

**Proyecto: Efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla de Chira y Paquera: Bio-monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona (ECOMAR)**

**INFORME: Caracterización físico-química y microbiológica del agua, ostras (*Magallanas gigas*) y mejillones (*Mytella guyanensis*) cultivados en el Golfo de Nicoya durante el período 2022-2023**



2023



## Resumen

El Golfo de Nicoya es un cuerpo de agua situado en la costa pacífica de Costa Rica. Su ecología y estado ambiental son de gran importancia debido a su biodiversidad, conectividad con el océano abierto y la influencia de actividades humanas en la zona. Para efectos de evaluar el estado de este cuerpo de agua, se monitorearon parámetros físico-químicos y microbiológicos medidos en aguas superficiales y organismos bivalvos, durante cuatro giras realizadas entre marzo del 2022 y febrero del 2023, en ocho sitios localizados en la entrada y a lo interno del Golfo de Nicoya.

## Elaborado por:

MSc. Eric Romero-Blanco<sup>1</sup>, Mag. Fiorella González-Solórzano<sup>2</sup>, Mag. Marlon Salazar-Chacón<sup>2</sup>, Bach. Ronald Sánchez-Brenes<sup>2</sup>, Lic. Sidey Arias-Valverde<sup>3</sup>, Lic. Gerardo Zúñiga-Calero<sup>3</sup>, Dra. Aura Ledezma-Espinoza<sup>1</sup>, PhD. Floria Roa-Gutiérrez<sup>1</sup>, Dra. Ingrid Gómez-Duarte<sup>4</sup>, PhD. Ítalo Braga de Castro<sup>5</sup>, PhD. Frédérique Courant<sup>6</sup>, PhD. Geoffroy Duporte<sup>6</sup>, PhD. Elena Gómez<sup>6</sup>, PhD. Nancy Ariza-Castro<sup>1</sup>

## Colaboradores del proyecto:

MBA. Marisela Bonilla-Freer<sup>1</sup>, Bach. Alejandra Mata-Mata<sup>1</sup>, Bach. Jocelyn López-Martínez<sup>1</sup>, Bach. Javier Montero-Jiménez<sup>1</sup>, Lic. María Paula Obando-Viquez<sup>2</sup>, Bach. Andrés Molina-Coto<sup>2</sup>, MSc. Scarlet Ortiz-Araya<sup>2</sup>, MSc. Rebeca Quesada-Céspedes<sup>3</sup>, Lic. Oscar Pacheco-Prieto<sup>3</sup>,

Estudiantes del Instituto Tecnológico de Costa Rica, de las carreras de Ingeniería Ambiental: Joshua Plummer-Peña, Nathaly Jiménez-Marín y Adriana Rojas-Chacón, así como de la carrera Ingeniería en Biotecnología: Yenderson Romero-Villalobos y Mélanie Corrales-Garro.

Dirección General y sus dependencias del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA)

Dirección de Farmacia del Hospital de la Anexión, del Hospital Monseñor Sanabria y del Hospital Dr. Enrique Baltodano Briceño de Liberia.

Asociaciones productoras de los organismos (ostras y mejillones) del Golfo de Nicoya.

Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC)

Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA)

<sup>1</sup>Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

<sup>2</sup>Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

<sup>3</sup>Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

<sup>4</sup>Centro de Investigación en Cuidados de Enfermería y Salud (CICES). Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

<sup>5</sup>Laboratorio de Microcontaminantes Orgánicos y Ecotoxicología Acuática, Universidad Federal de Sao Paulo, Brasil.

<sup>6</sup>HydroSciences, IRD, CNRS, Universidad de Montpellier, Francia

"El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que es responsabilidad exclusiva de los autores. Por tanto, la Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida. Frase del UE: descargo y el apoyo"

"The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein."

### Sitios Monitoreados:

Los parámetros físico químico y microbiológicos se midieron en las aguas superficiales de los sitios señalados en el mapa de la figura 1: Cabo Blanco (Cab), desembocadura del Río Tárcoles (Tar), Punta Cuchillo (Cuc), desembocadura del Río Barranca (Bar), Costa de Pájaros (CoP), Isla de Chira (ICh), desembocadura del Río Tempisque (Tem) y las estaciones de depuración EUV, EUV+P, SUV y SUV+P, instaladas en la Estación Nacional de Ciencias Marinas (ECMAR).

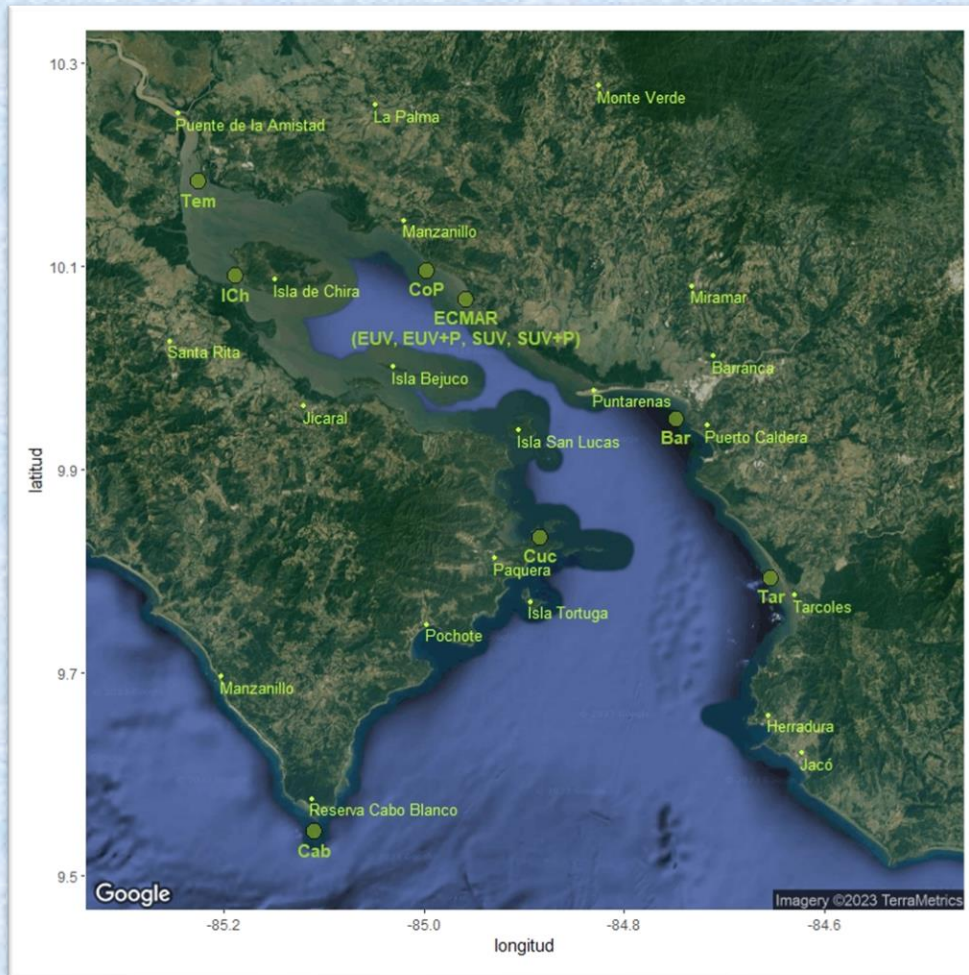


Figura 1: Localización de los sitios monitoreados en el Golfo de Nicoya

## I. Parámetros físicoquímicos.

Los parámetros físico-químicos medidos fueron: oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), potencial de oxidación/reducción (ORP), sólidos disueltos totales (TDS), salinidad, turbidez, sólidos disueltos totales (TDS) y sólidos suspendidos totales (SST). Las mediciones se realizaron en los mismos sitios durante 4 giras: marzo del 2022 (gira 1), julio del 2022 (gira 2), noviembre del 2022 (gira 3) y febrero del 2023 (gira 4).

### Comportamiento de los parámetros físico-químicos:

Para efectos de describir de una mejor manera el comportamiento de los parámetros físico-químicos en el Golfo, se consideró un orden de ubicación de los sitios de muestreo localizados en la zona marítima de la siguiente manera: desde la entrada hacia lo interno del Golfo, tal y como se señala en la figura 2:

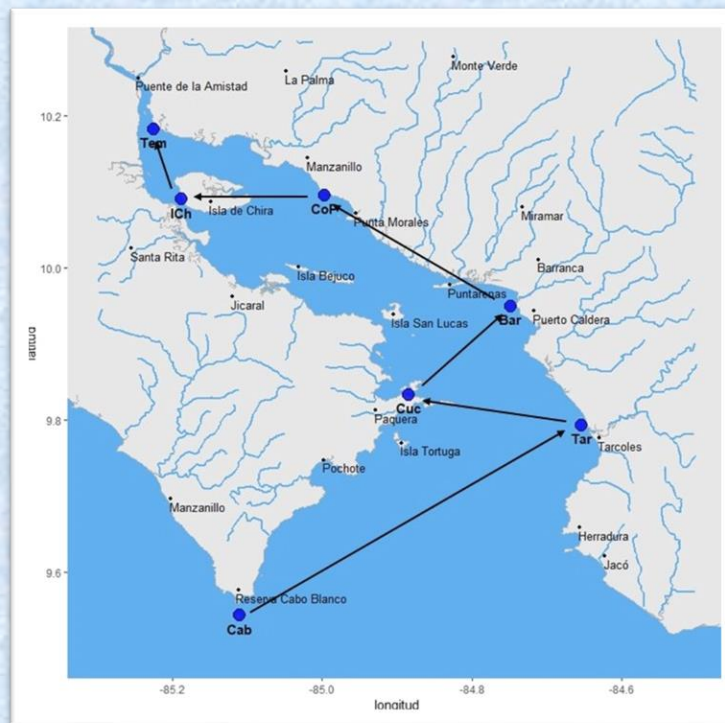


Figura 2: Orden considerado de los sitios monitoreados en la descripción y análisis del comportamiento de los parámetros físico-químicos medidos.

### A. Oxígeno disuelto (OD, mg/L):

El oxígeno disuelto es esencial para la vida marina y la descomposición de la materia orgánica. Niveles bajos de oxígeno pueden llevar a la hipoxia, lo que puede causar la muerte de organismos y la alteración del ecosistema. La variabilidad en el OD puede estar relacionada con la temperatura, la salinidad y la contaminación.

