

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

ESTIMACIÓN DE UN ÍNDICE DE RIESGO DE CIGUATERA PARA EL PACÍFICO Y  
EL CARIBE DE PANAMÁ

POR

LUIS YEPES

TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS  
REQUISITOS PARA OPTAR POR EL GRADO  
DE MAESTRO EN ECOLOGIA DE ZONAS  
COSTERAS CON ORIENTACIÓN AL  
MANEJO AL MANEJO DE LOS RECURSOS  
MARINO COSTEROS

2025

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo, primeramente, a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para superar cada desafío que se presentó en mi camino.

A mis Familiares, por su amor, sacrificio y amor incondicional que lograron que, en este día, pudiera lograr una meta más. Gracias por ser mi inspiración y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi hermano y mis amigos, por estar siempre a mi lado, dándome ánimos y compartiendo este camino.

Y, en especial, a todas las personas que estuvieron conmigo en este último escalón de mi vida profesional; quienes, con su guía, paciencia y apoyo incondicional, contribuyeron a mi desarrollo personal y profesional.

**Luis Yepes.**

## **AGRADECIMIENTO**

En este proceso de culminación de estudios superiores; quiero, de manera profunda, agradecer, en primera instancia, a Dios; que me han dado el valor, la serenidad, la fe y un espíritu positivo, para lograr llegar hasta el final, bajo su protección y guía.

De igual manera; a mi familia, que han sido base fundamental ante este reto; pero, sobre todo; ante las adversidades que la vida me ha presentado, en el caminar de cada día.

A mis familiares y amigos, que han estado presente en todo momento; en especial, en aquellos momentos difíciles de duda y desanimó.

A mi profesor asesor Carlos Seixas, por el tiempo de capacitación, dedicación, orientación y apoyo, ante las exigencias de formación en la carrera.

**Luis Yepes.**

## INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE .....	iii
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
MARCO TEÓRICO .....	3
1. El problema de las floraciones de algas nocivas .....	3
2. Síndromes causados por los fenómenos FAN .....	4
2.1 Intoxicación paralizante por consumo de marisco (PSP – <i>Paralytic Shellfish Poisoning</i> ).....	4
2.2. Intoxicación diarreica por consumo de mariscos (DSP – <i>Diarrhetic Shellfish Poisoning</i> ).....	5
2.3. Intoxicación amnésica por consumo de mariscos (ASP – <i>Amnesic Shellfish Poisoning</i> ).....	6
2.4. Intoxicación neurotóxica por consumo de mariscos (NSP – <i>Neurotoxic Shellfish Poisoning</i> ).....	6

2.5. Envenenamiento ciguatérico por consumo de peces (CFP – <i>Ciguatera Fish Poisoning</i> ).....	7
3. Algunas especies que causan grandes problemas en Latinoamérica .....	7
4. Impacto social y económico de las FAN en comunidades costeras .....	9
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
1. El área de estudio.....	11
2. Definición de los códigos de área (Figura 1). .....	11
3. Definición de criterios y valor de ponderación para escenarios de vulnerabilidad a florecimientos algales nocivos. ....	12
4. Estimación del índice de riesgo para floraciones de algas nocivas (IRFAN).....	15
5. Aplicación de la fórmula y cuadro de valoración .....	16
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
<b>CÓDIGO 1.....</b>	<b>17</b>
Suma total: .....	21
<b>CÓDIGO 2.....</b>	<b>21</b>
Suma total: .....	25
<b>CÓDIGO 3.....</b>	<b>25</b>
Suma total: .....	31
<b>CÓDIGO 4.....</b>	<b>31</b>
Suma total: .....	36

<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>1. Panorama general de riesgo por tramo y contraste Caribe–Pacífico.....</b>	<b>37</b>
<b>2) Análisis de los criterios IRFAN y su coherencia con la evidencia externa. ....</b>	<b>38</b>
<b>3) Comparación con otras evaluaciones de la región tropical Gran Caribe.....</b>	<b>40</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1. Criterios IRFAN para Ciguatera en el Caribe, Panamá.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2. Ponderación de criterios para el cálculo de un índice de riesgo en el Caribe de Panamá.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 3. Resumen de puntajes (escala 0–5) Código 1.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 4. Resumen de puntajes (escala 0–5) Código 2.....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 5. Resumen de puntajes (escala 0–5) Código 3.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 6. Resumen de puntajes (escala 0–5) Código 4.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE FIGURA

**Figura 1. Áreas para la delimitación de las zonas de riesgo en el Pacífico y Caribe de Panamá.**

..... 12

## RESUMEN

Se hizo un estudio cualitativo para estimar zonas de riesgo de ciguatera para el Caribe y el Pacífico de Panamá. Para la determinación de las zonas de riesgo se utilizaron los cuadrantes definidos para Panamá en la base de datos HAEDAT de la UNESCO. Se examinaron los registros documentales sobre la ocurrencia de floraciones. Algunos de estos registros provinieron de publicaciones en revistas indexadas mientras que otros, de información almacenada en informes técnicos en instituciones relacionadas con la protección y administración del ambiente costero. En algunos casos se examinaron muestras de organismos tóxicos o potencialmente tóxicos provenientes de diferentes áreas del país, así como también los resultados de tesis sobre el tema. Los criterios y las respectivas ponderaciones fueron los propuestos por el grupo ANCA-IOCARIBE para cada uno de los países de la región ANCA (Algas Nocivas del Caribe y Zonas Adyacentes). Estos criterios fueron adaptados al tema de la ciguatera. Los puntajes se asignaron sobre la base del criterio de expertos sobre el tema y el análisis de la evidencia disponible y utilizando una variante del método Delphi (2024). Los resultados IRFAN muestran un gradiente espacial de riesgo coherente con los determinantes ecológicos y antrópicos que sustentan la ciguatera. En el Caribe de Panamá, el tramo Cabo Tiburón–Canal de Panamá (Código 2) alcanza un riesgo Alto (IRFAN = 3.1) mientras que el tramo Canal de Panamá–Sixaola (Código 1) se ubica en un riesgo Medio (2.8). En el Pacífico, tanto el tramo Burica–Azuero (Código 3) como el Golfo de Panamá (Código 4) presentan riesgo medio bajo, con índices de 2.3 y 1.9, respectivamente. Este patrón es plenamente coherente con la endemidad caribeña y la configuración del Pacífico Oriental Tropical. Los determinantes que incrementan el riesgo en el Caribe son la cobertura de sustratos bentónicos, la disponibilidad de vectores y la

existencia de patrones de circulación retentivos, reforzados por presiones antrópicas. El Pacífico mantiene condiciones suficientes para un riesgo medio, con puntos críticos localizados y evidencia clínica escasa. El Caribe panameño tiene un comportamiento distinto en comparación con otras áreas tropicales con alta incidencia. Por otra parte, el Pacífico panameño tiene similitudes con otras costas donde se ha confirmado la presencia de *Gambierdiscus* y la exposición de las personas depende de las condiciones del hábitat y de las prácticas de pesca. Las prioridades incluyen un monitoreo específico de bécnicos de ciguatera, la detección de ciguatoxinas en peces centinela, mejoras en la vigilancia clínica y en la gestión de presiones como el aporte de nutrientes, la sobrepesca de herbívoros y los disturbios costeros. También se debe hacer docencia sobre estos riesgos a las comunidades costeras y el sector de turismo/pesca. Es importante señalar que los valores de riesgo presentados en el presente trabajo son dinámicos y podría cambiar ante la aparición de nueva evidencia.

**PALABRAS CLAVE:** *Vigilancia ambiental, gestión de riesgos, algas, alga marina, eutroficación.*

#### ABSTRACT

A study was conducted to determine risk zones for ciguatera in Panama's Caribbean and Pacific. Documentary records of bloom occurrences along Panama's coasts were examined. Some records came from articles in indexed journals, while others derived from technical reports held in institutions responsible for protecting and managing the coastal environment. In some cases, samples of toxic or potentially toxic organisms from different areas of the country were examined, as well as thesis results on the topic. To define risk zones, the

quadrants established for Panama in UNESCO's HAEDAT database were used. Criteria and weightings were those proposed by the ANCA-IOCARIBE group for each country in the ANCA region (Harmful Algae in the Caribbean and Adjacent Areas) but adapted for ciguatera. The scores were assigned based on expert opinion on the subject and the analysis of the available evidence and using a variant of the Delphi method. Data analysis showed a high-risk area in central Caribbean Panama (3.1) and a medium risk in Bocas-Colón (2.8) and in both parts of the Pacific (2.3; 1.9). This pattern aligns with the endemic nature of the Caribbean and the uneven risk in the Eastern Tropical Pacific. The factors that increase risk in the Caribbean include the type of seabed cover, the presence of disease-carrying organisms, and the way ocean currents work, all made worse by human activities. In the Pacific, the conditions are reasonable for medium risk, with some specific areas of concern and limited clinical evidence. Compared to other tropical regions with high incidence, Panama's Caribbean aligns with endemic scenarios; Panama's Pacific shares features with Eastern Tropical Pacific shores where the presence of *Gambierdiscus* has been confirmed at specific sites and human exposure depends on microhabitat conditions and fishing practices. Priorities include targeted BHAB monitoring, CTX detection in sentinel fishes, improved clinical surveillance, and management of pressures (nutrients, overfishing of herbivores, coastal disturbances), with risk communication tailored to communities and the tourism/fisheries sector.

**KEYWORDS:** *Environmental monitoring, risk management, algae, marine algae, Eutrophication*

## INTRODUCCIÓN

La ciguatera (CFP, por sus siglas en inglés) es la intoxicación alimentaria marina más extendida en regiones tropicales y subtropicales. Se da cuando se comen peces de arrecife que han acumulado ciguatoxinas de dinoflagelados bentónicos de los géneros *Gambierdiscus* y *Fukuyoa*. Aunque su mortalidad es baja, la morbilidad puede ser alta, con síntomas gastrointestinales, neurológicos y cardiovasculares que afectan la salud pública, la seguridad alimentaria y economías locales dependientes de la pesca y el turismo. En este contexto, contar con un índice de riesgo como una herramienta operativa traduce información compleja en señales claras para decisiones de manejo. La presencia de ciguatoxinas está influenciada por varios factores: la cantidad y tipo de dinoflagelados bentónicos, la estructura y cobertura de los hábitats (como pastos marinos, corales y macroalgas), la temperatura y estabilidad del agua, eventos oceanográficos (como vientos y surgencias), la presión de la pesca y los patrones de consumo en la zona. Considerar cada variable por separado conduce a mensajes ambiguos o tardíos. Un índice de riesgo integra múltiples indicadores, tanto biológicos como ambientales y sociales que se traducen en un sistema de alerta temprana sobre zonas que requieren vigilancia y atención. Calcular un índice de riesgo para ciguatera permite pasar de la incertidumbre dispersa a la gestión preventiva basada en evidencia. Al integrar información biológica, ambiental y socioeconómica, el índice suministra una señal clara y oportuna para proteger la salud, sostener medios de vida costeros y orientar políticas públicas. Su valor no reside solo en el número final, sino en el proceso, estandariza cómo miramos el problema, organiza la recolección de datos, promueve la coordinación entre actores y crea una memoria operativa que mejora con cada ciclo de actualización.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del país frente a escenarios de intoxicación por ciguatera mediante la estimación de índices de riesgo para sectores específicos del Caribe y el Pacífico de Panamá.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar la información existente para levantar un perfil de vulnerabilidad frente a episodios de ciguatera en las costas panameñas.
- Desarrollar criterios de vulnerabilidad válidos para el Caribe y el Pacífico de Panamá.
- Hacer una estimación del índice de riesgo para cada uno de los cuadrantes definidos en la base de datos HAEDAT de la UNESCO utilizando como referencia los puntajes asignados por expertos en ciguatera y el análisis de la evidencia disponible (Delphi, 2024).

