicanas como en manuales instrumentales (APHA, 1992; NMX-AA-034-SCFI-2015; Strickland & Parsons, 1972).

Para determinar los sólidos suspendidos totales (SST), el filtro se colocará en una estufa a una temperatura de 100°C durante 24 hrs, luego se enfriará en desecador y se registrará su peso, el valor se obtendrá por diferencia de peso considerando para ello el volumen de agua filtrada y la concentración en mg L<sup>-1</sup> se determinará a través de la siguiente fórmula:

$$SST = \frac{(A - B)}{\text{volumen de muestra (L)}} \times 1000$$

*Donde:*

*A = peso del filtro con muestra secado a 100°C (mg)*

*B = peso del filtro seco antes de la muestra (mg)*

Para determinar la materia orgánica particulada (MOP), el filtro se colocará en peróxido de hidrógeno durante 30 minutos a una temperatura de 100°C, posterior a esto el filtro se colocará en un desecador y una vez seco se procederá a pesar en una balanza analítica. El valor de MOP se obtendrá por diferencia de peso a través de la siguiente fórmula:

$$MOP = \frac{A - B}{\text{volumen de la muestra (L)}} \times 1000$$

*Donde:*

*A = peso del filtro con muestra secado a 100°C*

*B = peso del filtro después de la oxidación y secado*

Finalmente, los sólidos totales inorgánicos se obtendrán por la diferencia de los SST y la MOP.

$$MIP = SST - MOP$$

### **2.3.2. Determinación de nutrientes inorgánicos disueltos**

Para la determinación de la concentración molar ( $\mu\text{M}$ ) de nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ) y ortofosfatos ( $\text{PO}_4$ ) se utilizará el agua filtrada en cada sitio de muestreo, donde la concentración se determinará mediante las técnicas estandarizadas para agua marina propuestas por Strickland & Parsons (1972), a través, de los siguientes procedimientos:

**Amonio:** En un tubo de ensaye se colocarán 5 ml de muestra a la cual se le adicionarán 0.2 ml de fenol, posteriormente se agregarán 0.2 ml de nitroprusiato de sodio y 0.5 ml de solución oxidante fresca (hipoclorito de sodio más reactivo alcalino), los tubos se colocarán en la obscuridad por 6 horas y posterior a este tiempo se tomará la lectura a 630 nm.

**Nitratos:** Se harán pasar 20 ml de muestra a través de una columna de cadmio a la cual se le agregarán 0.8 ml de cloruro de amonio concentrado; una vez que la muestra pase por la columna se le adicionarán 0.4 ml de sulfanilamida, después de 8 minutos se le agregarán 0.4 ml de N-naftil-etilen-diamina y después de 10 minutos se tomará la lectura a 543 nm.

**Nitritos:** En un tubo de ensaye se colocarán 10 ml de muestra a la cual se le adicionarán 0.4 ml de sulfanilamida, después de 8 minutos se le agregarán 0.4 ml de N-naftil-etilen-diamina y después de 10 minutos se tomará la lectura a 543 nm.

**Ortofosfatos:** En un tubo de ensaye se colocarán 10 ml de muestra a los cuales se les agregará una gota de hidróxido de sodio y posteriormente una gota de fenolftaleína hasta que aparezca un color rosa, después se le agregará ácido sulfúrico a una concentración 1N gota a gota, hasta hacer desaparecer el color rosado. Una vez hecho esto, se agregarán 2 ml de una mezcla de reactivos (ácido sulfúrico a una concentración 5N: tartrato de amonio: molibdato de amonio: ácido ascórbico) y después de 10 minutos se tomará la lectura a 885 nm.

Todas las mediciones deberán realizarse por triplicado y procesadas en un espectrofotómetro previamente calibrado, además, la concentración se determinará mediante curvas de calibración.

### 2.3.3. Determinación de la biomasa fitoplanctónica

Para estimar la concentración de biomasa fitoplanctónica medida como clorofila *a* ( $\text{mg m}^{-3}$ ), se utilizará el segundo filtro colectado, mismo que será procesado a través de las técnicas propuestas por Arar & Collins, (1997) a través de fluorometría, lo cual garantizará obtener la concentración de manera directa en el equipo.

### 2.3.4. Estimación del estado trófico

La determinación del estado trófico del área de estudio se realizará mediante la aplicación del índice multivariado denominado índice de estado trófico TRIX propuesto por Vollenweider *et al.* (1998). El índice TRIX integra factores directamente relacionados con la productividad, tales como la clorofila *a*, saturación del oxígeno disuelto, y nutrimentales como nitrógeno inorgánico disuelto y fósforo inorgánico disuelto. La escala que maneja el índice es de 0 a 10 y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TRIX} = \frac{[\text{Log}_{10}((\text{Cl } a) \times |\% \text{OD}_d| \times \text{NID} \times \text{PRS}) + K]}{m}$$

Donde:

*Cl a* = concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

$|\% \text{Od}|$  = valor absoluto de la desviación del por ciento de saturación de oxígeno disuelto, es decir,  $[100 - \% \text{Od}]$ .