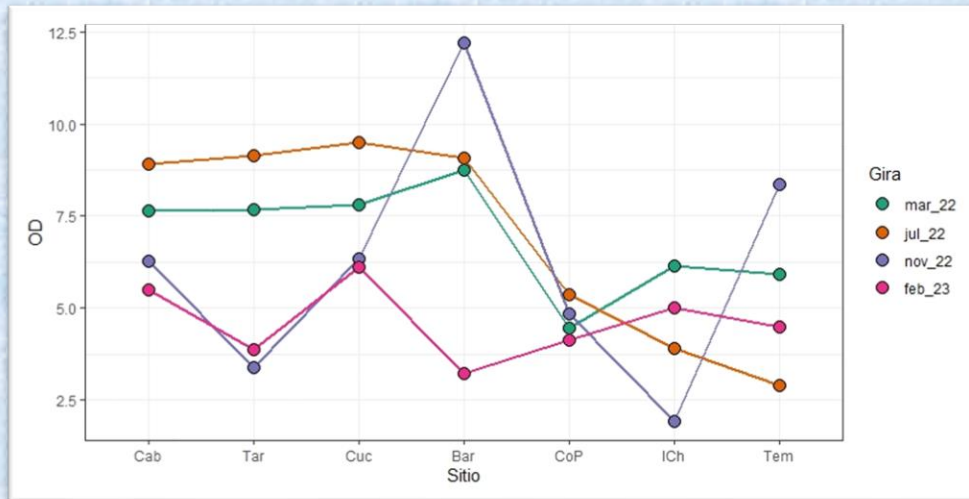


Figura 3: Comportamiento del OD entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

La figura 3 muestra para las giras de marzo del 2022 y julio del 2022 un comportamiento aproximadamente constante para el OD a la entrada del Golfo (entre los sitios Cab y Bar) y luego desciende a lo interno (entre los sitios Cop y Tem). Por otro lado, para las giras de noviembre del 2022 y febrero del 2023, se presentó una gran variabilidad en el OD, desde la entrada hasta lo interno del Golfo, sin que se pueda apreciar una clara tendencia al crecimiento o decrecimiento. No obstante, es importante hacer notar las altas concentraciones medidas en Bar y Tem, con relación a los otros sitios, para la gira de noviembre del 2022.

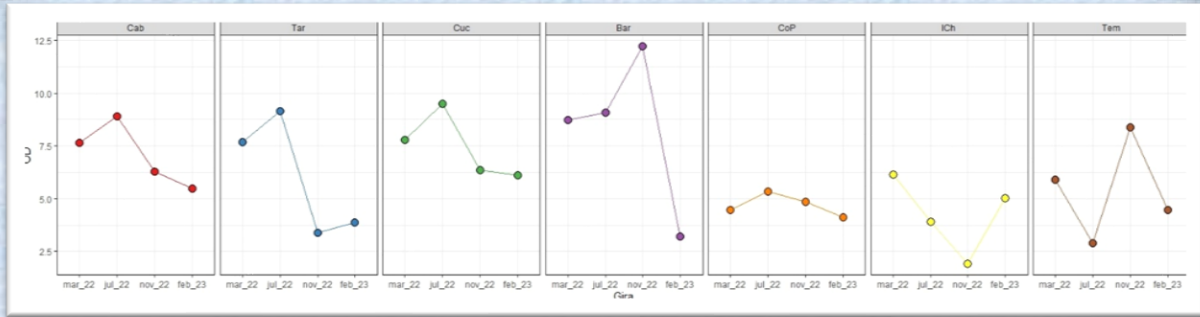


Figura 4: Detalle del comportamiento del OD para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

La figura 4 muestra un comportamiento similar en cuanto a la concentración de OD en los sitios Cab, Tar, Cuc y Bar localizados a la entrada del Golfo, para los cuales las mayores concentraciones de OD se dieron en las giras de julio o noviembre del 2022, coincidiendo estas con la época de transición a lluviosa y lluviosa respectivamente. Para el caso de los sitios Cop, ICh y Temp, localizados a lo interno del Golfo, el OD medido fue menor, sin que se presentara un mismo patrón de variación entre ellos.

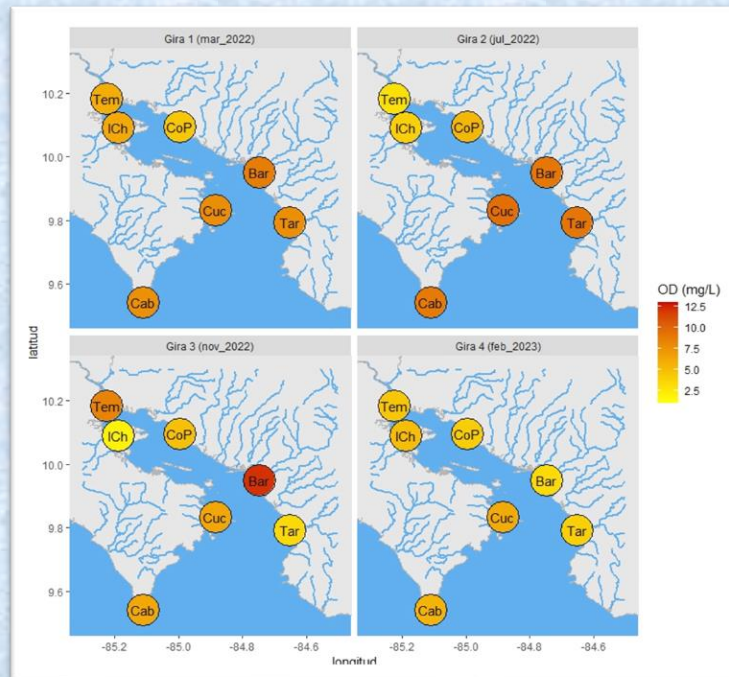


Figura 5: Mapa comparativo de la variación del OD entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

**B. Oxígeno disuelto (OD, %):**

Para efectos de evaluar la calidad del agua es más adecuado expresar la concentración de oxígeno disuelto en unidades de porcentaje de saturación.

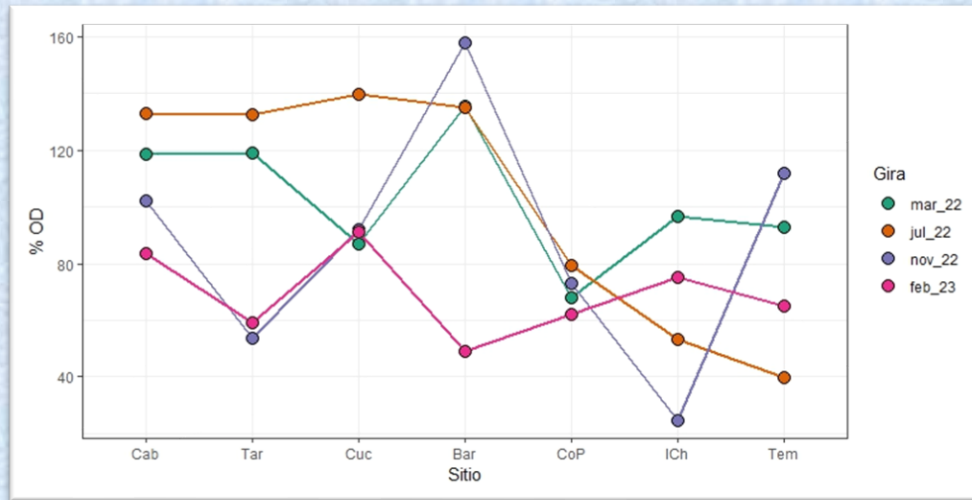


Figura 6: Comportamiento del % OD entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

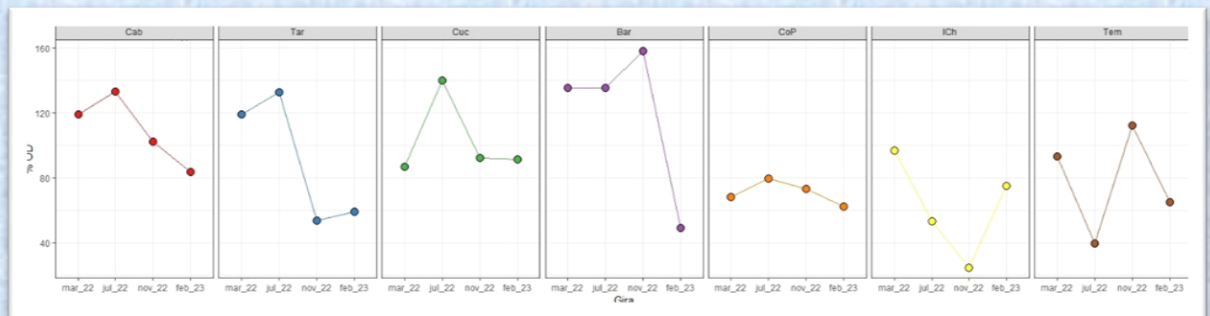


Figura 7: Detalle del comportamiento del % OD para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

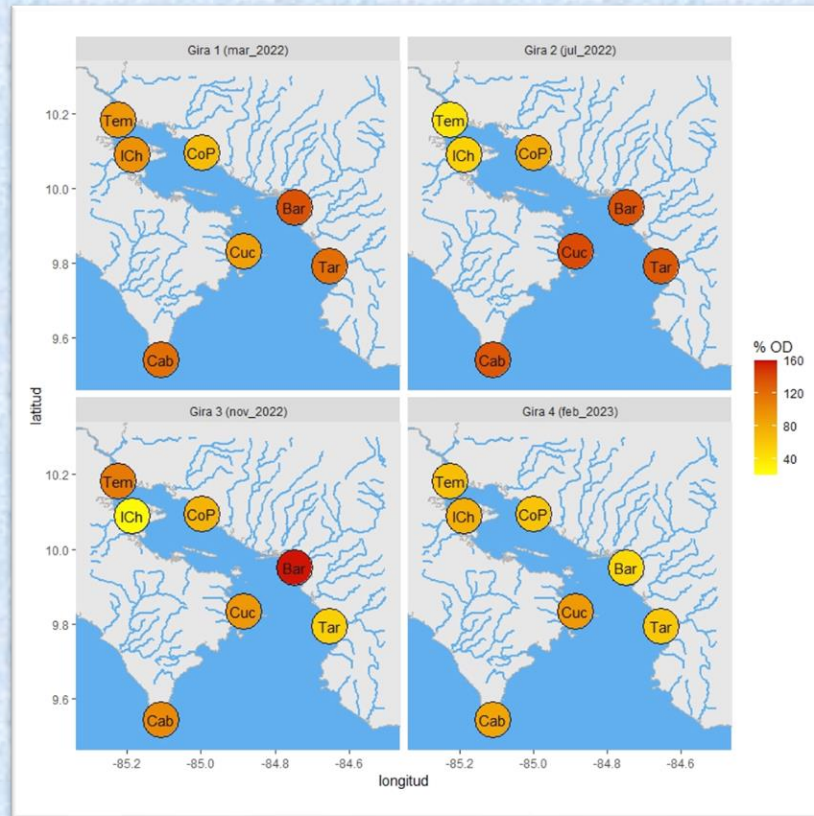


Figura 8: Mapa comparativo de la variación del % OD entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

### C. Potencial de hidrógeno (pH):

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua. El pH puede variar debido a factores naturales, como la descomposición de materia orgánica, y actividades antropogénicas, como la descarga de aguas residuales. Fluctuaciones extremas en el pH pueden afectar la vida marina y los procesos biológicos.