## MARCO TEÓRICO

### 1. El problema de las floraciones de algas nocivas

Diferentes autores reportan un incremento en la incidencia de fenómenos de floraciones de algas nocivas (FAN) en diferentes partes del mundo. Skinner et al. (2011) hallaron que, durante las últimas tres décadas, la incidencia de ciguatera en el Pacífico Sur incrementó un 60%, mientras que Tester et al. (2010) detectaron un aumento del 32% para los países del Caribe. Estos aumentos podrían ser aún mayores en el futuro debido a los cambios en los patrones climáticos globales, la sobrepesca y la degradación de los ecosistemas marinos (Tester et al., 2010). Por otra parte, Sierra-Beltrán et al. señala que en el periodo 2000-2001 se presentó un evento muy agresivo dominado por *Pyrodinium bahamense* que se extendió desde las costas de Costa Rica hasta Guerrero en México, causando más de 50 intoxicados y 10 fallecidos en México, mientras que en Centroamérica los envenenados sumaron más de 300 sin presentar fallecimientos oficialmente. Según Hallegraef (1995) este fenómeno fue precedido por el evento El Niño 1983-1984. Guatemala se encuentra bajo la influencia de las plumas de surgencia del Golfo de Tehuantepec, las cuales proveen los nutrientes que alimentan estos fenómenos. Más recientemente, se registró una marea roja ictiotóxica (Carrillo L. et al, 2007) producida por *Cochlodinium catenatum*, lo que implica un aumento de la actividad en esta zona. Un dato llamativo es que esta marea roja fue detectada dentro del estuario que abastece de agua a una camaronera y produjo una alta mortalidad en los estanques camaroneros. Desde 2002 hasta ahora, Costa Rica ha visto un aumento de algas dañinas debido a varias especies de dinoflagelados marinos, como *Pyrodinium bahamense*, *Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium monilatum*, *Cochlodinium polikrykoides* y una cianobacteria llamada *Trichodesmium erythraeum*. Inicialmente, *P. bahamense* y *G.*

*catenatum* eran las especies más dañinas, pero actualmente *C. polikrykoides* es un habitante común de las costas, causando mortalidad de peces, espuma en las playas y manchas a lo largo de toda la costa. Considerando el aumento de la ciguatera en el Caribe (Mancera-Pineda et al., 2010), la presencia de dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a pastos y macroalgas, la amplia diversidad de estas últimas y otros sustratos que conforman la deriva en el mar Caribe y el aumento del fenómeno de FAN en todo el mundo, es necesario generar protocolos para la gestión de todos estos riesgos.

## **2. Síndromes causados por los fenómenos FAN**

### **2.1 Intoxicación paralizante por consumo de marisco (PSP – *Paralytic Shellfish Poisoning*)**

**Causa:** La principal causa es comer moluscos del orden de los bivalvos, como mejillones y ostiones, que han acumulado saxitoxinas a lo largo del tiempo. Estas saxitoxinas son potentes neurotoxinas producidas principalmente por dinoflagelados.

- **Toxinas involucradas:** Saxitoxinas.

Neurotoxinas producidas por microalgas marinas del grupo de los dinoflagelados, que bloquean los canales de sodio que están en las células nerviosas induciendo a una parálisis muscular.

- **Algunos géneros de microalgas responsables:** *Alexandrium sp.*, *Gymnodinium sp.*, *Pyrodinium bahamense*.
- **Síntomas:** La sintomatología aparece en el transcurso de los 30 minutos o 3 horas luego de haber consumido el espécimen intoxicado. Presenta los siguientes síntomas:

- Entumecimiento, hormigueo en labios y extremidades, náuseas, vómitos, dificultad respiratoria, y en casos severos, parálisis muscular y muerte por paro respiratorio.

## 2.2. Intoxicación diarreica por consumo de mariscos (DSP – *Diarrhetic Shellfish Poisoning*)

**Causa:** Es causada por la ingesta de mariscos que están contaminados con ácido okadaico y dinofisitoxinas, las cuales son producidas principalmente por microalgas.

- **Toxinas involucradas:**

**Ácido okadaico:** Estos son toxinas lipofílicas principalmente producidas por dinoflagelados del género *Dinophysis* y *prorocentrum*. Su principal mecanismo de toxicidad es la inhibición de las enzimas fosfatasas de la proteína tipo 1 y 2 A, la cual provoca dentro de las células alteraciones en los procesos de fosforilación.

**Dinofisitoxinas:** Es una toxina con una estructura análoga al ácido okadaico y producidas por la especie *Dinophysis spp.*

Ambas toxinas conforman el grupo de las toxinas que producen el síndrome diarreico por mariscos.

- **Algunos géneros de microalgas responsables:** *Dinophysis spp.*, *Prorocentrum spp.*
- **Síntomas:** Diarrea, náuseas, vómitos, dolor abdominal.
- **Transmisión:** Es producida únicamente por ingerir moluscos bivalvos contaminados.

### **2.3. Intoxicación amnésica por consumo de mariscos (ASP – *Amnesic Shellfish Poisoning*)**

**Causa:** Esta intoxicación es causada por el consumo de moluscos contaminados. Estas toxinas se acumulan en los tejidos de los bivalvos, cuando estos filtran el agua de mar, mecanismo que permite que se ingieran estas microalgas productoras de esta toxina. Una característica de esta toxina es que es termorresistente, por lo que la cocción e incluso la congelación de dichos mariscos no eliminará la toxina.

- **Toxina involucrada:** Ácido domoico.

Esta toxina tiene una estructura análoga a la del glutamato, que es un neurotransmisor que se encuentra en el sistema nervioso, por lo que esta toxina se adhiere de manera anormal a aquellos receptores que están en el cerebro.

- **Microalga responsable:** *Pseudo-nitzschia spp.*
- **Síntomas:** Náuseas, vómitos, pérdida de memoria a corto plazo, desorientación, convulsiones y en casos graves, coma o muerte.

### **2.4. Intoxicación neurotóxica por consumo de mariscos (NSP – *Neurotoxic Shellfish Poisoning*)**

**Causa:** Es producida por la ingesta de moluscos contaminados con brevetoxinas y también por la inhalación de aerosoles marinos producidos por las algas durante un evento de marea roja.

- **Toxinas involucradas:** Brevetoxinas.

La toxina debido a la estructura que posee se une a los canales de sodio, provocando

interferencia en la transmisión normal de los impulsos nerviosos.

- **Microalga responsable:**

***Karenia brevis***: Esta microalga es la principal causante de las popularmente conocidas “mareas Rojas” y durante este evento muchos bivalvos acumulan dichas toxinas en sus tejidos por medio de la filtración.

- **Síntomas:** Vómitos, diarrea, hormigueo, visión borrosa, mareos. Aunque no suele ser mortal, puede causar síntomas neurológicos notorios.

## **2.5. Envenenamiento ciguatérico por consumo de peces (CFP – *Ciguatera Fish Poisoning*)**

**Causa:** Es una intoxicación alimentaria producida principalmente por el consumo de peces tropicales ciguatos.

- **Toxinas involucradas: Ciguatoxinas.**

Son compuestos lipofílicos termoestables y que resisten a la congelación, es decir que la cocción de los peces que están contaminados no elimina la toxicidad.

- **Algunos géneros de microalga involucrados: *Gambierdiscus*, *Fukuyoa*, *Ostreopsis*, *Coolia* (dinoflagelados bentónicos).**
- **Síntomas:** Náuseas, vómitos, dolor abdominal, inversión de la percepción del calor y frío, dolor muscular y alteraciones neurológicas que pueden durar semanas o meses.

## **3. Algunas especies que causan grandes problemas en Latinoamérica**

Las floraciones de algas nocivas (FANs) son un problema significativo en América Latina

que afecta distintos ámbitos tanto sociales como económicos y ambientales y que involucra no solo los distintos ecosistemas acuáticos sino también las actividades económicas y de subsistencia como la pesca, la agricultura y, obviamente, el turismo. Uno de los países latinoamericanos con mayores afectaciones a causa de las FANs es Chile, especialmente en la zona sur-austral, área de gran importancia comercial y ambiental; esta zona se ha visto afectada directamente con pérdidas gigantescas en la industria salmonera. Los principales causantes de dichas pérdidas son el dinoflagelado de la especie *Alexandrium catenella*, conocido principalmente por producir toxinas paralizantes y especies de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia*, un organismo productor de ácido domoico, el cual es causante de intoxicaciones amnésicas. En Guatemala, en agosto de 1987 (Carrillo, 2007), se registró un caso de floración en el Pacífico, provocando brotes de intoxicaciones por el consumo de mariscos con un saldo de 22 muertes y 193 envenenamientos. El causante de esta mortandad fue la especie *Pyrodinium bagamense var. compressum* y su presencia ha sido persistente en los años posteriores a la fecha. En el caso de México los eventos ocurridos de FAN han tenido lugar principalmente en las costas del Caribe y el golfo de México; en el Pacífico, las especies *Karenia brevis* y *Gymnodinium catenatum* son las más relevantes. Estas especies son altamente peligrosas por su capacidad de producir brevetoxinas y saxitoxinas, que producen principalmente intoxicación neurotóxica y paralizante. Aunque estos fenómenos constituyen un problema de salud pública en algunos países de la región del Caribe y de Latinoamérica, Panamá todavía no ha debutado con un evento de una magnitud tal que requiera de un abordaje de tipo epidemiológico. Sin embargo, no estamos ajenos a las amenazas que pueden afectar nuestras costas. El Pacífico centroamericano es un área oceanográficamente compleja. Las zonas de afloramiento costero, el domo térmico de Costa Rica y los patrones de viento cambiantes hacen que las corrientes cambien a lo largo del año.

El sur de México comparte características climatológicas similares al resto de Centroamérica y mucho de lo que ocurre en estas costas afecta a los países más al sur como Nicaragua, El Salvador, Costa Rica y podría impactar eventualmente a Panamá.

Esto hace del Pacífico oeste de Panamá la puerta de entrada de toxinas parálíticas y organismos como *Pyrodinium bahamense* y *Gymnodinium catenatum* además de otros igualmente tóxicos que se forman en países cercanos. Por otra parte, el golfo de Panamá recibe, durante ciertas épocas del año, la influencia de ramales de la corriente de Humboldt que entran al golfo de Panamá en un patrón counterclockwise y que nos exponen a organismos tóxicos que vienen de Suramérica. El Caribe tampoco está libre de la amenaza de la ciguatera y ya se han encontrado especies potencialmente tóxicas en las costas de la provincia de Colón.

