

Estimación de un índice de riesgo para ciguatera en el Caribe de Panamá

Estimation of a ciguatera risk index for the Caribbean coasts of Panama

Luis Yepes

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
y3pes31@hotmail.com <https://orcid.org/0009-0003-4594-6852>

Carlos Seixas

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
carlos.seixas@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-3430-3793>

Cecibeth Aparicio

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá
cecibethdelcarmenaparicio@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-1007-1976>

Artículo recibido: 12 de febrero de 2026

Artículo aceptado: 13 de marzo de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v7n2.a9704>

RESUMEN

Se hizo un estudio cualitativo para estimar un índice de riesgo de ciguatera (CRI) para el Caribe de Panamá. Para la determinación de las zonas de riesgo se utilizaron dos de los cuadrantes definidos 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 de instituciones relacionadas con la protección y administración del ambiente costero. En algunos casos se examinaron muestras provenientes del Caribe de Panamá, así como también tesis sobre el tema. Los criterios y las respectivas ponderaciones fueron los propuestos por el grupo de trabajo ANCA-IOCARIBE para cada uno de los países de la región ANCA (Algas Nocivas del Caribe y Zonas Adyacentes) en la reunión del grupo en la ciudad de Panamá en agosto de 2018. 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 utilizando una variante del método Delphi (2024). Los resultados CRI muestran un gradiente espacial de riesgo coherente con los determinantes ecológicos y antrópicos que sustentan la ciguatera. En el Caribe de Panamá, el tramo comprendido entre Cabo Tiburón y el Canal de Panamá presentó el riesgo más alto de Ciguatera (CRI = 2.90) mientras que en el Caribe oeste el riesgo es menor (2.65). 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.

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



ABSTRACT

A qualitative study was conducted to estimate ciguatera risk index (CRI) for the Caribbean coasts of Panama. The risk zones were determined using the quadrants defined for Panama in the UNESCO HAEDAT database. Documentary records on the occurrence of algal blooms were examined. Some of these records came from publications in indexed journals, while others came from information stored in technical reports from institutions related to the protection and management of the coastal environment. In some cases, samples of toxic or potentially toxic organisms from different areas of the country were examined, as well as the results of theses on the subject. The criteria and respective weightings were those proposed by the ANCA-IOCARIBE working group for each of the countries in the ANCA (Harmful Algae of the Caribbean and Adjacent Areas) region at the group meeting in Panama City in August 2018. These criteria were adapted to the topic of ciguatera. Scores were assigned based on expert opinion on the subject and an analysis of the available evidence, using a variant of the Delphi method (2024). The CRI results show a spatial risk gradient consistent with the ecological and anthropogenic determinants that underlie ciguatera. In the Caribbean of Panama, the section between Cabo Tiburón and the Panama Canal presents the highest risk of Ciguatera (CRI = 2.90) while in the western Caribbean the risk is lower (2.65). This pattern is fully consistent with Caribbean endemism and the configuration of the Eastern Tropical Pacific. The determinants that increase risk in the Caribbean are benthic substrate cover, vector availability, and the existence of retentive circulation patterns, reinforced by anthropogenic pressures.

KEYWORDS: Environmental monitoring, risk management, algae, marine algae, eutrophication.