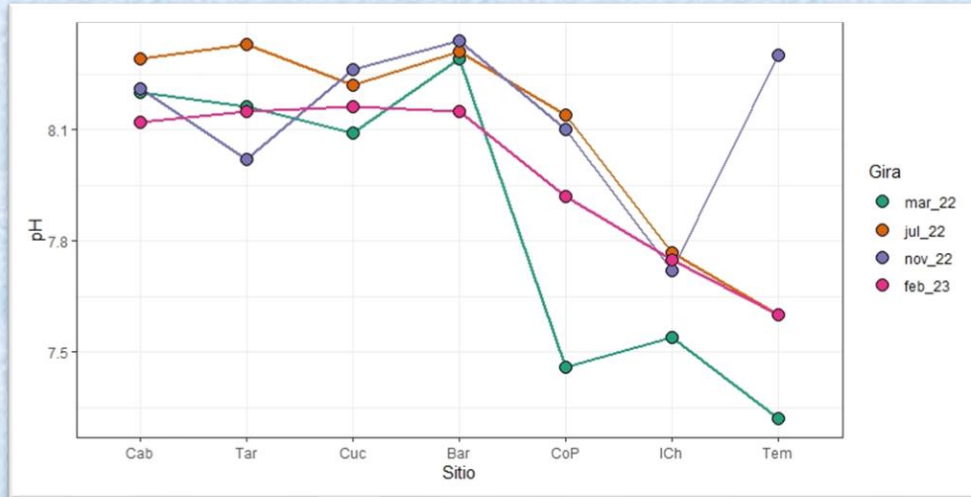


Figura 9: Comportamiento del pH entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

La figura 9 muestra que para los sitios Cab, Tar, Cuc y Bar, se dio una variabilidad moderada en el pH, con pocos cambios, en las cuatro giras realizadas. Sin embargo, al pasar hacia lo interno del Golfo (sitios Cop, ICh y Tem), el pH presentó una marcada disminución, excepto para la desembocadura del río Tempisque (Tem), para el caso de la gira de noviembre del 2022, donde el pH presentó un incremento considerable, si se compara con los valores medidos en el mismo sitio para las otras tres giras.

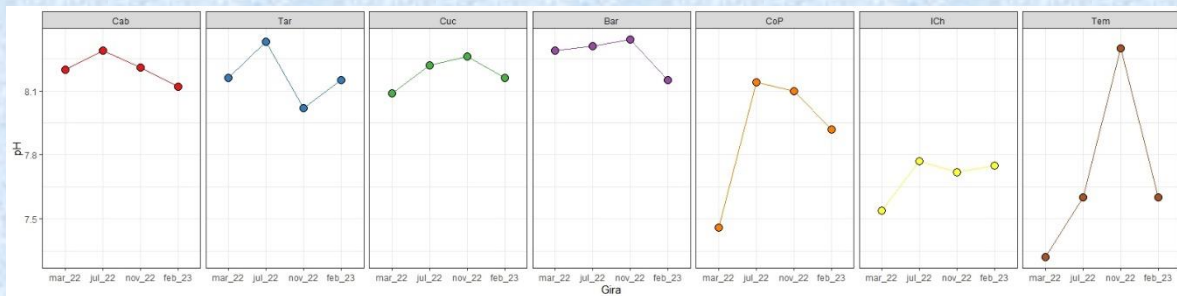


Figura 10: Detalle del comportamiento del pH para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

En la figura 10 se aprecia mejor la poca variabilidad, sin ninguna tendencia en particular, presentado en las cuatro giras, por parte del pH de los sitios Cab, Tar, Cuc y Bar, localizados

en la zona externa del Golfo. A lo interno del Golfo la variabilidad es mayor, principalmente para Cop y Tem. Para Cop, ICh y Tem, el menor pH se medió en la gira de marzo del 2022.

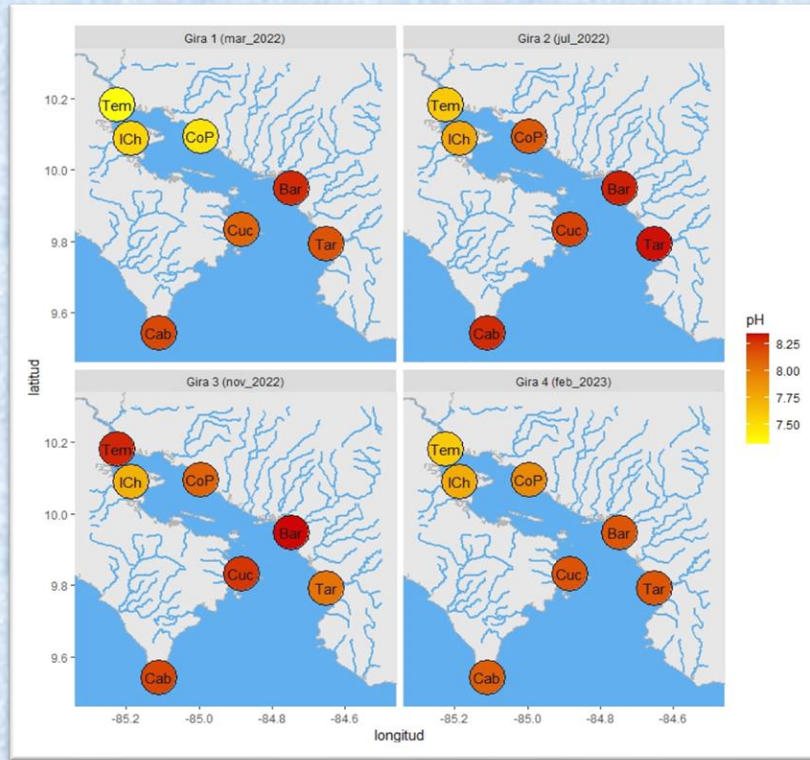


Figura 11: Mapa comparativo de la variación del pH entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

#### **D. Potencial de oxidación/reducción (ORP, mV):**

El ORP es una medida que indica la capacidad del agua para oxidar o reducir sustancias. Los valores de ORP pueden presentar variaciones en función de la actividad biológica y la influencia de aguas continentales. Se puede esperar valores más bajos en áreas con desembocaduras de ríos, debido a la aportación de materiales orgánicos y sedimentos.

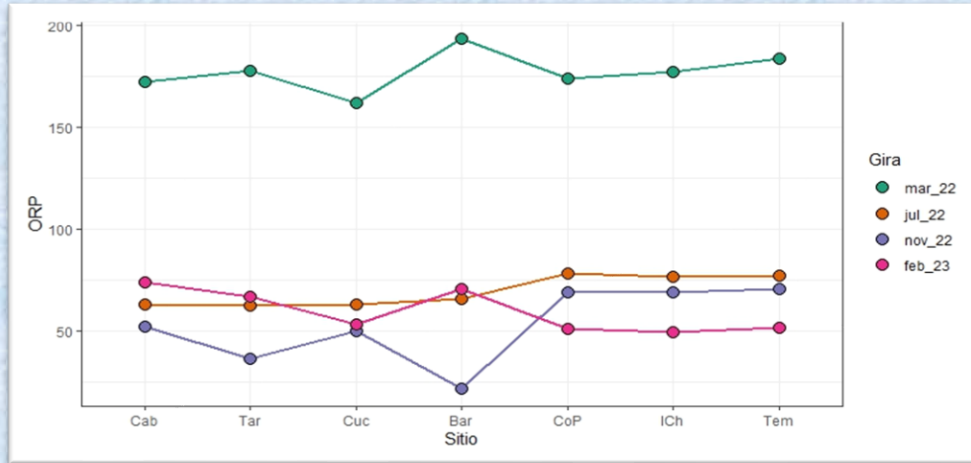


Figura 12: Comportamiento del ORP entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

En cuanto al ORP, la figura 12 muestra pocas variaciones en la magnitud de este parámetro, obtenido en una misma gira para los 7 sitios monitoreados. La única excepción es el caso de la desembocadura del río Barranca, en la gira de noviembre del 2022, para lo cual se obtuvo una disminución en la lectura de este parámetro. Ahora al comparar el comportamiento entre las diferentes giras, se deben considerar los altos valores medidos durante la gira de marzo del 2022, los cuales contrastan bastante con los obtenidos en las otras 3 giras.

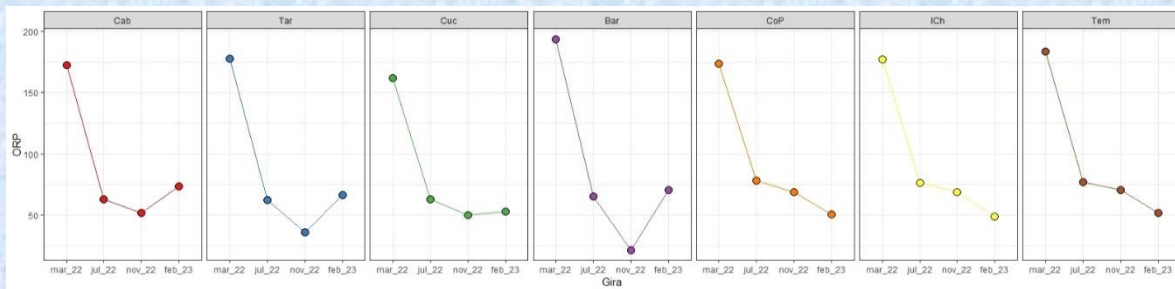


Figura 13: Detalle del comportamiento del ORP para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

Al analizar la figura 13, se observa que para el caso de los sitios Cab, Tar, Cuc y Bar, localizados en la zona externa del Golfo, el valor más bajo medido del ORP se obtuvo para la gira de noviembre del 2022, mientras que para los sitios Cop, ICh y Tem, a lo interno del Golfo, los valores más bajos fueron medidos en la gira de febrero del 2023.