#### **4. Impacto social y económico de las FAN en comunidades costeras**

Muchas comunidades costeras de Latinoamérica, ubicadas en zonas donde se registran FAN, se encuentran amenazadas por estos eventos, que no solo tienen un impacto en la parte ambiental, sino que su incidencia en lo social y económico es muy significativa. En el ámbito económico, estos lugares dependen directamente de los recursos costeros disponibles, como la pesca y la acuicultura. Estas actividades se realizan para la subsistencia de muchas familias y también con fines comerciales. En lugares en donde se detecta la existencia de moluscos y peces con presencia de toxinas, se hace necesario tomar medidas radicales como el cierre de extracción y comercialización, generando afectaciones tanto económicas como sociales. El caso de Chiloé en Chile, ocurrido en el año 2016 (Herrera-Mancilla, 2021) es uno de los más destacados ejemplos de lo que pueden ocasionar estos eventos en la economía de una comunidad.

La prohibición en la extracción de mariscos de importancia comercial provocó un colapso en la economía local. Esto impactó directamente en la parte social de la comunidad, generando manifestaciones por la falta de ingresos. Del mismo modo ocurrido en los países mencionados como Nicaragua y Guatemala, la suspensión de las actividades de pesca y extracción por las floraciones impactó de manera negativa en la comercialización y puso en riesgo la seguridad alimentaria de las comunidades.

Cuando los eventos de FAN ocurren, se toman medidas que impactan otros aspectos de la economía como lo es el turismo de playa. Algunas playas afectadas se ven obligadas a cerrar para evitar riesgos en los bañistas, lo que reduce radicalmente la visita de turistas afectando la economía del turismo. Las floraciones afectan doblemente a las comunidades costeras: por una parte, limitan las fuentes de trabajo y, obviamente, de alimentación, y por otra, se ve reducida la oportunidad de desarrollo social, lo que pone en evidencia que estos eventos no solo son un problema ambiental, sino también social, que afecta a una comunidad que depende netamente de los recursos costeros que están a su disposición.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. El área de estudio

Para la definición de las zonas de riesgo se utilizaron los códigos de área propuestos por Panamá para la base de datos HAEDAT (*Harmful Algal Event Database*) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. Para cada zona se examinaron los registros documentales sobre la ocurrencia de floraciones en las costas de Panamá. Algunos de estos registros provinieron de publicaciones en revistas indexadas mientras que otros, de información almacenada en informes técnicos en instituciones relacionadas con la protección y administración del ambiente costero. En algunos casos se examinaron muestras sobre organismos tóxicos o potencialmente tóxicos provenientes de diferentes áreas del país, así como también los resultados de tesis sobre el tema. Los puntajes se asignaron sobre la base del criterio de expertos sobre el tema y el análisis de la evidencia disponible, utilizando una variante del método Delphi (2024).

### 2. Definición de los códigos de área (Figura 1).

#### CÓDIGO 1

Salida Caribe del Canal de Panamá (09° 22' 52.5" LN; 79° 55' 10.0" LW)

Boca del Sixaola (09° 34' 12.0" LN; 82° 33' 14.5" LW)

#### CÓDIGO 2

Punta noroeste del Cabo Tiburón (08° 41' 73.0" LN; 77° 21' 50.9" LW)

Salida Caribe del Canal de Panamá (09° 22' 52.5" LN; 79° 55' 10.0" LW)

#### CÓDIGO 3

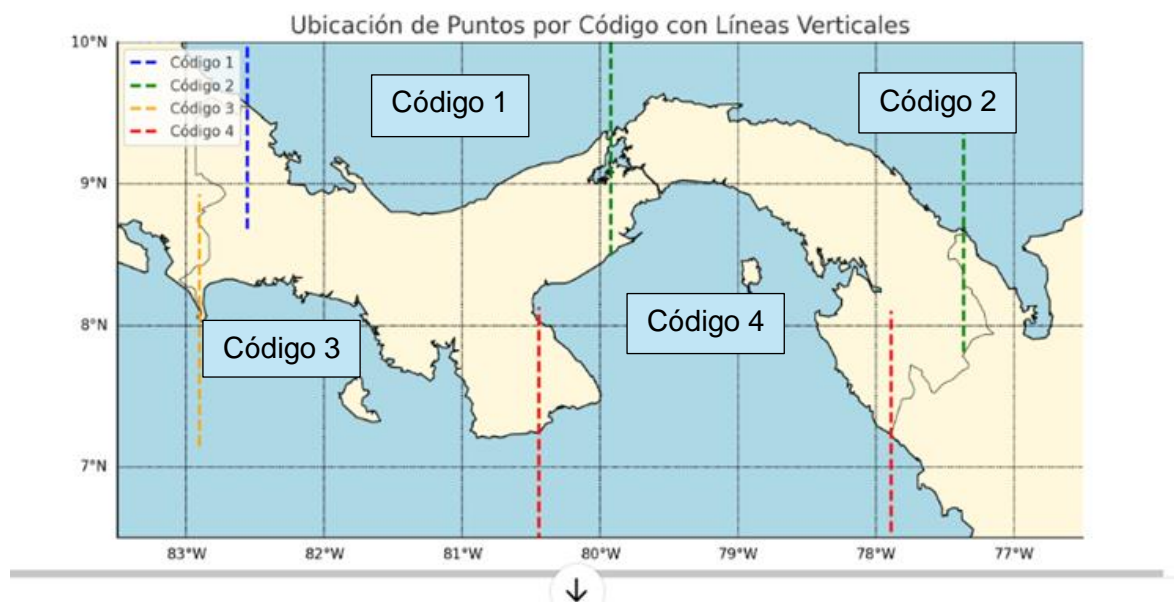
Punta Burica (08° 02' 18.0" LN; 82° 54' 12.5" LW)

Punta Morro de Puerco (07° 14' 27" LN; 80° 26' 27" LW)

#### CÓDIGO 4

Punta Morro de Puerco (07° 14' 27" LN; 80° 26' 27" LW)

Punta Del Pacífico (07° 12' 39.3" LN; 77° 53' 20.9" LW)



*Figura 1. Áreas para la delimitación de las zonas de riesgo en el Pacífico y Caribe de Panamá.*

### **3. Definición de criterios y valor de ponderación para escenarios de vulnerabilidad a florecimientos algales nocivos.**

Para la determinación de las zonas de riesgo de floraciones de algas nocivas tanto en el Pacífico como en el Caribe, se utilizaron los siguientes criterios con sus respectivas ponderaciones. Estos criterios fueron propuestos por el Grupo IOCARIBE (HAB-ANCA), 2018, para el desarrollo de un índice de riesgo para cada uno de los países de la región ANCA (Algas Nocivas del Caribe y Zonas Adyacentes) pero con modificaciones para aplicarlos a ciguatera. Para la asignación de puntajes para los criterios seleccionados se utilizó una variante informal del método Delphi (Chávez y Torres, 2024).

**Tabla 1. Criterios IRFAN para Ciguatera en el Caribe, Panamá.**

CRITERIO	ESCALA DE OCURRENCIA
1. Reportes de la presencia de dinoflagelados bentónicos asociados con Ciguatera	0=No existen reportes 1=Hay reportes de la presencia de bentónicos no relacionados con ciguatera 2=Reportes de bentónicos asociados a ciguatera, pero no <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> , 3= Reportes ocasionales de la presencia de <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> 4=Reportes frecuentes de la presencia de <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> ,
2. Cobertura y abundancia de sustratos tales como hierbas marinas, algas y arrecifes de coral (especialmente muertos) que pudieran albergar algas bénticas asociadas con la ciguatera.	1=Cobertura mínima de sustratos adecuados, generalmente dispersos, 2=Cobertura moderada, generalmente corales vivos lejos de la costa 3- Hasta el 10% de las plataformas coralinas están muertas y tienen proliferación de algas y hierbas marinas 4=50% o más de las plataformas de corales están muertas con alta proliferación de algas. 5=Cobertura extensa con evidentes signos de contaminación antrópica y predominio visible de algas verdes filamentosas.
3. Presencia y abundancia de especies vectores de toxicidad, principalmente invertebrados y peces de Arrecifes potencialmente portadores de la ciguatoxina.	1=Menos del 1% de los vectores reportados para el área. 2=Del 1% al 10% de los vectores reportados para el área, 3=Del 10% al 50% de los vectores reportados para el área 4=Más del 50% de los vectores reportados para el área.

<p>4. Reportes epidemiológicos de poblaciones costeras, particularmente registros de intoxicaciones alimentarias que podrían ser causadas por ciguatera.</p>	<p>1=Reportes aislados menores, 2=Múltiples casos documentados, 3=Brotos frecuentes, 4=Crisis sanitaria activa.</p>
<p>5. Actividades productivas asociadas a la zona costera (Agricultura, pesca, acuicultura, turismo y otras) con la capacidad de contaminar el medio costero</p>	<p>1=Actividad mínima, más bien de tipo artesanal y de subsistencia, 2=Al menos 10% de actividades productivas no de tipo artesanal o de subsistencia 3=Del 10% al 50% de actividad productiva. 4=Más del 50% de actividad productiva. 5. Actividad productiva intensiva y a gran escala que ocupa casi toda la zona costera.</p>
<p>6. Existencia de regulaciones y normativa para proteger la costa de la contaminación antrópica.</p>	<p>1=No hay regulación. 2. Hay buena regulación, pero grandes problemas de implementación y de fiscalización 3=Hay buena regulación y pocos problemas de implementación, pero limitada capacidad de fiscalización, 4= Hay buena regulación, pocos problemas de implementación y una fiscalización eficiente.</p>
<p>7. Patrones de circulación oceánica que favorecen la migración de bentónicos de ciguatera desde países cercanos donde la ciguatera es endémica.</p>	<p>1=Los patrones de circulación dispersan las floraciones, 2=Patrones de circulación neutros, 3=Circulación muy favorable para la retención, 4=Patrones de circulación concentran y retienen floraciones</p>

#### 4. Estimación del índice de riesgo para floraciones de algas nocivas (IRFAN)

Tabla 2. Ponderación de criterios para el cálculo de un índice de riesgo en el Caribe de Panamá.

CRITERIO
1. Presencia de dinoflagelados bentónicos asociadas al síndrome de la ciguatera ( <b>Porcentaje de ponderación= 0.25</b> ). Es el factor más crítico, ya que determina directamente la toxicidad potencial
2. Cobertura y abundancia de sustratos tales como hierbas marinas, algas y arrecifes de coral (especialmente muertos). ( <b>Porcentaje de ponderación=0.10</b> ). Favorece establecimiento de algas tóxicas bentónicas al haber más sustratos disponibles para la fijación.
3. Presencia y abundancia de especies vectores de toxicidad (principalmente peces). ( <b>Porcentaje de ponderación=0.15</b> ). Amplifica el riesgo al concentrar toxinas en la cadena alimentaria
4. Reportes epidemiológicos de poblaciones costeras, particularmente registros de intoxicaciones, muerte de organismos acuáticos, vedas preventivas y cualquier otra alerta relacionada con el tema. ( <b>Porcentaje de ponderación=0.20</b> ). Evidencia directa del impacto en salud pública y ecosistemas
5. Actividades productivas asociadas a la zona costera o descarga de desechos urbanos (Agricultura, pesca, acuicultura, turismo y otras. ( <b>Porcentaje de ponderación=0.10</b> ). Contribuyen indirectamente a la eutrofización y proliferación de microalgas. Aumenta la exposición humana y puede aportar nutrientes
6. Existencia de regulaciones y normativa. ( <b>Porcentaje de ponderación=0.05</b> ). Influye en la prevención y respuesta, pero no en la ocurrencia biológica. Factor mitigador del riesgo, no generador
7. Patrones de circulación oceánica que favorecen la migración de floraciones nocivas. ( <b>Porcentaje de ponderación=0.15</b> ). Determina la dispersión, acumulación y llegada de floraciones de algas nocivas a nuevas zonas.
<b>Ponderación total: 100%</b>

Los valores de ponderación se fundamentan en lo siguiente:

1. Se privilegia la evidencia directa y la dinámica de dispersión (criterios 1, 4 y 7)
2. Los valores de soporte como los factores biológicos y ambientales se le asigna peso medio (criterios 2 y 3).
3. Los factores socioeconómicos y regulatorios al tener efecto indirecto se le asigna baja ponderación (criterios 5 y 6).