INTRODUCCIÓN

La ciguatera (CFP, por sus siglas en inglés) es la intoxicación alimentaria de origen marino más extendida en regiones tropicales y subtropicales del mundo. El síndrome se produce como resultado de consumir peces de arrecife que han acumulado ciguatoxinas de ciertos géneros de dinoflagelados bentónicos. 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 las economías locales dependientes de la pesca y el turismo. La ciguatera en el Caribe es uno de los temas más estudiados debido a su importancia para la salud pública, la economía pesquera y la ecología de los ecosistemas coralinos. La intoxicación por ciguatera (Ciguatera Fish Poisoning, CFP) es causada por la ingestión de peces de arrecife que han bioacumulado ciguatoxinas (CTXs) producidas por dinoflagelados bentónicos de los géneros *Gambierdiscus* y *Fukuyoa* (Litaker et al., 2017). Estas toxinas son solubles en lípidos y se concentran a lo largo de la cadena trófica, siendo los peces depredadores de mayor tamaño, los vectores más frecuentes de la intoxicación humana. A nivel global se producen entre 10 000 y 50 000 casos anuales, aunque esta cifra está severamente subestimada por la infra notificación y el infra diagnóstico de la enfermedad, especialmente en regiones endémicas como el Caribe y el Pacífico tropical (Gillett et al., 2021). Históricamente, la ciguatera en el Caribe y el Atlántico occidental se ha descrito como endémica desde las costas de Florida hasta las islas de Martinica, con brotes periódicos que producen un síndrome clínico polimórfico caracterizado por síntomas gastrointestinales, neurológicos y cardiovasculares (Eccles et al., 2003). Varios estudios epidemiológicos en el Caribe han aportado cifras concretas de incidencia clínica, lo que permite dimensionar el impacto sanitario de la ciguatera en áreas específicas. Un análisis retrospectivo de los casos registrados en Guadalupe (Indias Occidentales Francesas) en el periodo 2013 al 2016 estimó una incidencia anual aproximada de 1,46 casos por cada 10 000 habitantes, asociando patrones estacionales con periodos de mayor riesgo a lo largo del año (Boucaud-Maitre et al., 2018). De manera similar, en el Caribe colombiano se han documentado múltiples casos asociados al consumo local de peces arrecifales particularmente en el archipiélago de San Andrés y Providencia, lo que evidencia una sub-notificación histórica y resalta la necesidad de fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica y la recolección sistemática de datos para

evaluar tendencias temporales y espaciales de la intoxicación por ciguatera (Navarro Quiroz et al., 2020).

En este contexto, contar con un índice de riesgo como una herramienta operativa, traduce información compleja en señales claras para decisiones de manejo. Un índice de riesgo integra múltiples indicadores, tanto biológicos como ambientales y sociales que se traducen en un sistema de alerta temprana para zonas que requieren vigilancia y atención. Calcular un índice de riesgo para ciguatera permite pasar de la incertidumbre 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 reside no solo en el número final sino en un proceso que 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 (IOC-UNESCO. (s. f.).

El presente trabajo tuvo como propósito contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del país ante escenarios de intoxicación por ciguatera mediante la estimación de índices de riesgo que utilicen los datos existentes para levantar un perfil de vulnerabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. 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. Se seleccionaron las zonas del Caribe de Panamá identificadas con las categorías PTY-1 (Caribe occidental) y PTY-2 (Caribe oriental) (Figura 1). Para cada zona se examinaron los registros existentes sobre la ocurrencia de floraciones de algas. Algunos de estos registros se obtuvieron de publicaciones en revistas indexadas mientras que otros, de información almacenada en informes técnicos de 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 puntajes se asignaron sobre la base del criterio de expertos y el análisis de la evidencia disponible utilizando una variante del método Delphi (2024).

Figura 1

Coordenadas geográficas de los sitios estudiados en el Caribe de Panamá.



Nota. **Caribe Oeste (PTY-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). **Caribe Este (PTY-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).

2. Criterios y Escala de Ponderación

Tabla 1

Criterios propuestos por el Grupo IOCARIBE (HAB-ANCA), 2018, adaptados al caribe de Panamá

CRITERIO	ESCALA DE PONDERACIÓN
1. Reportes de la presencia de dinoflagelados bentónicos asociados con la Ciguatera.	1=No existen reportes 2=Hay reportes de la presencia de bentónicos no relacionados con ciguatera 3=Reportes de bentónicos asociados a la ciguatera, pero no <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> , 4= Reportes ocasionales de la presencia de <i>Gambierdiscus-Fukuyoa</i> 5=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 arrecife 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.
4. Reportes epidemiológicos de poblaciones costeras, particularmente registros de intoxicaciones alimentarias que podrían ser causadas por ciguatera.	1=Reportes aislados menores, 2=Múltiples casos documentados, 3=Brotos frecuentes, 4=Crisis sanitaria activa.
5. Actividades productivas asociadas a la zona costera (Agricultura, pesca, acuicultura, turismo y otras) con la capacidad de contaminar el medio costero	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.
6. Existencia de regulaciones y normativa para proteger la costa de la contaminación antrópica.	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.