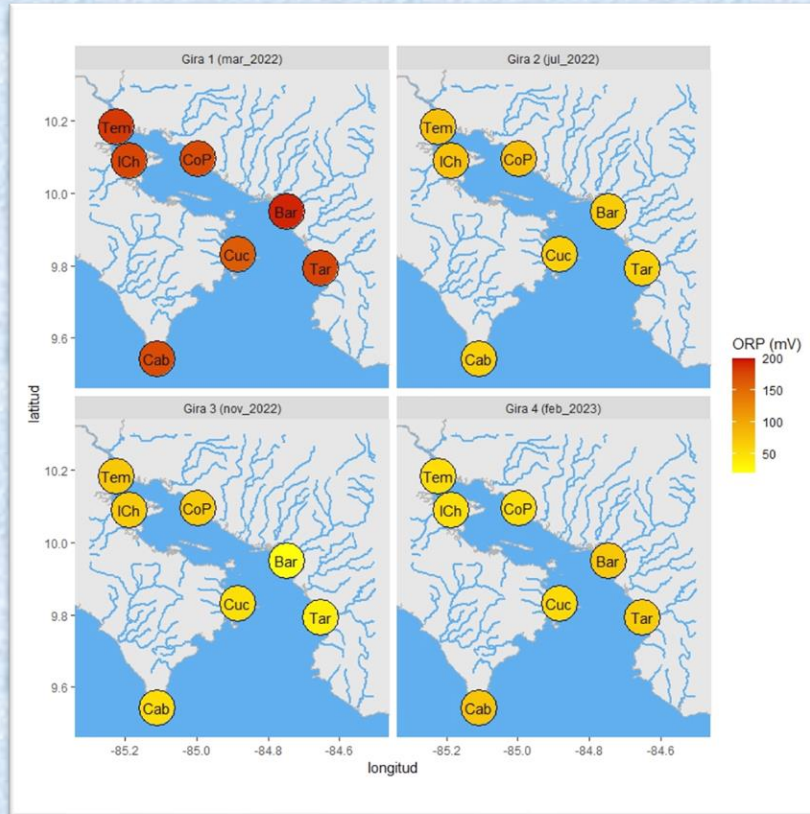


Figura 14: Mapa comparativo de la variación del pH entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

### E. Sólidos disueltos totales (TDS, mg/L):

Los sólidos disueltos totales son una medida de la concentración de sales y minerales en el agua. Altos niveles de TDS pueden indicar la influencia de la desalinización, la evaporación y la contaminación por nutrientes.

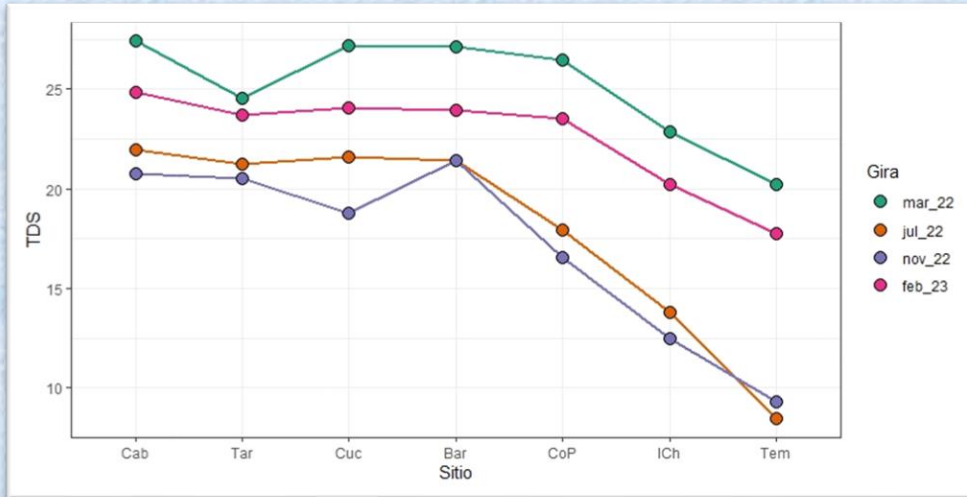


Figura 15: Comportamiento de los TDS entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

La figura 15 permite apreciar que para los sitios de la zona externa del Golfo: Cab, Tar, Cuc y Bar, la concentración de TDS presentó poca variación en cada una de las giras. No obstante, al comparar entre las diferentes giras, se observa que, para estos mismos sitios, los TDS presentaron en promedio la siguiente tendencia: marzo del 2022 > febrero del 2023 > julio del 2022 > noviembre del 2022, esto es: mayores valores en la época seca y menores en la época lluviosa. Por otro lado, a lo interno del Golfo, al ir de Cop a ICh y a Tem, la tendencia de los TDS fue hacia la disminución para todas las giras.

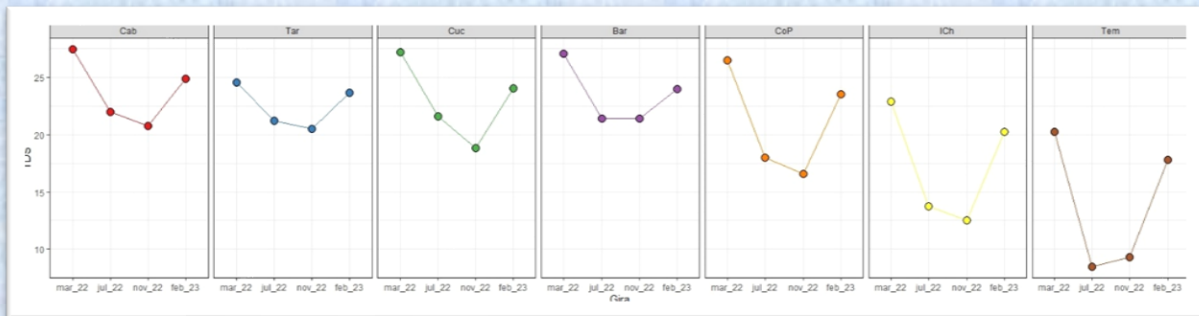


Figura 16: Detalle del comportamiento de los TDS para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

La figura 16 permite comprobar que, para todos los sitios monitoreados, la menor magnitud de los TDS se midió en las giras de julio del 2022 (transición de época seca a lluviosa) y noviembre del 2022 (época lluviosa), y la mayor magnitud en las giras de marzo del 2022 (época seca) y febrero del 2023 (transición de época lluviosa a seca).

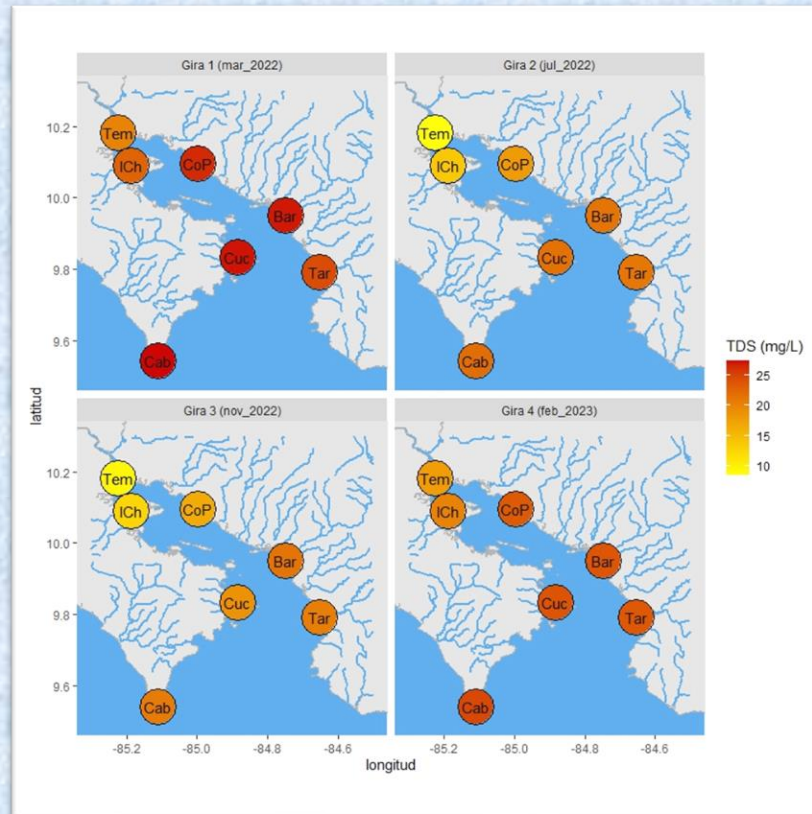


Figura 17: Mapa comparativo de la variación de los TDS entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

#### **F. Salinidad (PSU):**

La salinidad es la concentración de sales en el agua y está relacionada con la densidad y la circulación del agua. Las variaciones en la salinidad pueden influir en la distribución de especies y en el intercambio y la mezcla de aguas.

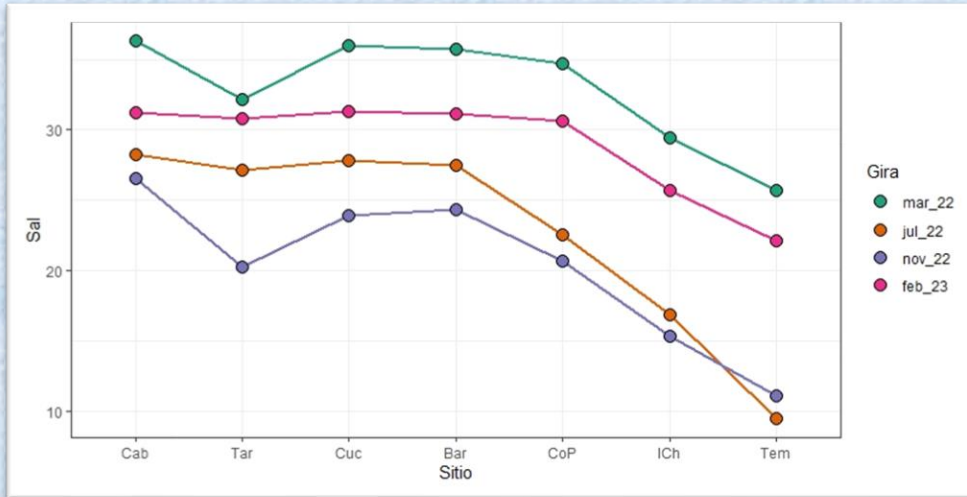


Figura 18: Comportamiento de la salinidad entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya

En lo referente a la salinidad, la figura 18 muestra que, en términos generales, para todos lo sitios monitoreados, el orden en la magnitud de este parámetro fue: marzo del 2022 > febrero del 2023 > julio del 2022 > noviembre del 2022, lo cual se interpreta en mayores valores en la época seca y menores en la época lluviosa. A excepción de Tar, en el cual se obtuvo un descenso en salinidad para las giras realizadas en noviembre y marzo del 2022, todos lo otros sitios localizados a la entrada del Golfo (Cab, Cuc y Bar) mostraron una salinidad aproximadamente constante en las cuatro giras. Al ingresar a lo interno del Golfo, para los sitios Cop, ICh y Tem, la salinidad presentó una marcada disminución durante las cuatro giras. Este mismo comportamiento se observó para los TDS como se comentó anteriormente.