## 5. Aplicación de la fórmula y cuadro de valoración

$$\text{IRFAN} = (0.25 \times C1) + (0.20 \times C4) + (0.15 \times C3) + (0.15 \times C7) + (0.10 \times C2) + (0.10 \times C5) + (0.05 \times C6)$$

Donde:

- C1 = Presencia de microalgas tóxicas (1-4)
- C2 = Cobertura de substratos (1-5)
- C3 = Especies vectores (1-4)
- C4 = Reportes epidemiológicos (1-4)
- C5 = Actividades productivas (1-5)
- C6 = Regulaciones (1-4)
- C7 = Patrones de circulación (1-4)

Escala de referencia:

- **0.0 – 1.5** → **Riesgo bajo:** Condiciones poco favorables para la proliferación de ciguatera o con baja incidencia reportada.
- **1.6 – 3.0** → **Riesgo medio:** Existen factores ecológicos y antrópicos que favorecen el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.

- **3.1 – 5.0** → **Riesgo alto:** Ecosistemas y actividades humanas claramente propicias para eventos de ciguatera, con necesidad de vigilancia y medidas preventivas más estrictas.

## RESULTADOS

### CÓDIGO 1

Sección comprendida entre la salida Caribe del Canal de Panamá (09° 22' 52.5" LN; 79° 55' 10.0" LW) y la Boca del Sixaola (09° 34' 12.0" LN; 82° 33' 14.5" LW).

**Tabla 3. Resumen de puntajes. Código 1.**

Criterio	Puntaje
1. Dinoflagelados béticos asociados a ciguatera	2
2. Cobertura de sustratos (hierbas marinas, macroalgas, coral muerto)	4
3. Especies vectores (peces de arrecife/invertebrados)	3
4. Reportes epidemiológicos de ciguatera	1
5. Actividades productivas con potencial contaminante	4
6. Regulación/normativa ambiental costera	2
7. Circulación oceánica favorable a migración/retención	4

**1. Reportes de dinoflagelados bentónicos (*Gambierdiscus*/*Fukuyoa*) asociados a ciguatera. Puntaje: 2 (Hay reporte de bentónicos asociados a ciguatera pero no *Gambierdiscus-Fukuyoa*)**

No se hallaron publicaciones que documenten *Gambierdiscus* in situ en Bocas del Toro y la Costa Abajo de Colón, pero proyecciones regionales para el Gran Caribe muestran una alta probabilidad en plataformas someras del Caribe occidental, coherente con la distribución de ciguatera en la región. Esto sugiere condiciones aptas, aunque la evidencia local publicada es escasa.

**2. Cobertura/abundancia de sustratos (praderas de hierbas marinas, macroalgas y arrecifes degradados). Puntaje 4 (50% más de la plataforma de coral está muertas con una alta proliferación de macroalgas)**

Bahía Almirante y las lagunas cercanas tienen grandes praderas de *Thalassia* y *Syringodium*, junto con arrecifes de coral y manglares que forman un sistema continuo. También hay zonas con corales muertos y escombros que ayudan al crecimiento de algas en el fondo del mar. Datos recientes y de referencia de la zona confirman alta cobertura de hábitats bentónicos (Gaubert-Boussarie et al., 2021).

**3. Presencia y abundancia de especies vectores — Puntaje: 3 (Del 10-50% de los vectores reportados para el área)**

La ictiofauna costera incluye barracudas (*Sphyraena barracuda*), pargos (*Lutjanus*) y meros/cherna (*Epinephelus/Mycteroperca*), conocidos vectores de ciguatoxinas. En Bocas del Toro se han caracterizado comunidades de peces arrecifales diversas; la presión pesquera reduce densidades en algunos sitios, pero la disponibilidad de vectores asume valores promedio en comparación con el conjunto regional. Panamá Caribe alberga una fracción

sustancial de la diversidad regional y una comunidad típica del Gran Caribe, pero no es uno de los extremos de máxima riqueza del sistema (que tienden a estar en plataformas más extensas). En algunos sitios (una o pocas localidades), la riqueza observada es intermedia para los estándares caribeños; en otras, la representatividad y el ensamble son muy similares al conjunto regional. En resumen, la diversidad del Caribe panameño es representativa, pero no máxima, lo que justifica una puntuación de 3.

**4) Reportes epidemiológicos de ciguatera — Puntaje: 1 (Reportes aislados menores)**

Los informes clínicos oficiales sobre Panamá son pocos y están incompletos. Hay menciones sobre dinoflagelados en algunos reportes de la región, pero se han documentado muy pocos casos en la literatura revisada para esta área. Es razonable considerar reportes aislados y subregistro potencial.

**5) Actividades productivas costeras con potencial contaminante — Puntaje: 4 (más del 50% de actividades productivas)**

El tramo combina puertos y operaciones marítimas de Colón/Canal, turismo intensivo en Bocas del Toro y agricultura bananera de vasta escala en Changuinola/Sixaola. En Bahía Almirante se han observado que se introducen nutrientes y metales pesados debido a descargas de áreas urbanas, agrícolas y puertos. Estas condiciones aumentan la eutrofización y la proliferación de macroalgas, que son un sustrato para BHAB.

Por su intensidad y multiplicidad, se asignó puntaje máximo.

**6) Existencia de regulación/normativa ambiental — Puntaje: 2 (Hay buena regulación, pero grandes problemas de implementación y de fiscalización)**

Panamá cuenta con un marco legal ambiental y áreas protegidas relevantes dentro del tramo

(p. ej., Parque Nacional Portobelo; Parque Nacional Marino Isla Bastimentos). Sin embargo, la evidencia de contaminación crónica (p. ej., aguas residuales en Bocas) indica desafíos de implementación y cumplimiento, por lo que la calificación es de regulación básica/moderada más que “robusta y efectiva”.

## **7. Patrones de circulación que favorecen retención/migración desde zonas endémicas**

### **Puntaje: 4 (Patrones de circulación concentran y retienen floraciones)**

Bocas del Toro (Bahía Almirante/Laguna de Chiriquí) es un sistema semicerrado con giros y largo tiempo de residencia del agua. Estas condiciones facilitan el reclutamiento y la retención de benthos de ciguatera. Además, hay reversiones estacionales de la corriente costera influenciadas por remolinos de la corriente del Caribe. Estos remolinos también pueden retener y transportar organismos y material particulado a lo largo de la costa Colón–Bocas–frontera CR. Todas estas condiciones favorecen la entrada, retención y concentración de dinoflagelados benthos asociados a la ciguatera.

Considerando que el porcentaje de ponderación por criterio es: criterio 1= 0.25; criterio 2 = 0.10; criterio 3= 0.15; criterio 4 = 0.20; criterio 5 =0.10; criterio 6 = 0.05 y criterio 7= 0.15. Se calculó el índice IRFAN según la siguiente ecuación:  $(\text{Criterio 1} \times 0.25) + (\text{criterio 2} \times 0.10) + (\text{criterio 3} \times 0.15) + (\text{criterio 4} \times 0.20) + (\text{criterio 5} \times 0.10) + (\text{criterio 6} \times 0.05) + (\text{criterio 7} \times 0.15)$ .

Cálculo del índice IRFAN usando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas):  $2 \times 0.25 = 0.5$
- Criterio 2 (substratos):  $4 \times 0.10 = 0.40$
- Criterio 3 (especies vectores):  $3 \times 0.15 = 0.45$

- Criterio 4 (reportes epidemiológicos):  $1 \times 0.20 = 0.20$
- Criterio 5 (actividades productivas costeras):  $4 \times 0.10 = 0.40$
- Criterio 6 (regulación/normativa):  $2 \times 0.05 = 0.10$
- Criterio 7 (circulación oceánica):  $4 \times 0.15 = 0.60$

**Suma total:**

- $0.5 + 0.40 + 0.45 + 0.20 + 0.40 + 0.10 + 0.60 = \underline{\underline{2.65}}$

**Interpretación**

- $1.6 - 3.0 \rightarrow$  Riesgo medio: Existen factores ecológicos y antrópicos que favorecen el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.

**CÓDIGO 2**

Sección comprendida entre la punta noroeste del Cabo Tiburón (Límite con Colombia),  $08^{\circ} 41' 73.0''$  LN  $77^{\circ} 21' 50.9''$  LW y la salida Caribe del Canal de Panamá. Un punto entre los dos rompeolas  $09^{\circ} 22' 52.5''$  LN  $79^{\circ} 55' 10.0''$  LW

**Tabla 4. Resumen de puntajes. Código 2.**

<b>Criterio</b>	<b>Puntaje</b>
1. Dinoflagelados bénticos asociados a ciguatera	2
2. Cobertura de sustratos (hierbas marinas, macroalgas, coral muerto)	4
3. Especies vectores (peces de arrecife/invertebrados)	3
4. Reportes epidemiológicos de ciguatera	1
5. Actividades productivas con potencial contaminante	4
6. Regulación/normativa ambiental costera	2
7. Circulación oceánica favorable a migración/retención	4

**1) Reportes de dinoflagelados bentónicos (*Gambierdiscus*/*Fukuyoa*) asociados a ciguatera. Puntaje: 2 (Reportes de bentónicos asociados a ciguatera, pero no *Gambierdiscus-Fukuyoa*)**

En la zona de Punta Galeta (Colón) y en la costa arriba de Colón se reportado la presencia de **dinoflagelados bentónicos asociados a la Ciguatera** (p. ej., *Ostreopsis*, *Prorocentrum*), aunque **no** hay evidencia de la presencia *Gambierdiscus- Fukuyoa* en ese estudio; esto evidencia un hábitat propicio para microalgas bentónicas nocivas. A nivel regional, *Gambierdiscus/Fukuyoa* presentan alta prevalencia en el Gran Caribe y existen reportes epidemiológicos para el Caribe colombiano al SE de la sección evaluada. Sin embargo, en

algunos años se ha observado altas densidades de *Ostreopsis* asociada a proliferaciones de *Chaetomorpha* que cubren el arrecife. Aunque *Ostreopsis* no es *Gambierdiscus/Fukuyoa*, muestra que hay condiciones locales muy favorables para dinoflagelados bentónicos dañinos, lo que aumenta la probabilidad ecológica de ciguatera en el área.