7. Patrones de circulación oceánica que favorecen la migración de bentónicos de ciguatera desde países cercanos donde la ciguatera es endémica.	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
---	--

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 (Porcentaje de ponderación= 0.25). 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). (Porcentaje de ponderación=0.10). 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). (Porcentaje de ponderación=0.15). 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. (Porcentaje de ponderación=0.20). 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. (Porcentaje de ponderación=0.10). Contribuyen indirectamente a la eutrofización y proliferación de microalgas. Aumenta la exposición humana y puede aportar nutrientes
6. Existencia de regulaciones y normativa. (Porcentaje de ponderación=0.05). 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. (Porcentaje de ponderación=0.15). Determina la dispersión, acumulación y llegada de floraciones de algas nocivas a nuevas zonas.
Ponderación total: 100%

3. Ecuación para el cálculo del índice CRI y escala de valoración

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

Donde:

- C1 = Presencia de microalgas tóxicas (1-5)
- C2 = Cobertura de sustratos (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

1. Caribe Oeste (PTY-1)

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 la presencia de *Gambierdiscus* o de otros bentónicos relacionados con la ciguatera ni en Bocas del Toro ni en 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% o 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 las 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 ensamblaje 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, hay contaminación por nutrientes y metales pesados debido a las descargas de áreas urbanas, agrícolas y puertos. Estas condiciones aumentan la eutrofización y la proliferación de macroalgas, que son un sustrato para la proliferación de bentónicos de ciguatera. Por su intensidad y multiplicidad, se asignó puntaje alto.

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 fue baja.

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 CRI 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 CRI utilizando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas): $2 \times 0.25 = 0.50$
- Criterio 2 (sustratos): $4 \times 0.10 = 0.40$
- 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 elevan el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes.

Caribe este (PTY-2):

- 1. Reportes de dinoflagelados bentónicos (*Gambierdiscus/Fukuyoa*) asociados a ciguatera. Puntaje: 3 (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*; 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. En la costa arriba de Colón se han observado ocasionalmente altas densidades de *Ostreopsis* asociadas a proliferaciones de *Chaetomorpha* las cuales cubren el arrecife. Aunque *Ostreopsis* no es un indicador de la presencia de *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 Robertson and Tassell (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 elevada** (U.S. Government Publishing Office (GPO), 2022).

- 6. Regulación/normativa para proteger la costa de contaminación antrópica. Puntaje: 4 (Hay buena regulación, pero grandes problemas de implementación y de fiscalización).**

Panamá cuenta con leyes importantes como la **Ley 41 (General de Ambiente)** y la **Ley 304** que establece la protección integral de los sistemas de arrecifes coralinos, ecosistemas y especies asociados en panamá (**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 elevada 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 CRI usando los puntajes de ponderación asignados previamente:

- Criterio 1 (microalgas bentónicas asociadas): $3 \times 0.25 = 0.75$
- 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:

$$8. \quad 0.75 + 0.40 + 0.45 + 0.20 + 0.40 + 0.10 + 0.60 = \underline{\underline{2.90}}$$

Interpretación

- **Riesgo medio-alto:** Existen factores ecológicos y antrópicos que elevan el riesgo, aunque sin evidencia contundente de brotes frecuentes. Sin embargo, la presencia de *Ostreopsis* y otros bentónicos asociados a la Ciguatera sugieren una alta probabilidad de que estén presentes también los géneros *Gambierdiscus* y *Fukuyoa*.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran un gradiente espacial de riesgo coherente con los determinantes ecológicos y antrópicos que sustentan la ciguatera. En el Caribe de Panamá, el tramo PTY-2 (Caribe este) tuvo el riesgo más elevado de Ciguatera (2.90) mientras que en el tramo PTY-1 (Caribe oeste) el riesgo fue menor (2.65). Estos valores son consistentes con la biogeografía y con la ecología de los sustratos de dinoflagelados béticos como *Gambierdiscus* y *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 en plataformas someras del Caribe occidental (Kibler et al., 2017). Esto también es consistente con la literatura disponible que muestra que 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 (Mancera-Pineda, 2024). La presencia ocasional de elevadas concentraciones de *Ostreopsis* y de algas verdes filamentosas sobre el arrecife sugieren un ambiente propicio para el desarrollo de la Ciguatera. En las Antillas Francesas, Puerto Rico, Cuba y las islas Bahamas, la ciguatera es un problema de salud pública persistente, con incidencias anuales estimadas de 10–50 mil casos (Friedman et al., 2017;