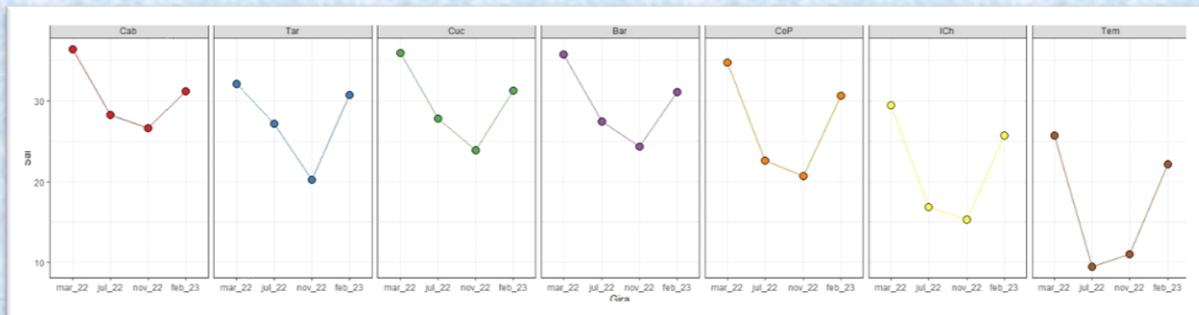


Figura 19: Detalle del comportamiento de la salinidad para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

En la figura 19 se aprecia claramente, los menores valores medidos de salinidad para todos los sitios monitoreados durante las giras de julio o noviembre del 2022 (época de transición seca a lluviosa y época lluviosa respectivamente), mientras que los mayores valores fueron obtenidos en las giras de marzo del 2022 y febrero del 2023 (época seca y transición lluviosa a seca respectivamente).

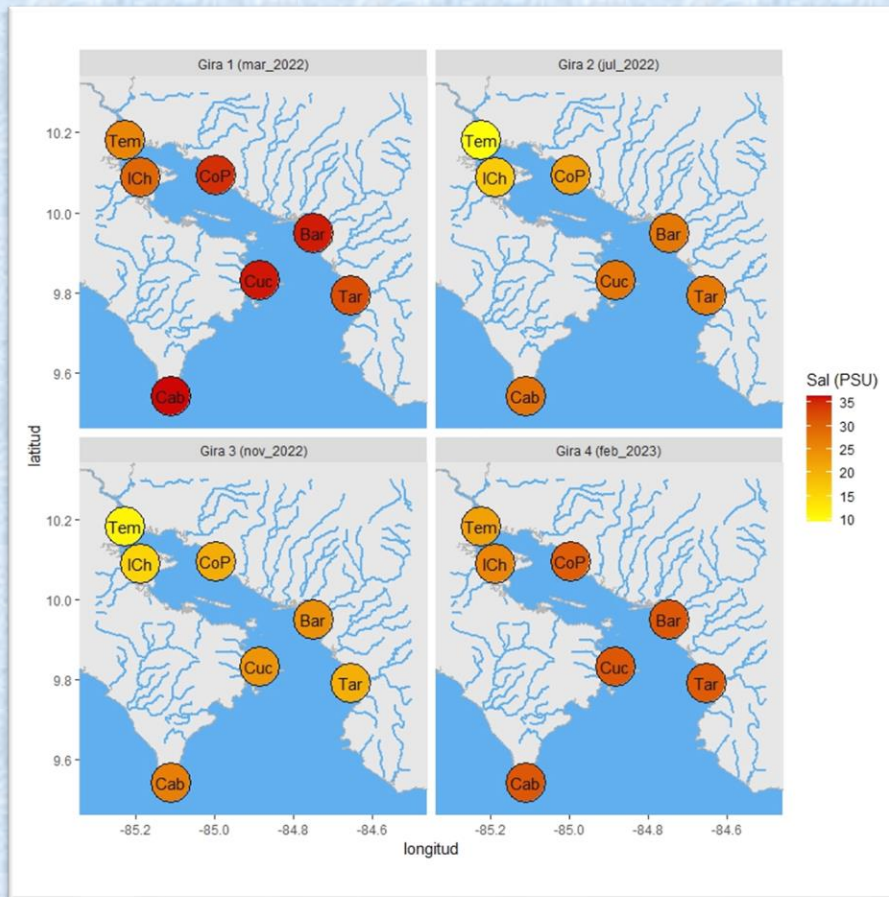


Figura 20: Mapa comparativo de la variación de la salinidad entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

### G. Turbidez (UNT):

La turbidez se refiere a la claridad del agua y está influenciada por la presencia de partículas suspendidas, como sedimentos y materia orgánica. La superficie de estas partículas es sitio



para la sorción de sustancias disueltas. Altos niveles de turbidez pueden afectar la penetración de la luz solar en el agua, lo que a su vez puede influir en la fotosíntesis y la salud de los ecosistemas acuáticos.

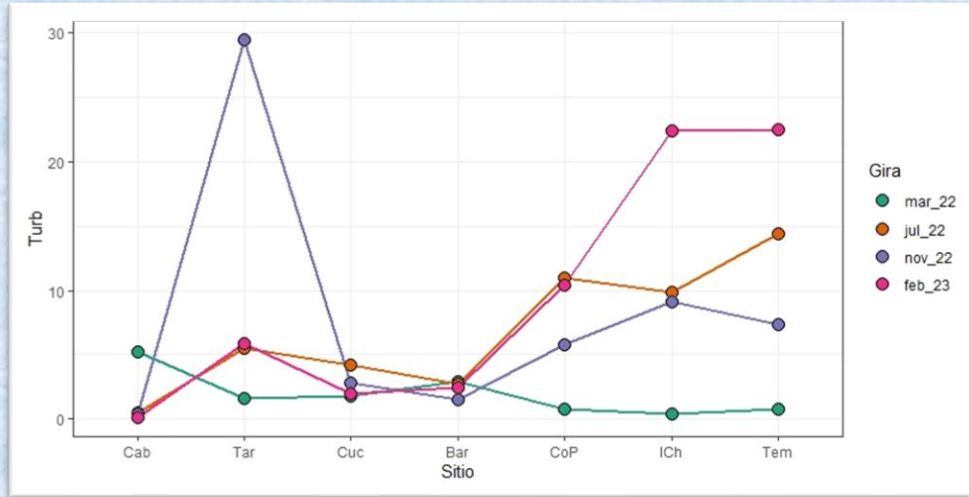


Figura 21: Comportamiento de la turbidez entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

En lo referente al comportamiento para la turbidez del agua, la figura 21 muestra que para los sitios localizados en la zona externa del Golfo, a excepción del valor alto medido para Tar en la gira de noviembre del 2022, la turbidez se mantuvo aproximadamente constante en las cuatro giras. Para la gira de marzo del 2022, un comportamiento constante se presentó para este parámetro en los siete sitios monitoreados. Por otro lado, en las giras de julio y noviembre del 2022, así como para febrero del 2023, la turbidez presentó una tendencia al aumento al pasar a la zona interno del Golfo.



Figura 22: Detalle del comportamiento de la turbidez para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

La figura 22 muestra más claramente, la estabilidad obtenida en las mediciones de turbidez para las aguas de los sitios localizados a la entrada del Golfo, a excepción de Tar, para el cual se midió una turbidez significativamente alta en la gira de noviembre del 2022 (época lluviosa). Es interesante el comportamiento escalonado presentado por este parámetro, para los tres sitios localizado en la zona interna del Golfo.

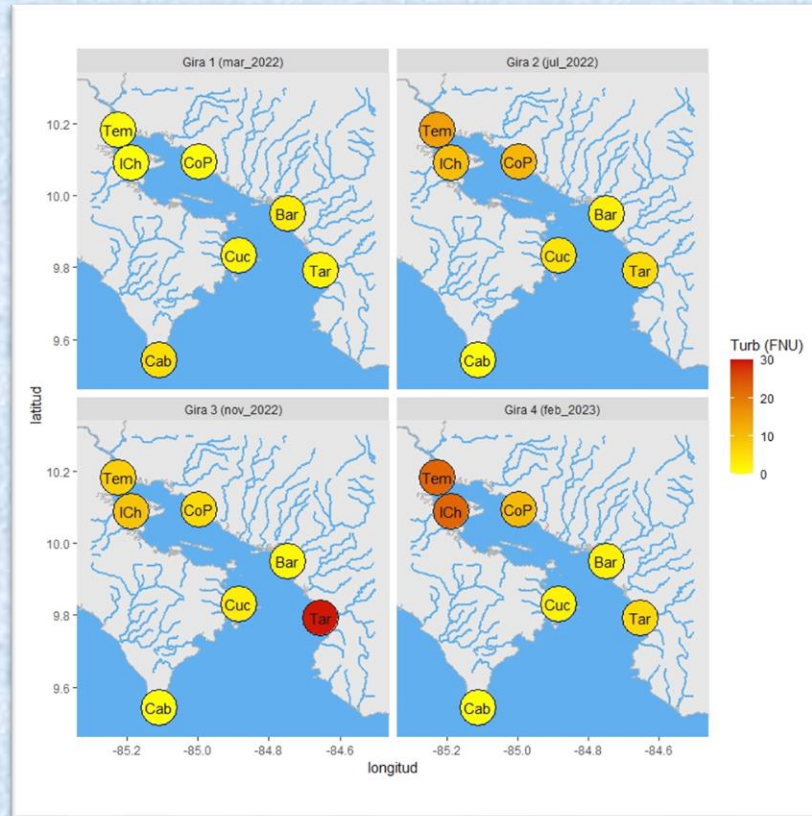


Figura 23: Mapa comparativo de la variación de la turbidez entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

#### H. Sólidos suspendidos totales (mg/L):

Los sólidos suspendidos totales son partículas en suspensión en el agua. Su composición puede ser orgánica e inorgánica. La concentración de estos sólidos puede variar según la turbidez del agua y la actividad humana cercana, como la construcción y la erosión del suelo. Elevadas concentraciones de sólidos suspendidos pueden afectar la claridad del

agua y la penetración de la luz solar. También estas partículas brindan superficie para la sorción de sustancias disueltas.