**2) Cobertura/abundancia de sustratos (Hierbas marinas, macroalgas, arrecifes en gran parte degradados) Puntaje: 4 (50% o más de la plataforma de corales están muertas con alta proliferación de algas)**

Guna Yala alberga un sistema arrecifal extenso y diverso (cientos de islas con arrecifes, praderas y manglares). La costa arriba de Colón (Portobelo/Isla Grande–Galeta) presenta arrecifes de franja, praderas y manglares. La plataforma de arrecifes de Cacique está compuesta de coral muerto con un alto predominio de algas. La extensión y continuidad de sustratos aptos para microalgas bentónicas es muy alta

**3) Presencia/abundancia de vectores (peces/invertebrados arrecifales) Puntaje: 3 (Del 10 al 50% de los vectores reportados para el área)**

La matriz de arrecifes, praderas y manglares alberga una gran variedad de peces de arrecife, como pargos, meros, carángidos y barracudas, que son conocidos portadores de ciguatoxinas. El registro de *Shorefishes of the Greater Caribbean* (2023) documenta alta diversidad íctica costera para el Caribe panameño.

**4) Reportes epidemiológicos de ciguatera en poblaciones costeras. Puntaje: 1 (Reportes aislados/menores)**

La ciguatera es endémica en el Gran Caribe y está bien documentada en Colombia, pero no

hay series publicadas recientes específicas para Guna Yala o la Costa Arriba de Colón; el subregistro es frecuente en este tipo de intoxicación.

**5) Actividades productivas costeras con capacidad de contaminar. Puntaje: 4 (Más del 50% de actividad productiva no artesanal o de subsistencia)**

En Guna Yala la urbanización es baja, pero el turismo es creciente. Por otra parte, en la Costa Arriba de Colón existen históricos impactos por actividades portuarias/industriales y derramas de hidrocarburos que afectaron manglares, praderas y arrecifes y motivaron seguimientos de largo plazo. En conjunto hay zonas de baja y alta presión y por lo tanto se asignó una presión promedio moderada (U.S. Government Publishing Office (GPO), 2022).

**6) Regulación/normativa para proteger la costa de contaminación antrópica.**

**Puntaje: 2 (Hay buena regulación, pero grandes problemas de implementación y de fiscalización)**

Panamá cuenta con la Ley 41 (General de Ambiente) y la Ley 304 (protección de arrecifes y ecosistemas asociados); existen áreas protegidas (p. ej., Parque Nacional Portobelo) y el régimen autónomo de Guna Yala con normas propias. La implementación varía en el tiempo y en el área estudiada pero su efectividad es baja y la fiscalización casi nula.

**7) Patrones de circulación que favorecen retención/migración desde zonas endémicas.**

**Puntaje: 4 (patrones de circulación concentran y retienen floraciones)**

La costa está expuesta a la Corriente del Caribe (flujo E→W) y a la dinámica del Giro Panamá-Colombia (PCG). La interacción entre los vientos alisios estacionales (ITCZ), los remolinos de meso-escala y la forma del terreno de las islas (archipiélago de Guna Yala, cabos y bahías en Colón) ayuda al transporte de propágulos y biomasa de otras partes de

Caribe así como a su retención en las islas y ensenadas cercanas. Esto crea áreas con mucha residencia que favorecen la acumulación de dinoflagelados bentónicos y partículas.

Considerando que el porcentaje de ponderación por criterio es: criterio 1= 0.25; criterio 2 = 0.10; criterio 3 = 0.15; criterio 4 = 0.20; criterio 5= 0.10; criterio 6 = 0.05 y criterio 7 = 0.15. Se calculó el índice IRFAN según la siguiente ecuación:  $(\text{Criterio 1} \times 0.25) + (\text{criterio 2} \times 0.10) + (\text{criterio 3} \times 0.15) + (\text{criterio 4} \times 0.20) + (\text{criterio 5} \times 0.10) + (\text{criterio 6} \times 0.05) + (\text{criterio 7} \times 0.15)$ .

Cálculo del índice IRFAN usando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas):  $2 \times 0.25 = 0.50$
- Criterio 2 (substratos):  $4 \times 0.10 = 0.40$
- Criterio 3 (especies vectores):  $3 \times 0.15 = 0.45$
- Criterio 4 (reportes epidemiológicos):  $1 \times 0.20 = 0.20$
- Criterio 5 (actividades productivas costeras):  $4 \times 0.10 = 0.40$
- Criterio 6 (regulación/normativa):  $2 \times 0.05 = 0.10$
- Criterio 7 (circulación oceánica):  $4 \times 0.15 = 0.60$

**Suma total:**

- $0.50 + 0.40 + 0.45 + 0.20 + 0.40 + 0.10 + 0.60 = \underline{\underline{2.65}}$

**Interpretación**

- **Riesgo medio:** Existen factores ecológicos y antrópicos que favorecen el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.

### CÓDIGO 3

Sección comprendida entre Punta Burica (límite con Costa Rica; 08°02'18.0" N, 82°54'12.5" W) y Punta Morro de Puerco (Península de Azuero; 07°14'27" N, 80°26'27" W), en el Pacífico de Panamá.

**Tabla 5. Resumen de puntajes. Código 3.**

<b>Criterio</b>	<b>Puntaje</b>
1. Dinoflagelados bénticos asociados a ciguatera	1
2. Cobertura de sustratos (hierbas marinas, macroalgas, coral muerto)	2
3. Especies vectores (peces de arrecife/invertebrados)	3
4. Reportes epidemiológicos de ciguatera	1
5. Actividades productivas con potencial contaminante	4
6. Regulación/normativa ambiental costera	2
7. Circulación oceánica favorable a migración/retención	4

**1) Reportes de microalgas bentónicas asociadas con ciguatera. Puntaje: 1 (Hay reportes de bentónicos no asociados a ciguatera)**

En el Pacífico tropical oriental, se han confirmado avistamientos del género *Gambierdiscus* en Isla del Coco (Costa Rica) (Vargas-Montero et al, 2012) que es el primer registro para

toda la región. Sin embargo, no se encontraron publicaciones revisadas por expertos que documenten su presencia en el Pacífico de Panamá o la presencia de otras especies asociadas. Sin embargo, revisiones recientes sobre microalgas bentónicas en Sudamérica han encontrado *Gambierdiscus* en el Pacífico de Ecuador. Esto apoya la idea de que también podría estar presente en Panamá, debido a la conexión biogeográfica, aunque no hay evidencia local directa publicada.

## **2) Cobertura de sustratos (arrecifes vivos y muertos, macroalgas, hierbas marinas)**

### **Puntaje: 2 (Cobertura moderada generalmente corales vivos lejos de la costa)**

En esta franja se ubican los arrecifes mejor desarrollados del Pacífico panameño, en el Parque Nacional Marino Golfo de Chiriquí y el Parque Nacional Coiba. En la costa de Veraguas (Pixvae), se ha observado poca densidad de corales y mucha de algas en las zonas poco profundas, lo que sugiere un fondo marino mixto de coral y algas. Esta situación es buena para que los organismos bentónicos se establezcan (Montes et al., 2020). El Golfo de Montijo (Sitio Ramsar) sostiene extensos manglares y ambientes someros; además, la bibliografía confirma la presencia de pastos marinos (*Halodule wrightii*) en el Pacífico panameño (Samper-Villarreal et al., 2024). Todo ello sugiere una amplia oferta de sustratos potenciales para bénticos de ciguatera. Coiba y las islas vecinas albergan arrecifes vivos y sectores degradados con coral muerto colonizado por algas filamentosas, un sustrato ideal para *Gambierdiscus*. Sin embargo, los arrecifes en el Golfo de Chiriquí al encontrarse lejos de la costa son menos afectados por las influencias antrópicas.

## **3) Presencia y abundancia de peces vectores**

### **Puntaje: 3 (Del 10-50% de los vectores reportados para el área)**

La fauna de peces de los arrecifes locales incluye pargos (*Lutjanus spp.*), meros (*Epinephelus/Mycteroperca*), carángidos (*Caranx spp.*) y barracudas (*Sphyraena spp.*), que son conocidos por ser portadores de ciguatoxinas. Estudios en comunidades de peces de arrecifes y poblaciones coralinas del Pacífico panameño muestran ensamblajes ricos y funcionalmente diversos; trabajos de campo en Bahía Honda/Golfo de Chiriquí detectan riqueza y abundancia de peces arrecifales, y evaluaciones locales registran la importancia pesquera del pargo en múltiples sitios. El catálogo de STRI “Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific” (2023) confirma la ocurrencia regional de barracuda gigante (*S. barracuda*) (STRI, s. f), una de las principales especies vectores de ciguatoxina en Caribe. Todo ello respalda la disponibilidad de vectores, aunque no implica, por sí mismo, alta cigua-toxicidad local.

#### **4) Reportes epidemiológicos en poblaciones costeras (Posible ciguatera)**

**Puntaje: 1 (Reportes aislados menores)**

No se encontraron informes epidemiológicos o brotes publicados atribuidos a ciguatera en comunidades costeras del Pacífico panameño de Burica–Azüero. La literatura mundial señala que hay un subregistro y un diagnóstico insuficiente de ciguatera. Las guías clínicas sugieren que se deben considerar ciguatoxinas cuando hay síntomas que coincidentes después de comer peces de arrecife. Sin embargo, no hay evidencia local publicada que respalde esto. Es necesario enfatizar que, en caso de intoxicaciones alimentarias, siempre existe la posibilidad de un subregistro de ciguatera. Sin embargo, al no encontrarse en la vecindad de un área endémica para ciguatera, las posibilidades son casi nulas.

#### **5) Actividades productivas costeras con capacidad de contaminar**

**Puntaje: 4 (Más del 50% de actividad productiva)**

La zona integra pesquerías artesanales y deportivas, turismo (Santa Catalina–Coiba), acuicultura (camaronicultura en la península de Azuero) y agricultura (arroz en Mariato y Sur de Sona, Veraguas). El Golfo de Montijo (Sitio Ramsar) y su plan de manejo reconocen usos múltiples y presiones antrópicas que demandan gestión. Este conjunto de actividades aumenta los nutrientes y los sólidos en el agua, así como las perturbaciones en la costa. Estos factores pueden favorecer el crecimiento de macroalgas epífitas que sirvan de sustrato para *Gambierdiscus- Fukuyoa*.

**6) Regulaciones y normativa de protección costera**

**Puntaje: 2 (Hay buena regulación, pero grandes implementación y fiscalización)**

El tramo está cubierto por un andamiaje normativo relevante: Parque Nacional Coiba y su Zona Especial de Protección Marina (UNESCO), Parque Nacional Marino Golfo de Chiriquí y Sitio Ramsar Golfo de Montijo con plan de manejo aprobado (2019). Existen manuales y zonificaciones para control y vigilancia (Mar-Viva). Aun así, fuentes oficiales y evaluaciones internacionales señalan retos de cumplimiento y necesidad de fortalecer la vigilancia para una implementación más eficaz y un control efectivo.

**7) Patrones de circulación que favorezcan la migración de bentónicos desde países vecinos endémicos.**

**Puntaje: 4 (Patrones de circulación concentran y retienen floraciones)**

Las corrientes frente a Costa Rica (en particular la Corriente Costera de Costa Rica y la dinámica asociada a la Cúpula Térmica de Costa Rica) modulan el aporte, las propiedades y el momento con que masas de agua alcanzan el Golfo de Chiriquí; cuando la cúpula costarricense se intensifica o desplaza y se acopla con remolinos y filamentos, puede inyectar pulsos más fríos y ricos en nutrientes hacia el sureste, aumentando la conectividad física y a

escala regional, los jets de viento (Papagayo y Panamá) generan corrientes superficiales y remolinos de meso-escala que canalizan ese transporte a lo largo de la costa; esta modulación explica episodios de entrada de agua en la boca del golfo de Chiriquí provenientes de Costa Rica. De hecho, para finales de la estación lluviosa, la corriente costera de Costa Rica se divide en dos ramales uno de los cuales lleva agua cálida al golfo de Chiriquí, aunque estos eventos tienen carácter puntual en espacio y tiempo (Chelton et al., 2000; Liang et al., 2009). Además, la Ensenada de Panamá tiene un cambio estacional en su circulación (ciclónica de enero a abril bajo el jet de Panamá y más débil/antagónica el resto del año). Esto afecta el intercambio entre la zona de Costa Rica y el área de Coiba–Chiriquí (Torres et al., 2023).