Perkins et al., 2024). Modelos de ocurrencia y datos históricos muestran que la existencia de grandes plataformas de coral muerto, una alta cobertura de algas y problemas locales como la eutrofización y la sobrepesca de herbívoros, se relacionan con un riesgo de ciguatera elevado (Kibler et al., 2017).

CONCLUSIONES

La evaluación CRI revela un mayor riesgo de Ciguatera en el Caribe este de Panamá que en el oeste con un valor máximo de 2.90. Los determinantes que elevan el riesgo en el Caribe son la cobertura de sustratos bentónicos, la presencia de vectores y patrones de circulación retentivos, reforzados por presiones antrópicas. En comparación con otras regiones tropicales, el Caribe panameño se alinea con este tipo de escenarios y en consecuencia con una elevada probabilidad de que se presenten casos de Ciguatera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boucaud-Maitre, D., Quenel, P., & Reynes, J. (2018). Clinical and epidemiological characteristics of ciguatera fish poisoning in Guadeloupe (French West Indies), 2013–2016. *Toxicon*, *150*, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.05.013>
- Eccles, J., Fleming, L. E., & Backer, L. C. (2003). Ciguatera fish poisoning: An emerging public health concern in the Caribbean and Florida. *Journal of the American Medical Association*, *289*(7), 885–888. <https://doi.org/10.1001/jama.289.7.885>
- 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.
- Gillett, R., Lewis, A., & Cartwright, I. (2021). *Ciguatera fish poisoning in the Pacific: A review of trends and implications for fisheries and public health*. Pacific Community (SPC). <https://spccfpstore1.blob.core.windows.net/digitallibrary-docs/files/4e/4e8a64f98dbe64a60b2fdf36c09fdbdb.pdf>
- IOC-UNESCO. (s. f.). *Ciguatera – Harmful Algal Bloom Programme*. <https://hab.ioc-unesco.org/ciguatera/>
- 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 41 de 1 de julio de 1998. *Ley General de Ambiente de la República de Panamá* (y reformas). Asamblea Nacional, Panamá.
- Ley 304 de 31 de mayo de 2022. Que establece la protección integral de los sistemas de arrecifes coralinos, ecosistemas y especies asociados en Panamá. Asamblea Nacional, Panamá.

- Litaker, R. W., Holland, W. C., Hardison, D. R., Pisapia, F., Hess, P., Tester, P. A., & Kibler, S. R. (2017). Ciguatoxic dinoflagellates (*Gambierdiscus* and *Fukuyoa*): Global distribution and ecology. *Harmful Algae*, 67, 44–65. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.06.017>
- Mancera-Pineda, J. E. (2024). Ciguatera in the Seaflower Biosphere Reserve. En *Marine Coastal Systems of the Seaflower Biosphere Reserve* (pp. xx–xx). Springer.
- Navarro Quiroz, E., Mancera-Pineda, J. E., & Gavio, B. (2020). Ciguatera fish poisoning in the Colombian Caribbean: Epidemiological and ecological considerations. *Marine Pollution Bulletin*, 155, 111141. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111141>
- 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.
- Robertson, D. R. and Tassell, J. V. 2023. Shoresfishes of the Greater Caribbean: online information system. Version 3.0. STRI, Balboa, Panamá.
- U.S. Government Publishing Office. (2022). *Oil spill and coastal environmental impacts in Panama: Congressional report*. <https://www.govinfo.gov/>