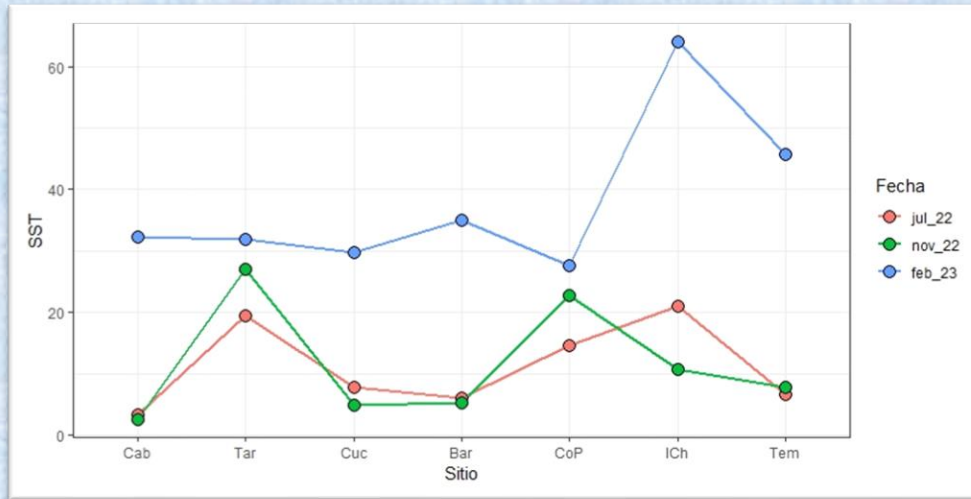


Figura 24: Comportamiento de los SST entre la entrada y lo interno del Golfo de Nicoya.

En cuanto al comportamiento presentado por los SST, de las figuras 24 y 25, es posible establecer que, para las giras de julio y noviembre del 2022 (transición de época seca a lluviosa y lluviosa respectivamente), este parámetro presentó una gran variabilidad, entre los siete sitios monitoreados, sin presentarse una tendencia particular. Para el caso de la gira de febrero del 2023 (transición de época lluviosa a seca), al ser comparada con las otras dos, se observa claramente que se midieron los valores más altos de SST en los siete sitios. En esta última gira sobresale la alta concentración de SST obtenida para los sitios ICh y Tem.



Figura 25: Detalle del comportamiento de los SST para cada uno de los sitios monitoreados entre las diferentes giras realizadas.

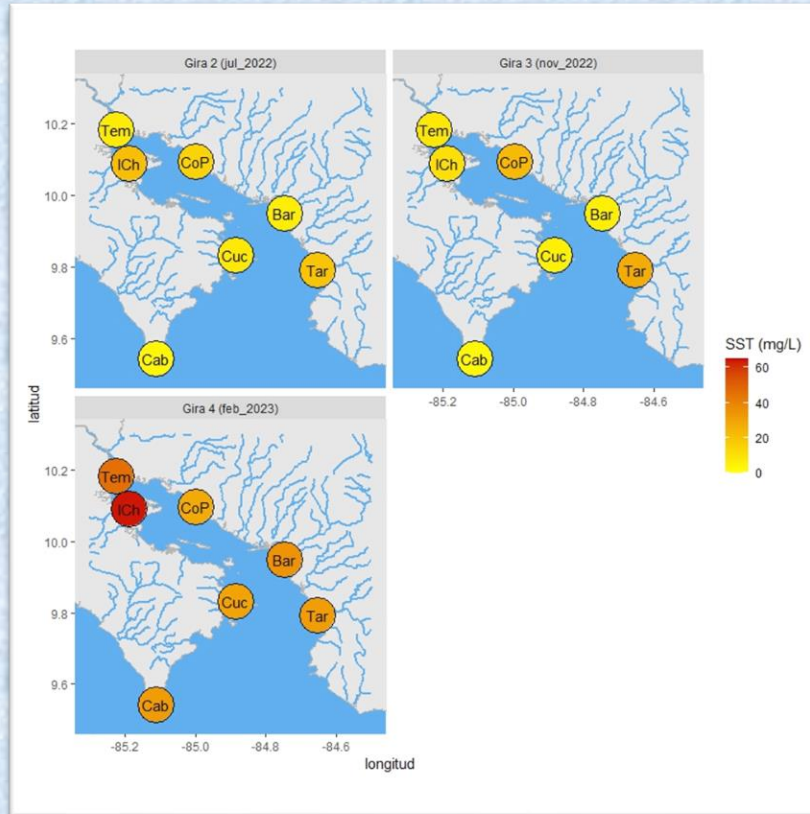


Figura 26: Mapa comparativo de la variación de los SST entre los diferentes sitios monitoreados y las diferentes giras realizadas en el Golfo de Nicoya.

### I. Sólidos suspendidos totales (ECMAR) (mg/L):

En lo referente al comportamiento para los SST medidos en la ECMAR, entre las diferentes etapas de depuración: EUV, EUV+P, SUV y SUV+P; la figura 27 muestra que no se presentó una diferencia significativa en la variación presentada por parte de este parámetro, entre las etapas de depuración para las tres giras: una menor presencia de sólidos suspendidos para las giras realizadas en los meses de julio y noviembre del 2022 y una concentración significativamente mayor para la gira realizada en febrero del 2023. Este comportamiento coincide, con el observado y expuesto anteriormente, para las mediciones de SST realizadas en el agua superficial de los sitios de muestreo localizados en la región oceánica a lo largo del Golfo.



Figura 27: Detalle del comportamiento de los SST (ECMAR) entre las diferentes etapas de depuración.

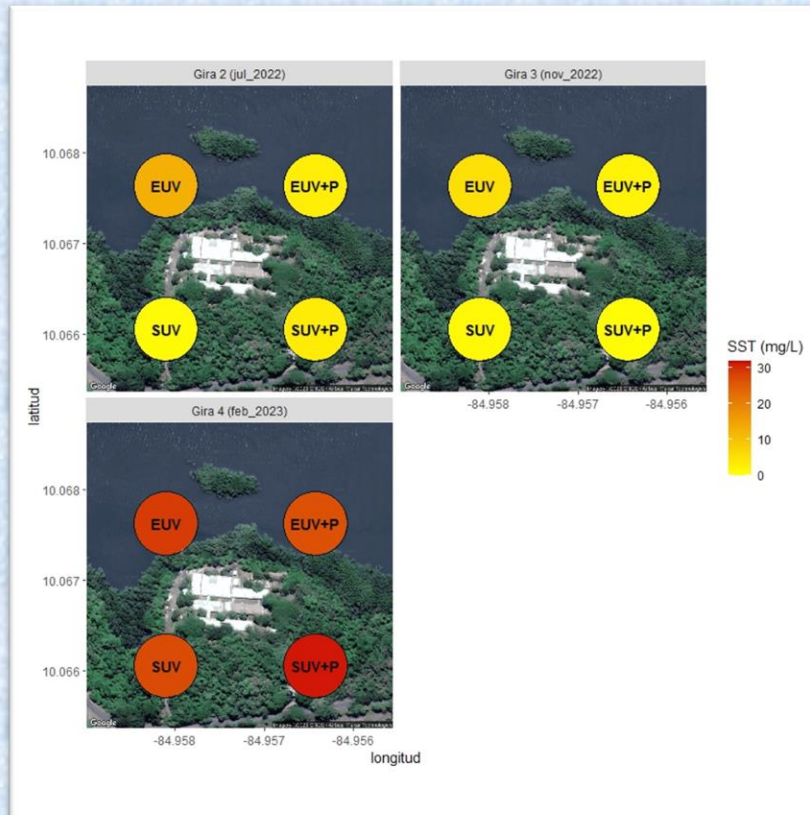


Figura 28: Mapa comparativo de la variación de los SST (ECMAR) entre las diferentes etapas de depuración y giras realizadas.

### Correlación entre parámetros físico-químicos:

Las matrices de correlación, incluidas a continuación, muestran para cada una de las giras, si existe correlación en la tendencia presentada por cada uno de los parámetros medidos. La correlación es significativa, para  $\alpha=0.05$ , si el coeficiente de correlación calculado se indica sin tacharse con X. La correlación es positiva si el recuadro es de tonalidad rojo y negativa si el recuadro es de tonalidad azul. Una correlación significativa positiva indica que la variación o tendencia promedio presentada por los parámetros comparados ocurrió en la misma dirección entre los diferentes sitios monitoreados, al ir de la zona externa a la zona interna del Golfo, tal y como se muestra en la figura 2. Por otro lado, una correlación significativa negativa apunta a que la variación entre los parámetros comparados, en promedio ocurrió en direcciones opuestas.

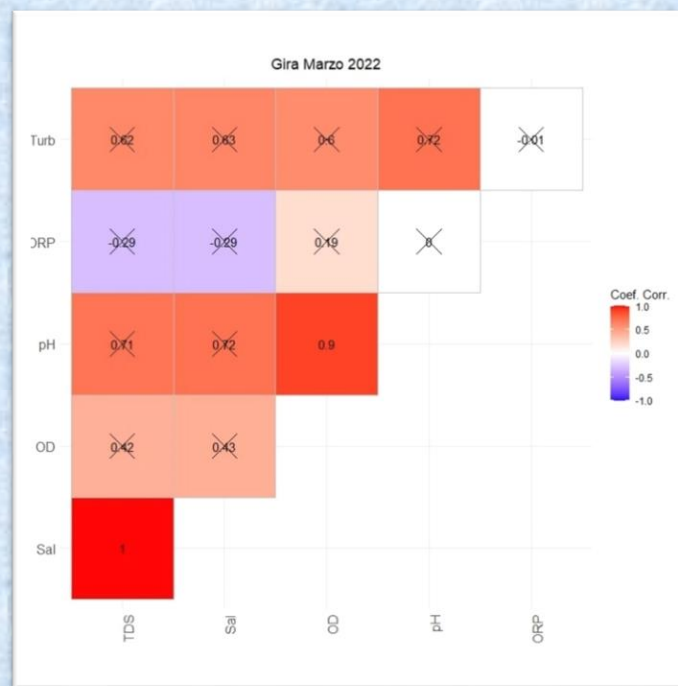


Figura 29: Correlación entre los parámetros físico-químicos medidos en los diferentes sitios monitoreados en el Golfo de Nicoya (gira 1, marzo del 2022).