Considerando que el porcentaje de ponderación por criterio es: criterio 1 = 0.25; criterio 2 = 0.10; criterio 3 = 0.15; criterio 4 = 0.20; criterio 5 = 0.10; criterio 6 = 0.05 y criterio 7 = 0.15. Se calculó el índice IRFAN según la siguiente ecuación:  $(\text{Criterio 1} \times 0.25) + (\text{criterio 2} \times 0.10) + (\text{criterio 3} \times 0.15) + (\text{criterio 4} \times 0.20) + (\text{criterio 5} \times 0.10) + (\text{criterio 6} \times 0.05) + (\text{criterio 7} \times 0.15)$ .

Cálculo del índice IRFAN usando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas):  $1 \times 0.25 = 0.25$
- Criterio 2 (substratos):  $2 \times 0.10 = 0.20$
- Criterio 3 (especies vectores):  $3 \times 0.15 = 0.45$
- Criterio 4 (reportes epidemiológicos):  $1 \times 0.20 = 0.20$
- Criterio 5 (actividades productivas costeras):  $4 \times 0.10 = 0.40$
- Criterio 6 (regulación/normativa):  $2 \times 0.05 = 0.10$
- Criterio 7 (circulación oceánica):  $4 \times 0.15 = 0.60$

**Suma total:**

- $0.25 + 0.20 + 0.45 + 0.20 + 0.40 + 0.10 + 0.45 = \underline{\underline{2.2}}$

**Interpretación:**

- **1.6 – 3.0 → Riesgo medio:** Existen factores ecológicos y antrópicos que favorecen el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.

**CÓDIGO 4**

Sección comprendida entre Punta Morro de Puerco (Península de Azuero) y Punta Del Pacífico en la frontera con Colombia.

**Tabla 6. Resumen de puntajes. Código 4.**

<b>Criterio</b>	<b>Puntaje</b>
1. Dinoflagelados béticos asociados a ciguatera	0
2. Cobertura de sustratos (hierbas marinas, macroalgas, coral muerto)	1
3. Especies vectores (peces de arrecife/invertebrados)	2
4. Reportes epidemiológicos de ciguatera	1
5. Actividades productivas con potencial contaminante	5
6. Regulación/normativa ambiental costera	2

Criterio	Puntaje
7. Circulación oceánica favorable a migración/retención	1

**1) Reportes de dinoflagelados bentónicos asociados a ciguatera (*Gambierdiscus/Fukuyoa*) Puntaje: 0 (No existen reportes).**

En el Pacífico Tropical Oriental existe evidencia publicada de la presencia de *Gambierdiscus* y otros dinoflagelados bentónicos. Vargas-Montero et al., 2012, han reportado altas densidades de dinoflagelados bentónicos relacionados con la ciguatera incluyendo *Gambierdiscus spp.*, *Coolia tropicalis*, *Coolia cf. areolata*, *Prorocentrum concavum*, *Prorocentrum compressum*, *Amphidinium carterae* y *Ostreopsis siamensis* en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, siendo los primeros registros para esta área del Pacífico Oriental Tropical todo lo cual apoya la idea de una potencial presencia en Panamá; sin embargo, no existe evidencia de la presencia de bentónicos asociados a la ciguatera o del complejo *Gambierdiscus- Fukuyoa* en el Golfo de Panamá.

**2) Cobertura/abundancia de sustratos (pastos marinos, macroalgas, arrecifes; en especial muertos). Puntaje: 1 (disponibilidad moderada y hetero)**

El Golfo de Panamá se presenta como un mosaico donde los corales y pastos marinos típicos del Pacífico Oriental Tropical aparecen como parches efímeros en bahías someras muy resguardadas (sobre todo estuarios y ensenadas de mangla) y con una distribución regional que poco cartografiada e insuficiente; además, su alta sensibilidad a la turbidez y a los cambios en la calidad del agua los hace vulnerables toda vez que en la Bahía de Panamá confluyen caudalosos ríos urbanos con evidencias de degradación de la calidad hídrica en sus

tramos medios y cercanos a la costa (Villarreal, 2024). Los arrecifes coralinos del golfo se concentran principalmente en Taboga, Isla Iguana y el Archipiélago de Las Perlas. En sectores próximos a descargas continentales (Bahía de Panamá–Taboga) predominan sustratos consolidados con macroalgas y bio-costras, funcionalmente equivalentes a “arrecifes muertos”. También hay que recordar que durante la ocurrencia del afloramiento costero del golfo de Panamá las temperaturas del agua caen a alrededor de los 20° C lo que hace el ambiente poco propicio para el desarrollo de corales.

**3) Presencia/abundancia de vectores (peces e invertebrados arrecifales) Puntaje: 2 (Del 1% al 10% de los vectores repostados para el área).**

No hay reportes publicados de vectores con CTX en el golfo. El informe IOC/IOCARIBE indica que, aunque en Panamá hay floraciones y mortalidades ocasionales, existe “muy poca evidencia documental” que las relacione con organismos nocivos y no reporta especies con ciguatoxinas para el Pacífico panameño. El país reconoce las zonas de riesgo y la necesidad de vigilar para ciguatera, pero sin confirmaciones documentales para el golfo. En el propio golfo de Panamá se han documentado FANs (no ciguatera), p. ej., “mareas rojas” de *Noctiluca scintillans* en el Golfo de Parita, lo que muestra una dinámica fitoplanctónica pero no hay evidencia CTX en biota. El entorno ecológico presenta algunas áreas propicias (arrecifes y pesca arrecifal) con presencia de arrecifes en la Isla de las Perlas e Isla Iguana dentro del Golfo de Panamá lo cual les confiere un carácter potencial, pero sin constituir una confirmación. De allí el puntaje asignado de 2.

**4) Reportes epidemiológicos de ciguatera en poblaciones costeras Puntaje: 1 (Reportes Aislados menores).**

No hay reportes publicados para el Pacífico panameño. En el ámbito de la salud, la ciguatera

a menudo se diagnostica al descartar otras enfermedades, ya que hay pocas pruebas clínicas y a veces se confirma en muestras de pescado. Esto indica que podrían no estar registrando todos los casos y que es necesario mejorar la vigilancia.

**5) Actividades productivas costeras (agricultura, pesca, acuicultura, turismo, puertos) con potencial de contaminar. Puntaje: 5 (Actividad productiva intensiva y a gran escala que ocupa casi toda la zona costera)**

La agricultura y el uso de los suelos en la cuenca de la Bahía de Parita y alrededores contribuyen a la eutrofización y fragmentación de humedales favoreciendo proliferación de macroalgas; la camaronicultura, presente en Parita y Aguadulce aporta efluentes ricos en nutrientes que favorecen el desarrollo de microalgas; la sobrepesca de herbívoros arrecifales reduce el pastoreo y acelera el dominio de macroalgas; el turismo/urbanismo costero y las descargas de aguas residuales en la Bahía de Panamá (hoy en mitigación por el Programa de Saneamiento de la Bahía) han sido una presión crónica de nutrientes; y la operación portuaria/canalera incrementa disturbios locales y la introducción de especies que reconfiguran las comunidades bentónicas. Todos estos factores llevan al sistema hacia la proliferación de macroalgas, sustrato donde *Gambierdiscus* se establece fácilmente, lo que aumenta el riesgo de ciguatera. Sin embargo, la disponibilidad de sustratos coralinos en el golfo de Panamá es limitada lo que disminuye la probabilidad de encontrar bentónicos de ciguatera en el área.

**6) Regulación/normativa para proteger la costa frente a contaminación antrópica (efectividad). Puntaje: 2 (marco presente; implementación moderada).**

En Panamá existe un marco regulatorio amplio que, aunque no está diseñado específicamente para ciguatera, sí protege al Golfo de Panamá frente a presiones antrópicas que pueden

potenciarla (eutrofización, pérdida de herbívoros, disturbios costeros). La Ley General de Ambiente establece los principios, la gestión ambiental y el control de impactos; su Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental obliga a evaluar y mitigar efectos de proyectos costeros. En la zona existen figuras de protección claves: el Refugio de Vida Silvestre–Sitio Ramsar Humedal Bahía de Panamá y la Zona Especial de Manejo Marino-Costera del Archipiélago de Las Perlas que restringen usos, ordenan el manejo y proveen base legal para planes de monitoreo y control. En calidad de agua y descargas, rigen normas técnicas para vertidos y lodos (DGNTI-COPANIT) y primarias de calidad de agua; además, el Programa de Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá (MINSA) amplía recolección y tratamiento de aguas residuales que antes iban a la bahía, reduciendo nutrientes que favorecen macroalgas. Sin embargo, existen problemas de implementación de toda esta normativa y protección efectiva de las aguas del golfo.

**7) Patrones de circulación que favorezcan migración/retención de dinoflagelados bentónicos. Puntaje: 1 (Los patrones de circulación dispersan las floraciones).**

En el Golfo de Panamá los patrones de circulación son dispersivos y no favorecen, en general, la “entrada y acumulación” amplia de dinoflagelados bentónicos causantes de ciguatera (p. ej., *Gambierdiscus*). Durante la estación seca (ene–abr) domina un giro ciclónico asociado al jet de Panamá y al afloramiento costero, con corrientes más veloces y temperaturas más gélidas; ese régimen tiende a dispersar y a volver menos favorables las condiciones para *Gambierdiscus*. Durante el periodo lluvioso (jun–dic), el jet desaparece, las corrientes son más débiles y aumentan las lluvias; esto puede permitir que se acumule agua en lugares tranquilos como bahías, lagunas arrecifales y manglares, que es justamente donde *Gambierdiscus* crece. Es decir, la acumulación es principalmente a microescala y focalizada,

ligada a una hidrodinámica débil y sustratos con macroalgas, más que a una a escala de golfo, potenciada por la circulación estacional.

Considerando que el porcentaje de ponderación por criterio es: criterio 1= 0.25; criterio 2 = 0.10; criterio 3 = 0.15; criterio 4 = 0.20; criterio 5= 0.10; criterio 6 = 0.05 y criterio 7 = 0.15. Se calculó el índice IRFAN según la siguiente ecuación:  $(\text{Criterio 1} \times 0.25) + (\text{criterio 2} \times 0.10) + (\text{criterio 3} \times 0.15) + (\text{criterio 4} \times 0.20) + (\text{criterio 5} \times 0.10) + (\text{criterio 6} \times 0.05) + (\text{criterio 7} \times 0.15)$ .

