

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA FAUNA BENTÓNICA EN EL CORREDOR ARRECIFAL DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

STRUCTURE AND FUNCTION OF BENTHIC FAUNA IN THE REEF CORRIDOR OF THE SOUTHWEST GULF OF MEXICO

Norma Angélica Santibañez Aguascalientes^{1*} y Luis Alfonso Ascencio-Aguirre²

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Ecocampus Valsequillo CU2

²Departamento de Recursos del Mar, Cinvestav Unidad Mérida, Carretera antigua a Progreso, km 6 Apdo, Postal 73-Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

*Correo de autor de correspondencia: norma.santibanez@correo.buap.mx

<https://doi.org/10.32399/CIBIOS-BUAP.fcb.2954-5218.2025.4.12.29>

Resumen

El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM) es un sistema de alta relevancia ecológica. Las instancias gubernamentales como la CONABIO disponen de información histórica sobre la fauna bentónica. Sin embargo, estos datos están dispersos y carecen de un tratamiento analítico que facilite su uso en la toma de decisiones. Este estudio analizó dicho acervo (1994-2020) para identificar la sensibilidad y tolerancia de las especies bentónicas del CASGM. Se utilizó un índice de diversidad beta para identificar qué especies explican la variación entre comunidades bentónicas. Posteriormente, dichas especies se clasificaron en cinco grupos ecológicos según su nivel de sensibilidad y tolerancia al disturbio. La mayoría de los registros se concentraron en las regiones norte y centro, mientras

que el sur fue poco explorado. Especies de crustáceos, equinodermos y poliquetos mostraron la mayor variabilidad espacial, siendo claves en la diferenciación de comunidades. Predominaron especies sensitivas e indiferentes en el norte y centro, reflejando resiliencia, aunque se registraron especies tolerantes y oportunistas en zonas costeras expuestas a presiones antrópicas. En el sur, dominaron especies tolerantes y oportunistas, posiblemente influenciadas por descargas fluviales, enriquecimiento orgánico y actividad portuaria-petroquímica. Este enfoque subraya la importancia de integrar información histórica para la gestión del CASGM.

Palabras clave: especies sensitivas, tolerantes, oportunistas, crustáceos, equinodermos, poliquetos, diversidad beta, CONABIO

Abstract

The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico (RCSGM) is a system of high ecological importance. Government agencies such as CONABIO provide open dataset on benthic fauna. However, these data are dispersed and lack an analytical framework and support evidence-based decision-making in the RCSGM. Here, we analyzed long-term benthic fauna data (1994-2020) to identify species' levels of sensitivity and tolerance. A beta diversity index was used to determine which species contribute most to variation among benthic communities. Subsequently, these species were classified into five ecological groups according to their level of sensitivity and tolerance to disturbance. Most benthic fauna records were concentrated in the northern and central regions, while the southern region remained poorly explored. Crustaceans, echinoderms, and polychaetes exhibited the greatest spatial variability, playing a key role in community differentiation. Sensitive and indifferent species predominated in the north and center, reflecting ecosystem resilience, although tolerant and opportunistic species were recorded in coastal areas exposed to anthropogenic pressu-

res. In the south, tolerant and opportunistic species dominated, likely influenced by riverine discharges, organic enrichment, and port-petrochemical activities. This approach highlights the importance of integrating long-term open datasets to support the management of the RCSGM.

Keywords: sensitive, tolerant, opportunistic species, crustaceans, echinoderms, polychaetes, beta diversity, CONABIO

Introducción

El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM) constituye un sistema ecológico de alta relevancia conformado por formaciones arrecifales que se extienden aproximadamente 500 km a lo largo de la costa del estado de Veracruz, México ([Granados-Barba et al., 2019](#)). Este corredor está integrado por tres complejos arrecifales principales: Lobos-Tuxpan, Arrecifal Veracruzano y Los Tuxtlas, separados entre sí por distancias que oscilan entre 60 y 200 km. A pesar de esta separación geográfica, estos sistemas son considerados una unidad funcional debido a la alta conectividad biológica entre las especies que los habitan ([Ortiz-Lozano et al., 2013](#); [Ortiz-Lozano et al., 2021](#)).

La zona costera de Veracruz presenta elevados niveles de contaminación asociados a múltiples actividades antropogénicas, lo que genera una carga significativa de residuos y contaminantes en los ecosistemas marinos ([Castañeda-Chávez et al., 2025](#)). En particular, los sistemas arrecifales del CASGM han sido afectados por diversos agentes contaminantes, incluyendo agroquímicos, coliformes fecales, hidrocarburos y sus derivados, materia orgánica, residuos sólidos, desechos industriales y metales pesados ([Martínez-Esponda et al., 2021](#)). Estas sustancias alteran tanto la estructura taxonómica como la funcionalidad ecológica de los grupos faunísticos presentes.

Uno de los grupos más sensibles a dichas alteraciones es la infauna bentónica, definida como el conjunto de organismos de pequeño tamaño (63 Qm a 30 mm) que desarrollan su ciclo de vida total o parcialmente dentro del sedimento marino ([Giere & Schratzber-](#)

ger, 2023). La composición específica de la infauna bentónica responde de manera directa a las condiciones ambientales del sustrato, permitiendo detectar desde especies indicadoras de ambientes prístinos hasta taxones tolerantes u oportunistas característicos de hábitats degradados (Raymond, 2022). Además, su elevada capacidad de resiliencia —en comparación con organismos de mayor tamaño— posibilita procesos de sustitución ecológica que reflejan cambios ambientales a lo largo del tiempo (Schwing *et al.*, 2020).