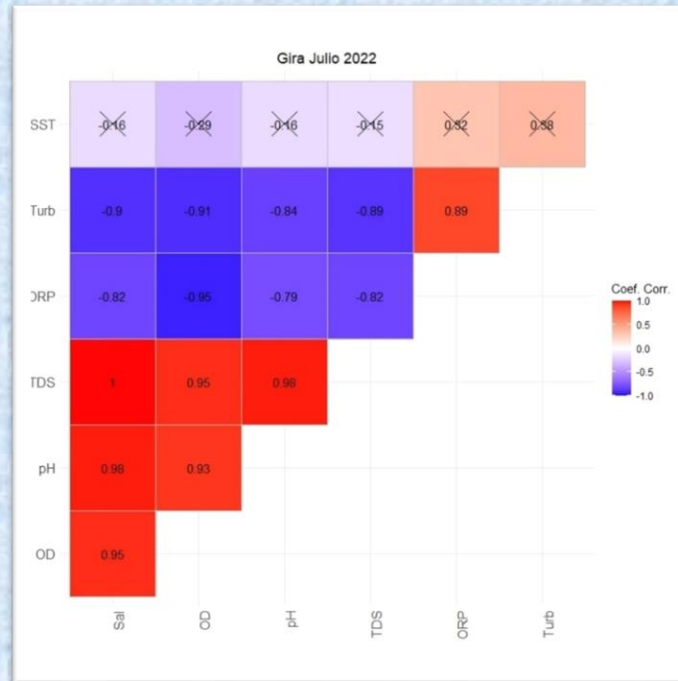


Figura 30: Correlación entre los parámetros físico-químicos medidos en los diferentes sitios monitoreados en el Golfo de Nicoya (gira 2, julio del 2022).

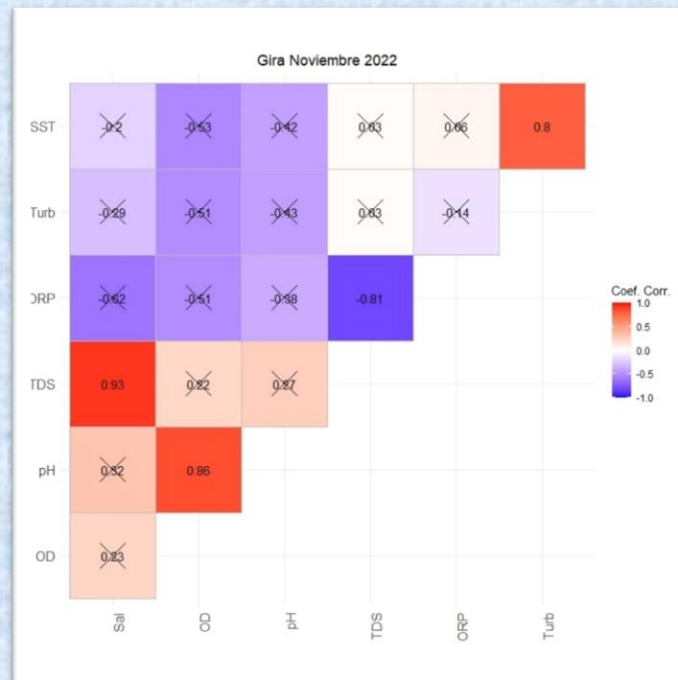


Figura 31: Correlación entre los parámetros físico-químicos medidos en los diferentes sitios monitoreados en el Golfo de Nicoya (gira 3, noviembre del 2022).



Figura 32: Correlación entre los parámetros físico-químicos medidos en los diferentes sitios monitoreados en el Golfo de Nicoya (gira 4, febrero del 2023).

## II. Microbiología.

Para la interpretación de los resultados microbiológicos de las aguas superficiales y organismos, los análisis fueron segregados según los microorganismos delimitados dentro del alcance del proyecto.

### A. Coliformes fecales y recuento heterótrofo en aguas.

Según, la tabla 1 donde se reporta el número más probable para coliformes fecales y siguiendo el reglamento (CE) número 854/2004, para las giras de marzo y julio del 2022 en época seca, las aguas se clasifican como Tipo A. Este hallazgo de clasificación indica que debe ser menor o igual a  $2.3 \times 10^2$  NMP/100 g (número más probable - NMP por gramo). En la época lluviosa que corresponde a las giras de noviembre del 2022 y febrero del 2023, donde se ve influenciada por el arrastre de aguas servidas de alrededores y la influencia de las cuencas que desembocan en el Golfo de Nicoya, pasan a clasificarse como aguas Tipo B, donde el parámetro es igual o menos a  $4.6 \times 10^3$  NMP/100 g.



Referente al recuento heterótrofo, los resultados muestran que, de todos los puntos de muestreo establecidos, el Río Tárcoles es el que presenta los valores más altos en este parámetro. En las aguas de la depuradora, que tiene instalado el PROTEN, muestra valores altos de microorganismos heterótrofos, atribuido a la retención de la carga orgánica, que sirve de alimento, para la reproducción de los microorganismos. Por este motivo, se recomienda realizar un protocolo de limpieza y desinfección de este dispositivo, para que cumpla su función de reducción de carga microbiana. Estos recuentos expresados en unidades de unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g), se vinculan con los bivalvos, ya que el agua es el medio donde estos se desarrollan. Por ello, se debe tener cuidado en su cultivo, manipulación, depuración y trasiego de moluscos, así como consumo más si se comen crudos como las ostras. Se ha de recordar que para ser apto para consumo no debe ser superior en UFC/mL de  $10^5$ .

Es importante destacar y se debe tener presente que en época lluviosa el agua de mar de ingreso hacia las piletas de depuración está más contaminada a la entrada de agua, por lo que hay que desinfectar más o usar más intensidad de luz ultravioleta para mejorar la calidad del agua.

Tabla 1. Resultados de análisis microbiológicos de aguas de mar y planta de depuración.

Sitio de muestreo	Código	Gira 1 (marzo 2022)		Gira 2 (julio 2022)		Gira 3 (noviembre 2022)		Gira 4 (febrero 2023)	
		Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Recuento heterótrofo (UFC/mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Recuento heterótrofo (UFC/mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Recuento heterótrofo (UFC/mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Recuento heterótrofo (UFC/mL)
Río Barranca	Bar	ND	$2.6 \times 10^2$	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Río Tárcoles	Tar	$2.2 \times 10^1$	$1.6 \times 10^3$	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Cabo Blanco	Cab	ND	$1.7 \times 10^2$	ND	NA	NA	NA	NA	NA

Paquera	Cuc	ND	1x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>2</sup>	NA	ND	NA	ND	9.9x10 <sup>1</sup>
Costa de Pájaros	CoP	ND	1.2x10 <sup>2</sup>	4.4x10 <sup>1</sup>	NA	3.1x10 <sup>2</sup>	NA	5.1x10 <sup>2</sup>	3.4x10 <sup>2</sup>
Río Tempisque	Tem	4.5x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>	ND	NA	NA	NA	NA	NA
Isla Chira	Ich	ND	4x10 <sup>2</sup>	1.6x10 <sup>1</sup>	NA	8.5x10 <sup>2</sup>	NA	3x10 <sup>2</sup>	4.4x10 <sup>2</sup>
Entrada pileta UV	EUV	ND	3.5x10 <sup>2</sup>	ND	4.0x10 <sup>5</sup>	1.1x10 <sup>1</sup>	3x10 <sup>2</sup>	2.5x10 <sup>1</sup>	8x10 <sup>2</sup>
Salida pileta UV	SUV	ND	6x10 <sup>2</sup>	ND	1.0x10 <sup>6</sup>	ND	3.2x10 <sup>1</sup>	ND	1.2x10 <sup>2</sup>
Entrada UV+PROTEN	EUVP	ND	NA	ND	1.4x10 <sup>7</sup>	ND	1.1x10 <sup>4</sup>	1.3x10 <sup>1</sup>	6.2x10 <sup>2</sup>
Salida UV+PROTEN	SUVP	ND	NA	ND	4.0x10 <sup>7</sup>	ND	2.3x10 <sup>1</sup>	ND	3.5x10 <sup>2</sup>

Nomenclatura de tabla 1. ND: No detectable, NA: No aplicado.

## B. Coliformes fecales en ostras y mejillones

La tabla 2 exhibe que, para la gira de marzo del 2022, referente a coliformes fecales, solo mejillón en la Isla Chira posee un recuento de  $9.3 \times 10^1$  UFC/g la cual fue eliminada al depurar, siendo este el comportamiento esperado al realizar un trasiego y una depuración correcta hasta el laboratorio. En la gira de julio del 2022 existe la incongruencia de que el producto presenta mayor carga depurado que sin depurar, debido a una manipulación inadecuada de organismos y el trasiego. Para las giras de julio y noviembre del 2022, a pesar de la existencia de la depuración para 12 horas no se logra eliminar la totalidad del recuento microbiano, manteniéndose igual en carga o se logró disminuir muy poco, por lo que hay que buscar la causa de este comportamiento que se probablemente se deba a una recontaminación. Finalmente, por los eventos antes mencionados se realizó el ajuste de trasiego de organismo con doble bolsa, capas de hielo escarchado y la limpieza del PROTEN, ente otros controles; lo cual favoreció la no detectabilidad de microorganismos.

Para referencia de criterios microbiológicos se utiliza como lo normado por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), en la sección de pescado, derivados y productos marinos, mostrada por la figura 33.