Cálculo del índice IRFAN usando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas):  $0 \times 0.25 = 0$
- Criterio 2 (sustratos):  $1 \times 0.10 = 0.10$
- Criterio 3 (especies vectores):  $2 \times 0.15 = 0.30$
- Criterio 4 (reportes epidemiológicos):  $1 \times 0.20 = 0.20$
- Criterio 5 (actividades productivas costeras):  $5 \times 0.10 = 0.50$
- Criterio 6 (regulación/normativa):  $2 \times 0.05 = 0.10$
- Criterio 7 (circulación oceánica):  $1 \times 0.15 = 0.15$

**Suma total:**

$$\text{IRFAN} = 0 + 0.10 + 0.30 + 0.20 + 0.50 + 0.10 + 0.15 = \underline{\underline{1.35}}$$

**Interpretación:**

- **0.0 – 1.5** → **Riesgo bajo:** Condiciones poco favorables para la proliferación de ciguatera o con baja incidencia reportada.

## DISCUSIÓN

### 1. Panorama general de riesgo por tramo y contraste Caribe–Pacífico

Los resultados IRFAN muestran un gradiente espacial de riesgo coherente con los determinantes ecológicos y antrópicos que sustentan la ciguatera. En el Caribe de Panamá, los tramos Cabo Tiburón–Canal (Código 2) y Canal–Sixaola (Código 1) se ubican en riesgo Medio (2.65). En el Pacífico, el tramo Burica–Azuelo (Código 3) presenta un Riesgo medio (2.2) mientras que para el Golfo de Panamá (Código 4) el Riesgo es Bajo (1.35). Se puede observar que el riesgo de ciguatera es mayor en el Caribe que en el Pacífico siendo el Golfo de Panamá el de menor riesgo por los patrones de circulación dispersivos y el afloramiento estacional. Estos patrones son consistentes con la biogeografía y la ecología de los sustratos de los dinoflagelados bénticos (*Gambierdiscus/Fukuyoa*) y con la historia epidemiológica del Gran Caribe, donde la ciguatera es endémica y los gradientes de idoneidad ambiental para *Gambierdiscus* sustentan valores elevados para plataformas someras del Caribe occidental (Kibler et al., 2017). El contraste Caribe–Pacífico panameño que emerge del cálculo del IRFAN, con mayor riesgo en el Caribe y riesgo medio a menor en el Pacífico, coincide con la literatura: a escala global y regional la ciguatera se concentra en archipiélagos y plataformas coralinas tropicales con alta cobertura de macroalgas/pastos y abundancia de vectores arrecifales, condiciones típicas del Gran Caribe; en el Pacífico Tropical Oriental (PTO) la evidencia directa es más escasa y geográficamente más discontinua, con reportes confirmados en áreas puntuales como Isla del Coco (Costa Rica) y registros en Ecuador, que infieren potencial para Panamá pero con subregistro en el litoral pacífico (Vargas-Montero et al., 2012; Friedman et al., 2017; Perkins et al., 2024).

## **2) Análisis de los criterios IRFAN y su coherencia con la evidencia externa.**

### **a) Dinoflagelados bentónicos asociados a Ciguatera (Criterio 1).**

Los puntajes para *Gambierdiscus/Fukuyoa* en el Caribe fueron de 2 (Riesgo Medio) y en el Pacífico fueron más bajos aun, entre 1 u 0 (Reportes de bentónicos no asociados a Ciguatera o ausencia de reportes. Esta valoración es consistente con: (i) modelaciones que sitúan condiciones ambientales favorables a *Gambierdiscus/Fukuyoa* en el Caribe occidental (Kibler et al., 2017). (ii) Monitoreos locales en Punta Galeta y Cacique (Caribe central de Panamá) con altas densidades de *Ostreopsis* y *Prorocentrum*, indicadores de hábitats propicios para microalgas bénticas nocivas (González et al., 2019). (iii) Reportes de *Gambierdiscus* en Isla del Coco (PTO) lo cual confirma la posibilidad ecológica para el Pacífico (Vargas-Montero et al., 2012). Sin embargo, la ausencia de informes locales de la presencia de *Gambierdiscus* en varios tramos panameños sugiere vacíos de muestreo más que ausencia de riesgo; esto justifica los puntajes asignados a este criterio en el índice IRFAN.

### **b) Sustratos disponibles (Criterio 2).**

Las calificaciones altas para Guna Yala–Colón (4) y Bocas–Colón (4) reflejan la existencia de plataformas arrecifales extensas y praderas y arrecifes degradados cubiertos por macroalgas. En el Pacífico, Coiba–Chiriquí y algunos ambientes someros del Golfo de Montijo aportan sustratos mixtos dispersos con suficientes macroalgas y corales muertos para sostener microalgas bénticas (puntaje 2). La mayoría de los arrecifes están asociados al Parque Nacional Coiba y son arrecifes saludables y alejados de la influencia antrópica de la costa. La literatura enfatiza que macroalgas y superficies duras con baja energía hidrodinámica favorecen las floraciones de *Ostreopsis* y el establecimiento de

*Gambierdiscus*, particularmente en zonas costeras sujetas a contaminación. (Monserrat et al., 2022). La heterogeneidad y dispersión de sustratos en el Golfo de Panamá (puntaje 1) concuerdan con su dinámica de afloramiento estacional y patrones de circulación que tienden a dispersar floraciones a mesoescala, limitando acumulaciones amplias y promoviendo zonas cálidas a microescala en bahías resguardadas.

**c) Vectores (Criterio 3).**

Las áreas del Caribe tienen una mayor disponibilidad de vectores (puntaje de 3), mientras que las del Pacífico tienen una disponibilidad de 3 en el Golfo de Chiriquí y 2 en el Golfo de Panamá. Esto se relaciona con la diversidad de peces como pargos, meros, carángidos y barracudas, que son responsables de la presencia de ciguatoxinas en los arrecifes tropicales (Robertson & Van Tassell, 2023; Friedman et al., 2017). El Caribe panameño alberga un conjunto representativo del Gran Caribe, en tanto que la ensambladura del Pacífico es diversa, pero con menor historia de ciguatoxicidad confirmada. Estos resultados indican que, incluso con la cantidad adecuada de biomasa de vectores, el riesgo real depende de la existencia de especies tóxicas y de la red alimentaria local.

**d) Reportes epidemiológicos (Criterio 4).**

La evaluación asigna 1 (reportes esporádicos/aislados) tanto para el Caribe como para el Pacífico, subrayando el subregistro e infra diagnóstico, un concepto ampliamente reconocido para ciguatera (Friedman et al., 2017). Esta disociación frecuente entre condiciones ecológicas favorables y pocos casos notificados ha sido descrita en regiones con sistemas de vigilancia fragmentarios o donde la confirmación analítica es limitada. No invalida el riesgo estimado por IRFAN, más bien enfatiza la necesidad de vigilancia toxicológica/epidemiológica focalizada en puntos calientes ambientales.

**e) Presiones antrópicas, normativa y circulación (Criterios 5–7).**

En áreas con muchas cargas de nutrientes y sedimentos producto del turismo intenso, la actividad de puertos, la actividad productiva o la influencia antrópica de la ciudad el valor del criterio 5 (actividades productivas con potencial contaminante) se eleva mientras que los patrones dispersivos como los que hay en el golfo de Panamá reducen el valor. La existencia de un buen catálogo de normas no garantiza su efectividad cuando hay problemas de implementación y fiscalización.

La circulación del Caribe (corriente E-W, remolinos meso-escala, bahías semicerradas) favorece retención/transporte de propágulos y material particulado (puntajes de 4). Esto contrasta con el Golfo de Panamá, donde el afloramiento estacional y el jet de Panamá tienden a dispersar a macro escala, limitando la acumulación salvo en microhábitats resguardados (puntaje 1). Este conjunto de fuerzas físicas está de acuerdo con estudios que explican la variabilidad en el espacio y el tiempo de las HAB bénticas debido a la circulación regional y el cambio climático (Ralston et al., 2019).

**3) Comparación con otras evaluaciones de la región tropical Gran Caribe.**

En Antillas Francesas, Puerto Rico, Cuba y Bahamas la ciguatera es un problema de salud pública persistente, con incidencias anuales estimadas de 10–50 mil casos globales, una fracción sustancial en el Atlántico tropical (Friedman et al., 2017; Perkins et al., 2024). Modelos de ocurrencia y datos históricos muestran que las grandes plataformas de coral, una alta cobertura de algas y problemas locales como la eutrofización y la sobrepesca de herbívoros se relacionan con un alto riesgo (Kibler et al., 2017).

En ese marco, la clasificación IRFAN, Alta en el Caribe central panameño (3.1) es congruente con escenarios caribeños de mayor incidencia, mientras que el Caribe occidental panameño (2.8) encaja en un riesgo medio-alto típico de zonas con condiciones propicias, pero evidencia epidemiológica dispersa.

### **Pacífico**

### **Tropical**

### **Oriental.**

A diferencia del Pacífico central y del Indo-Pacífico (donde la ciguatera es ampliamente endémica), el PTO muestra parches de evidencia: Isla del Coco y algunos registros más al sur (Ecuador). Esto hace que los puntajes promedio de IRFAN para Burica–Azüero (2.3) y el Golfo de Panamá (1.9) sean bajos, con puntuaciones locales influenciadas por los sustratos y la hidrodinámica. La repetida aparición de *Ostreopsis* en Galeta (Caribe) y la variedad de sustratos en Coiba–Chiriquí muestran paisajes de riesgo que, con el calentamiento global podrían aumentar (Vargas-Montero et al., 2012; Monserrat et al., 2022; Ralston et al., 2019). Es importante señalar que estos valores son dinámicos y pueden cambiar ante la aparición de evidencias nuevas.

## CONCLUSIONES

1. La evaluación IRFAN revela un núcleo de riesgo Medio en el Caribe panameño (2.65) mientras que para el Pacífico los valores son más bajos (2.2 para el Golfo de Chiriquí y 1.35 para el Golfo de Panamá). Este patrón es plenamente coherente con la endemidad caribeña y las características del Pacífico Oriental Tropical (PTO).
2. Los determinantes que arrastran el riesgo hacia arriba en el Caribe son la cobertura de sustratos bentónicos, la disponibilidad de vectores y patrones de circulación retentivos, reforzados por presiones antrópicas; el Pacífico mantiene condiciones suficientes para un riesgo medio en el Golfo de Chiriquí y Bajo en el Golfo de Panamá donde el afloramiento costero y los patrones de circulación dispersivos reducen los riesgos de ciguatera.
3. En comparación con otras regiones tropicales de alta incidencia, el Caribe panameño se alinea con escenarios endémicos; el Pacífico panameño comparte rasgos con litorales del PTO donde la presencia de *Gambierdiscus* ha sido confirmada puntualmente y la exposición humana depende de micro condiciones de hábitat y prácticas pesqueras.
4. Las prioridades incluyen el monitoreo específico de BHAB, la detección de CTX en peces centinela, mejoras en la vigilancia clínica, y la gestión de presiones como nutrientes, sobrepesca de herbívoros y disturbios costeros. También se busca comunicar los riesgos de manera precisa a las comunidades y al sector de turismo/pesca.