*NID* = nitrógeno inorgánico disuelto, *N* como:  $[\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4]$

*PRS* = fósforo reactivo soluble ( $\text{PO}_4$ ).

Las constantes  $K = 1.5$  y  $m = 1.2$ , son valores de escala introducidos para ajustar el valor límite más bajo del índice y la extensión de la escala trófica relacionada, de 0 a 10 unidades TRIX.

El TRIX cubre un rango de 4 estados de la calidad del agua (tabla 2): alta, buena, mala y pobre (Giovanardi & Vollenweider 2004, Penna *et al.* 2004, Salas *et al.* 2008) y también cubre los 4 estados tróficos (Pinckney *et al.*, 2001; tabla 3).

Tabla 2. Estados de la calidad del agua de acuerdo a la escala TRIX y características por nivel.

<b>Escala TRIX</b>	<b>Estado de la calidad del agua</b>	<b>Características del agua</b>
0 - 4	Alta	Póbremente productiva, nivel trófico bajo
4 - 5	Buena	Moderadamente productiva, nivel trófico medio
5 - 6	Mala	Entre moderada y alta en cuanto a productividad
6 - 8	Pobre	Altamente productiva, nivel trófico el más alto

Tabla 3. Valores del índice TRIX para los diferentes niveles de estado trófico.

<b>Valor del índice TRIX</b>	<b>Nivel de estado trófico</b>
0 - 2.5	Oligotrófico
2.6 - 5	Mesotrófico
5.1 - 7.5	Eutrófico
7.6 - 10	Hipertrófico

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- APHA (1992) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. , 17th ed. Clescer L, AE, Greenberg RR (eds) Trussell , Washington, D.C. .
- Arar EJ, Collins GB (1997) Method 445.0 In Vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence. National Exposure Research Laboratory Office of Research and Development U.S. National Exposure Research Laboratory Office of Research and Development US.
- Barraza-Guardado RH, Martínez-Córdova LR, Enríquez-Ocaña LF, Martínez-Porchas M, Miranda-Baeza A, Porchas-Cornejo MA (2014) Effect of shrimp farm effluent on coastal water and sediment quality parameters off the coast of Sonora, Mexico. *Cienc Mar* 40:221–235.
- Cloern JE (1996) Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review whit some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics* 34:127–168.
- Giovanardi F, Vollenweider R (2004) Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the adriatic and Tyrrhenian seas. *J Limnol* 63:199–218.
- Guevara-Menor YE, Salas-Ancajima JN (2022) Remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante el uso de microorganismos de montaña en agua residuales de una Piscigranja. Tesis Profesional. Universidad Peruana Unión
- Hernández-Becerril DU, Varona-Cordero F, Gutiérrez-Mendieta FJ, Ponce-Manjarrez EJ, Merino-Ibarra M, Barón-Campis SA, Vargas-Reyes AU (2024) Response of the phytoplankton size fractions along environmental gradients from an oxygen minimum zone in the central Mexican Pacific. *Lat Am J Aquat Res* 52:416–442.
- Lohrenz SE, Carroll CL, Weidemann a. D, Tuel M (2003) Variations in phytoplankton pigments, size structure and community composition related to wind forcing and water mass properties on the North Carolina inner shelf. *Cont Shelf Res* 23:1447–1464.
- Lundin LC (2000) The Waterscape. Sustainable water management in the Baltic Sea basin. Uppsala University, Uppsala
- Nixon WS (1995) Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41:199–219.
- NMX-AA-034-SCFI-2015 (no date) Análisis de agua - medición de solidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
- Penna N, Capellacci S, Ricci. F. (2004) The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in Adriatic sea. *Mar Pollut Bull* 48:321–326.

- Pinckney JL, Paerl HW, Tester P., Richardson TL (2001) The role of Nutrient Loading and Eutrophication in Estuarine Ecology. *Environ Health Perspect* 109:699–706.
- Ponce-Manjarrez EJ (2016) Variabilidad espacio-temporal de los principales grupos fitoplanctónicos mediante la utilización de pigmentos marcadores, en la laguna de Términos, Campeche. Universidad Nacional Autónoma de México
- Salas F, Texeira F, Marcos C, Marques JC, Pérez-Ruzafa A (2008) Applicability of the trophic index TRIX in two transitional ecosystems: the Mar Menor lagoon (Spain) and the Mondego estuary (Portugal). *ICES Journal of marine Science* 65.
- Santoyo-Reyes H (1993) Fitoplancton y productividad de lagunas costeras. In: *Fisicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas*. Figueroa-Torres G, Alvares-silva C, Esquivel-Herrera A, Ponce-Marquez ME (eds)
- Strickland JDH, Parsons TR (1972) *A practical handbook of seawater analysis*, Segunda Ed. Stevenson JC, Watson J (eds) Ottawa.
- Vollenweider RA, Giovanardi F, Montanari G, Rinaldi A (1998) Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics* 357:329–357.