9.0 Grupo de Alimento: Pescado, derivados y productos marinos. Esta amplia categoría se subdivide en categorías para el pescado fresco y para diversos productos marinos elaborados. Se incluyen en ella los vertebrados acuáticos y mamíferos acuáticos (p. ej., ballenas), los invertebrados acuáticos (p. ej., medusas), los moluscos (p. ej., almejas y caracoles), los crustáceos (p. ej., camarones, cangrejos, langostas). Los productos marinos se pueden recubrir, p. ej., con glaseados o especias, antes de su comercialización para el consumo (p. ej., filetes de pescado congelados y glaseados). En el SCA esto se indica con una anotación relativa al "uso como glaseado o recubrimiento (tratamiento de superficie)"			
9.1 Subgrupo del alimento: Pescado y productos marinos frescos, congelados, incluidos moluscos, crustáceo y equinodermos, empacados.			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	4	A	$10^2$ UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i> (solo para pescados)	7		$10^1$ UFC/g
<i>Salmonella ssp/25 g</i>	10		Ausencia
<i>Listeria monocytogenes/25 g</i> (solo para producto crudo listo para consumo, ejemplo sushi y ceviche)	10		Ausencia
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (solo para moluscos bivalvos)	8		$10^1$ UFC/g

Figura 33. Criterios microbiológicos RTCA para pescado, derivados y productos marinos.

En conclusión, es importante realizar procedimientos de limpieza y desinfección de cualquier equipo de cualquier equipo que se incluya en estos procesos. Además, se recomienda utilizar los protocolos elaborados para recolección de muestra y trasiego que se incluyen en la sección de anexos de este informe.

Tabla 2. Resultados microbiológicos para coliformes fecales en ostras y mejillones.

Sitio de muestreo	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4
	Microorganismo: Coliformes fecales (UFC/g)															
	SD	SD	SD	SD	D	D	D	D	SD+P	SD+P	SD+P	SD+P	D+P	D+P	D+P	D+P
Ostras Punta Cuchillo	ND	ND	2.3x10 <sup>1</sup>	ND	ND	3.6x10 <sup>2</sup>	9.2x10 <sup>2</sup>	ND	NA	1.5x10 <sup>1</sup>	2.3x10 <sup>1</sup>	ND	NA	2.8x10 <sup>1</sup>	2.3x10 <sup>1</sup>	ND
Ostras Costa Pájaros	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	9.1x10 <sup>2</sup>	ND	ND	NA	ND	2.3x10 <sup>1</sup>	ND
Ostras Isla Chira	ND	ND	1.1x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>1</sup>	ND	2.3x10 <sup>1</sup>	ND	ND	NA	3.6x10 <sup>2</sup>	3.6x10 <sup>2</sup>	ND	NA	ND	2.3x10 <sup>1</sup>	ND
Mejillón Isla Chira	9.3x10 <sup>1</sup>	ND	2.3x10 <sup>1</sup>	ND	ND	5.1x10 <sup>2</sup>	2.3x10 <sup>3</sup>	ND	NA	4.3x10 <sup>1</sup>	9.2x10 <sup>2</sup>	ND	NA	ND	4.3x10 <sup>1</sup>	ND

Nomenclatura de tabla 2. D: Depuradas, SD: Sin depurar, D+P: Depurar y con PROTEN, SD+P: Sin depurar y con PROTEN, ND: No detectable, NA: No aplicado.

### C. *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes*

Como se observa en la tabla 3, tanto en los procesos de depuración y sin depuración ambos microorganismos cumplen con lo indicado en el Reglamento Técnico Centroamericano

(RTCA), que lo permitido debe ser la total ausencia de estos microorganismos patógenos para productos marinos como estos mitílicos y se muestra en figura 33.

Tabla 3. Resultados microbiológicos para *Salmonella spp*, *Listeria monocytogenes* en ostras y mejillones.

Sitio de muestreo	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4
	Microorganismo: <i>Salmonella spp</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , (UFC/g)															
	SD	SD	SD	SD	D	D	D	D	SD+P	SD+P	SD+P	SD+P	D+P	D+P	D+P	D+P
Ostras Punta Cuchillo	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente
Ostras Costa Pájaros	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente
Ostras Isla Chira	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente
Mejillón Isla Chira	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente	NA	Ausente	Ausente	Ausente

Nomenclatura de tabla 3. D: Depuradas, SD: Sin depurar, D+P: Depurar y con PROTEN, SD+P: Sin depurar y con PROTEN, NA: No aplicado.

#### D. *Vibrio parahemolyticus*

Según la tabla 4, en las giras de marzo del 2022 y febrero del 2023, se detectan *Vibrio parahemolyticus* en mejillón sin depurar, este se mantiene en el proceso de depuración, pero en igual o menor cantidad. Para la gira de julio del 2022, se encuentra presente en las ostras de isla chira, siendo este eliminado durante el proceso de depuración. En los

resultados de la gira de noviembre del 2022 no se detecta, siendo importante indicar que se da la época lluviosa. Para la gira de febrero del 2023, la presencia de este microorganismo este se elimina con el proceso de depuración con PROTEN en todos los caos, excepto en las ostras depuradas de Isla Chira y este se mantiene la carga de este organismo por lo que se requiere de un análisis de que influyó en la eliminación y puede deberse a procesos biológicos propios del organismo.

Tabla 4. Resultados microbiológicos para *Vibrio parahemolyticus* en ostras y mejillones.

Sitio de muestreo	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4	Gira 1	Gira 2	Gira 3	Gira 4
	Microorganismo: <i>Salmonella spp</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , (UFC/g)															
	SD	SD	SD	SD	D	D	D	D	SD+P	SD+P	SD+P	SD+P	D+P	D+P	D+P	D+P
Ostras Punta Cuchillo	9.2x10 <sup>2</sup>	ND	ND	2x10 <sup>2</sup>	3.6x10 <sup>2</sup>	ND	ND	Ausente	NA	ND	ND	Ausente	NA	ND	ND	ND
Ostras Costa Pájaros	3.6x10 <sup>2</sup>	ND	ND	Ausente	9.2x10 <sup>2</sup>	ND	ND	Ausente	NA	ND	ND	Ausente	NA	ND	ND	Ausente
Ostras Isla Chira	4.3x10 <sup>1</sup>	3.0x10 <sup>1</sup>	ND	7.5x10 <sup>2</sup>	9.2x10 <sup>2</sup>	ND	ND	1.5x10 <sup>2</sup>	NA	ND	ND	4.6x10 <sup>2</sup>	NA	ND	ND	Ausente
Mejillón Isla Chira	1.1x10 <sup>3</sup>	ND	ND	1.5x10 <sup>3</sup>	4.3x10 <sup>1</sup>	ND	ND	Ausente	NA	ND	ND	Ausente	NA	ND	ND	ND

Nomenclatura de tabla 4. D: Depuradas, SD: Sin depurar, D+P: Depurar y con PROTEN, SD+P: Sin depurar y con PROTEN, ND: No detectado, NA: No aplicado.

## Caracterización físico-química y microbiológica del agua, ostras (*Magallanas gigas*) y mejillones (*Mytella guyanensis*) cultivados en el Golfo de Nicoya durante el período 2022-2023

### Referencias:

López-Mendoza, M., Alonso-Sousa, S., Alapont-Gutiérrez, C. (2016). "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE MEJILLÓN (*Mytilus galloprovincialis*) DEPURADO" Revista Científica, vol. XXVI, núm. 6, noviembre-diciembre, 2016, pp. 351-358 Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/959/95949934002.pdf>

López-Mendoza, M., Alonso-Sousa, S., Alapont-Gutiérrez, C. (2016). "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE MEJILLÓN (*Mytilus galloprovincialis*) DEPURADO". Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/43189/articulo1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO (2005) Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/008/a0252e/a0252e00.htm>

Graü, Crucita; Barbera, Amelia La; Zerpa, Aracelys; Simón, Silva; Gallardo, Oswaldo. (2004). "AISLAMIENTO DE *Vibrio* spp. y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SANITARIA DE LOS MOLUSCOS BIVALVOS" Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/959/95914605.pdf>

## Anexos

### Protocolos trasiego de organismos.

#### Protocolo entrega de organismos

- 1- Rotulación (previo inicio de gira).
- 2- Toma frascos y bolsas y rotula.
- 3- Rotulación (Fecha, código, consecutivo (Ch1...), Depurado (Sí), No Depurado (No))
- 4- Llenado de formulario.
- 5- Llenado con guantes y cerrado de bolsas (doble bolsa) in situ
- 6- Preparación de camas de hielo y bolsas con organismos en hielera.
- 7- Instalación de termopar no superior a 8 grados.
- 8- Entrega en el laboratorio TEC, con sello y firma de formulario.
- 9- Apuntar todo en libro de actas.

#### Protocolo de trasiego

- 1-Poner en hielera, primera capa de hielo.
- 2- Microorganismos empacados se pone sobre primera capa y luego otra capa de hielo, así sucesivamente.
- 3-Termina con capa de hielo, se instala termopar y se tapa.
- 4- Se registra temperatura cada 30 min. en hoja de control (bitácora).

#### Protocolo trasiego encomienda y toma de datos en depuradora

- 1-Traspasa a hielera y agua de mar con agua con hielo los organismos.
- 2- Al llegar se realizan lavados con agua dulce.
- 3- Se ponen en canastas y se introduce en depuradora.
- 4-Registrar en depuradora temperatura, oxígeno saturación, salidad, oxígeno mg/L.
- 5-Cuando se otman muestreos de depuradora, registrar lo marcado por medidor de ultravioleta y la hora (mW/cm<sup>2</sup>)



### Protocolo para recolectar muestras para ensayos microbiológicos

#### Recolección de la muestra:

- 1- Prepare las bolsas (rotule con marcador permanente y abra la bolsa) en las que se va a depositar la muestra.
- 2- Con guantes estériles recoja las conchas y las deposita en la bolsa.
- 3- Homogeneice la muestra y recolecte porciones de cada extremo del recipiente y del centro con el objetivo de asegurar homogeneidad y representatividad.
- 4- Cuando tenga la cantidad necesaria cierre la bolsa.
- 5- Almacene la bolsa en refrigeración.
- 6- Puede usar los mismos guantes por muestra hasta recolectar la cantidad necesaria, tener cuidado de cambiarse los guantes entre una muestra y otra.
- 7- En todo momento se debe tener cuidado y evitar contaminación cruzada entre muestras.

#### Sobre el transporte:

Las muestras se deben transportar en hieleras con hielo y al menos la mitad de su altura debe ser cubierta con hielo, estas deben venir en todo momento vigiladas por el responsable del muestreo.

Para evitar una posible contaminación cruzada durante el transporte, se debe traer por separado muestras de producto terminado y muestras de materias primas o alimentos crudos o bien, se pueden empacar con material adicional para asegurar un adecuado aislamiento.

Se debe verificar que la hielera se encuentre a una temperatura menor o igual a 6 °C. Además, al ingresar las muestras en promedio pueden tardar media hora disminuyendo su temperatura a 6 °C o menos. Por ello, durante el muestreo y transporte de muestras se debe estar verificando la temperatura.