## REFERENCIAS

- AIDA & CIAM. (2015, 2 de febrero). *Victoria: La Bahía de Panamá está legalmente protegida*. <https://aida-americas.org/es/victoria-la-bahia-de-panama-esta-legalmente-prottegida>
- ARAP – Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. (2008, 29 de enero). *Resuelto ARAP No. 01 de 2008: Humedales y manglares, zonas especiales de manejo* (Gaceta Oficial). <https://www.iacseaturtle.org/docs/marco/panama/Panama%20-%20Resuelto%20ARAP%20No.%2001%20of%20January%2029th%2C%202008.pdf>
- Asamblea Nacional de Panamá. (2007, 31 de mayo). *Ley 18 de 2007: Declara Zona Especial de Manejo Marino-Costera al Archipiélago de Las Perlas* (Gaceta Oficial). <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/18-de-2007-jun-4-2007.pdf>
- Benfield, S. L., Baxter, L., Guzmán, H. M., & Mair, J. M. (2008). A comparison of coral reef and coral community fish assemblages in Pacific Panama and environmental factors governing their structure. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(7), 1331–1341. <https://repository.si.edu/items/e5caa853-7b45-4460-97f0-030a7bd330fe>
- Carrillo, HL. 2007. Informe Guatemala. IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal Blooms in IOCA RIBE-ANCA-IV. Colombia. 82 p.
- Celis, J. S., & Mancera-Pineda, J. E. (2015). Análisis histórico de la incidencia de ciguatera en las islas del Caribe durante 31 años: 1980–2010. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 44(1), 9–30.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). (2024a, 6 de mayo). *Clinical testing and diagnosis for illnesses caused by saltwater harmful algal blooms*. <https://www.cdc.gov/harmful-algal-blooms/hcp/diagnosis-testing/clinical-testing-saltwater-harmful-algal-blooms.html>

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). (2024b, 6 de mayo). *Harmful algal bloom (HAB)-associated illness: Clinical overview*. <https://www.cdc.gov/harmful-algal-blooms/hcp/diagnosis-testing/index.html>

Ramírez Chaves, M. & Ramírez Torres, T. 2024. El método DELPHI como herramienta de investigación. Una revisión. *Revista Latino Americana de Ciencias Sociales y Humanidades*. Vol. V (1), pp. 3368.

Chelton, D. B., Schlax, M. G., & Freilich, M. H. (2000). Satellite observations of the wind jets off the Pacific coast of Central America. *Monthly Weather Review*, 128(7), 1993–2018.

Codex Alimentarius (FAO/OMS). (2024a, 9 de enero). *Code of practice for the prevention or reduction of ciguatera poisoning (CX/CF 24/17/9)*. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/it/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-17%252FWorking%2Bdocuments%252Fcf17\\_09e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/it/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-17%252FWorking%2Bdocuments%252Fcf17_09e.pdf)

Codex Alimentarius (FAO/OMS). (2024b, 1 de marzo). *Code of practice for the prevention or reduction of ciguatera poisoning—Addendum (CX/CF 24/17/9-Add.1)*. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcode>

[x%252FMeetings%252FCX-735-](#)

[17%252FWorking%2Bdocuments%252Fcf17\\_9\\_Add.1x.pdf](#)

Codex Alimentarius. (2024c). *Code of Practice for the Prevention or Reduction of Ciguatera Poisoning (CXC 83-2024)*. FAO/WHO.

Collin, R., et al. (2024). Using forty years of research to view Bahía Almirante on the Caribbean coast of Panama as a social-ecological system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 300, 108891.

Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas (DGNTI-COPANIT). (2000). *Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000: Descarga a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas*. Ministerio de Comercio e Industrias, Panamá.

Decreto Ejecutivo No. 75 de 4 de junio de 2008. *Por el cual se aprueba la norma de calidad ambiental para las aguas continentales de uso recreativo*. Gaceta Oficial Digital de Panamá.

D’Croz, L., & O’Dea, A. (2007). Variability in upwelling along the Pacific shelf of Panamá and implications for the distribution of nutrients and chlorophyll. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(1–2), 325–340. [stri-sites.si.edu](http://stri-sites.si.edu).

Freer, E. (2003). Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*, 45(4), 185-193.

<https://www.binasss.sa.cr/revistas/amc/v45n4/art06.pdf>

Fiedler, P. C. (2002). The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep-Sea Research Part I*, 49(2), 321–338.

Friedman, M. A., Fleming, L. E., Fernandez, M., Bienfang, P., Schrank, K., Dickey, R., Bottein Dechraoui, M.-Y., Backer, L., Ayyar, R., Weisman, R., Watkins, S., Granade, R., & Reich, A. (2017). An updated review of ciguatera fish poisoning: Clinical, epidemiological, environmental, and public health management. *Marine Drugs*, *15*(3), 72.

Gaubert-Boussarie, J., Altieri, A. H., Duffy, J. E., & Campbell, J. E. (2021). Seagrass structural and elemental indicators reveal high nutrient availability within a tropical lagoon in Panama. *PeerJ*, *9*, e11308.

González, A., Broce, E., Morales-Ramírez, A., & Quirós, M. (2019). Identification and monitoring of microalgal genera potentially capable of forming harmful algal blooms in Punta Galeta, Panama. *Air, Soil and Water Research*, *12*, 1–13.

Guzmán, H. M., Benfield, S., Breedy, O., & Mair, J. M. (2008). Broadening reef protection across the Marine Conservation Corridor of the Eastern Tropical Pacific: Distribution and diversity of reefs in Las Perlas Archipelago, Panama. *Environmental Conservation*, *35*(1), 46–54. <https://repository.si.edu/items/8a4613ee-388d-4ac7-88be-0e75576e79d2>

Hallegraeff, G. M. (1995). Harmful algal blooms: A global overview. En G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, & A. D. Cembella (Eds.), *Manual on Harmful Marine Microalgae* (IOC Manuals and Guides 33). UNESCO.

Herrera-Mansilla, M. 2021. Controversias socioambientales al sur de Chile: el caso de la crisis de la marea roja en la Isla Grande de Chiloé. ISSN e-2448-4849 región y sociedad / año 32 / 2020 / e1343 <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1343>.

IOC-UNESCO. (s. f.). *Ciguatera – Harmful Algal Bloom Programme*. <https://hab.ioc-unesco.org/ciguatera/>

IOCARIBE/IOC-UNESCO. (s. f.). 2007. *HAB-ANCA (Algas Nocivas del Caribe)*. <https://iocaribe.ioc-unesco.org/en/HAB-ANCA>

Kessler, W. S. (2006). The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2–4), 181–217.

Kibler, S. R., Tester, P. A., Kunkel, K. E., Moore, S. K., & Litaker, R. W. (2017). *Gambierdiscus* and *Fukuyoa* species in the Greater Caribbean: Regional growth projections for ciguatera. *Harmful Algae*, 67, 45–57.

Ley 1 de 2 de febrero de 2015. *Que declara área protegida al Refugio de Vida Silvestre Sitio Ramsar Humedal Bahía de Panamá*. Asamblea Nacional, Panamá.

Ley 41 de 1 de julio de 1998. *Ley General de Ambiente de la República de Panamá (y reformas)*. Asamblea Nacional, Panamá.

Liang, J.-H., McWilliams, J. C., & Gruber, N. (2009). High-frequency response of the ocean to mountain gap winds in the northeastern tropical Pacific. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(C12).

Mancera-Pineda, J.E., L. Guerra, S.C. Ruiz, M.A. Malo, S.P. Pérez, A. León, E. Herrera-Guisao & A.M. Cadavid. 2010b. Evaluación Preliminar del Impacto de las descargas del Emisario Submarino de San Andrés en Agua y Bentos. Informe Final. Universidad Nacional de Colombia, sede caribe. San Andrés isla. 172 pp. [ [Links](#) ]

Mancera-Pineda, J. E. (2024). Ciguatera in the Seaflower Biosphere Reserve. En *Marine Coastal Systems of the Seaflower Biosphere Reserve* (pp. xx–xx). Springer.

Max Planck Institute for Chemistry. (2025, 2 de septiembre). *Changed wind patterns caused upwelling failure in the Gulf of Panama* (Press release). <https://www.mpic.de/5770179/schwaechere-passatwinde-verhindern-tiefenwasserauftrieb-im-golf-von-panama>

MiAMBIENTE – Ministerio de Ambiente de Panamá. (2022, 25 de octubre). *Panamá lanza Plan de Acción de Basura Marina 2022–2027*. <https://miambiente.gob.pa/panama-lanza-plan-de-accion-de-basura-marina-2022-2027/>

Monserrat, M., Dagnino, D., Chiantore, M., & Totti, C. (2022). The role of habitat in the facilitation of *Ostreopsis* spp. blooms. *Harmful Algae*, 114, 102206.

Montes, L. A., et al. (2020). *Cobertura coralina en la costa de Pixvae, Golfo de Chiriquí*. *Revista Colón Ciencias*, 5(2), 25–35. <https://revistas.up.ac.pa/>

O’Dea, A., Sellers, A., Paton, S., et al. (2025). Unprecedented suppression of Panama’s Pacific upwelling in 2025. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2512056122>

Olivera, E. B., et al. (2023). Mesozooplankton and oceanographic conditions in the tropical eastern Pacific off Panama. *Regional Studies in Marine Science*, 68, 103119. [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)

Parsons, M. L., et al. (2023). CiguaMOD I: A conceptual model of ciguatoxin loading in marine food webs. *Harmful Algae*, 126, 102383.

Perkins, J. C., Zenger, K. R., & Liu, Y. (2024). Ciguatera poisoning: A review of the ecology and detection methods for *Gambierdiscus* and *Fukuyoa* species. *Harmful Algae*, 129, 102522.

Ramsar/RSIS. (2020, 19 de febrero). *Bahía de Panamá (Sitio Ramsar 1319)*. <https://rsis.ramsar.org/ris/1319>

Ralston, D. K., & Moore, S. K. (2019). Modeling harmful algal blooms in a changing climate. *Harmful Algae*, 91, 101728. (versión de acceso abierto 2020).

Robertson, D. R., & Allen, G. R. (2024). *Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: Online information system* (v3.0). Smithsonian Tropical Research Institute.

Robertson, D. R., & Van Tassell, J. (2023). *Shorefishes of the Greater Caribbean: Online information system* (v3.0). Smithsonian Tropical Research Institute.

Samper-Villarreal, J. (2024). Seagrasses in the Eastern Tropical Pacific: Species, distribution, ecology, blue carbon, and threats. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 52(3), 336-349

Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). 2025. *Upwelling failure*. <https://stri.si.edu/story/upwelling-failure>

Smithsonian Tropical Research Institute. *Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: Sphyræna barracuda*. <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/>

Robertson, D. R. and Tassell, J. V. 2023. Shoresfishes of the Greater Caribbean: online information system. Version 3.0. STRI, Balboa, Panamá.

Tester, P. A., Feldman, R. L., Nau, A. W., Kibler, S. R., & Litaker, R. W. (2010). Ciguatera fish poisoning and sea surface temperatures in the Caribbean Sea and the West Indies. *Toxicon*, 56(5), 698–710.

Torres, R. R., & Gómez-Giraldo, A. (2023). Seasonal and ENSO-related ocean variability in the Panama Bight. *Ocean Science*, 19(3), 685–706.

Torres, R. R., Tabe, C., & Vera, C. S. (2023). Seasonal and El Niño–Southern Oscillation-related ocean variability in the Panama Bight. *Ocean Science*, 19(3), 685–703. [os.copernicus.org](https://os.copernicus.org)

Vargas-Montero, M., Morales, Á., & Cortés, J. (2012). Primer informe del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) y otros dinoflagelados bentónicos en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical*, 60(S3), 187–199. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i3.28361>