Estas características han motivado el desarrollo de índices bentónicos (e.g. Índice Biótico Marino de Azti, AMBI y el multivariado de AMBI, M-AMBI) orientados a la evaluación del estado ecológico de los fondos marinos, consolidándolos en herramientas clave para la gestión y conservación de ecosistemas costeros (Borja *et al.*, 2015, 2019). Recientemente en México, los índices AMBI y M-AMBI fueron calibrados y validados para el sur del Golfo de México, demostrando su utilidad para identificar distintos niveles de sostenibilidad y apoyar a la toma de decisiones para el sector energético nacional (Santibañez-Aguascalientes *et al.*, 2021). No obstante, aunque dichos avances apoyan la efectividad de estas herramientas para el CASGM, su representatividad en esta región aún es limitada (Santibañez-Aguascalientes *et al.*, 2023a).

Ante esta limitación, una estrategia complementaria es la utilización de datos provenientes de fuentes secundarias oficiales, como el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Esta plataforma compila, organiza y divulga información sobre la diversidad biológica de México, generada mediante la colaboración de instituciones académicas, gubernamentales y expertos nacionales e internacionales. No obstante, en la práctica gran parte de su información se encuentra dispersa y carecen de un tratamiento analítico que facilite su aplicación por tomadores de decisiones no especializados, lo que ha restringido su potencial en procesos de gestión. Este estudio busca aprovechar este acervo para reducir el vacío de información en el CASGM, organizando y analizando los registros históricos (1994-2020) con la finalidad de identificar el nivel de sensibilidad y tolerancia de las especies bentónicas. La información generada puede constituir una base científica para la aplicación futura de índices

como herramientas de gestión y conservación de esta región.

Metodología

Área de estudio

La información analizada corresponde a los estudios realizados en el CASGM desde Cabo Rojo (laguna de Tamiahua) hasta la región sur de la desembocadura del río Coatzacoalcos. El corredor arrecifal presenta una plataforma continental complejidad fisiográfica, la cual es angosta (6-33 km), somera (<70 m) y sinuosa (Ortiz-Lozano *et al.*, 2013). Más de 40 ríos corren hacia el Golfo de México y se encuentran clasificados en tres principales cuencas, que son superficies donde se capta el agua que escurre hacia los ríos: Cuenca del Tuxpan al Jamapa, Cuenca del río Papaloapan, y Cuenca del río Coatzacoalcos (Landeros-Sánchez *et al.*, 2011). Los ríos más importantes en el norte del estado de Veracruz son Pánuco (promedio anual en 2021, 415.363 hm³), Tuxpan (2,621.904 hm³) y Nautla (2,413.309 hm³); en el centro, Tecolutla (6,181.090 hm³) y Jamapa (2,047.019 hm³); y en el sur, Papaloapan (4,064.730 hm³) y Coatzacoalcos (16,627.945 hm³, (<http://sina.conagua.gob.mx/>)). El aporte de las descargas de los ríos que desembocan en el corredor arrecifal genera una fuerte interacción dinámica estacional con los sistemas de corrientes que influyen a lo largo de la costa, favoreciendo un intercambio de nutrientes, materia orgánica y contaminantes. La dirección esta interacción dependerá de los patrones de dirección de las corrientes marinas (Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008).

Las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el estado de Veracruz ejercen presión sobre la zona costera (Mendoza-González *et al.*, 2018). Veracruz ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en población, concentrando el 36% de sus habitantes en municipios costeros (INEGI, 2021). También, el estado se sitúa en el sexto lugar en turismo a nivel nacional, contribuyendo con el 4.5 del PIB del país (<https://datatur.sectur.gob.mx>). En el ámbito pesquero, Veracruz alberga el 15% de la flota nacional, destacando la captura de camarón (52%) y robalo (35%). Asimismo, el 16% de las emergencias ambientales del país ocurren en esta entidad, superando a otros estados costeros como Tabasco, Tamaulipas

y Campeche (COTEA, 2019). En cuanto a las actividades agrícolas y ganaderas, Veracruz ocupa el segundo y cuarto lugar nacional, respectivamente (<https://datos.gob.mx>).

Obtención de los datos y análisis numérico

Los datos sobre la fauna bentónica se obtuvieron del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad de México (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2023). Los metadatos son de acceso abierto (<https://www.snib.mx>). Se analizaron registros de abundancia de distintos grupos de la fauna bentónica como esponjas, cnidarios, poliquetos, equinodermos y crustáceos, recolectados durante un periodo de 88 años (1933-2021) (Figura 1A). Para este estudio, se consideraron únicamente los registros correspondientes al CASGM (1994-2020) (Figura 1B).

Para determinar la respuesta ecológica de la fauna bentónica, se utilizó el índice de diversidad beta SCBD (*Species Contribution to Beta Diversity*) (Legendre, 2014), a partir de un total de 1,064 especies registradas en la base de la CONABIO (1994-2020). El índice SCBD mide la contribución ecológica individual de cada especie a la variación en la composición de los ensamblajes bentónicos entre distintos sitios. Su fundamento radica en que ciertas especies, por su distribución más amplia o por presencia exclusiva en determinados lugares, tienen un mayor peso en la diferenciación de comunidades, aportando así información clave sobre los patrones de diversidad y puede ser de utilidad en la gestión de los ecosistemas.

El índice SCBD se calcula utilizando una matriz de datos donde las filas representan los sitios de muestreo y las columnas a las especies. Aunque pueden aplicarse a datos de presencia/ausencia, en este estudio se utilizaron datos de abundan-

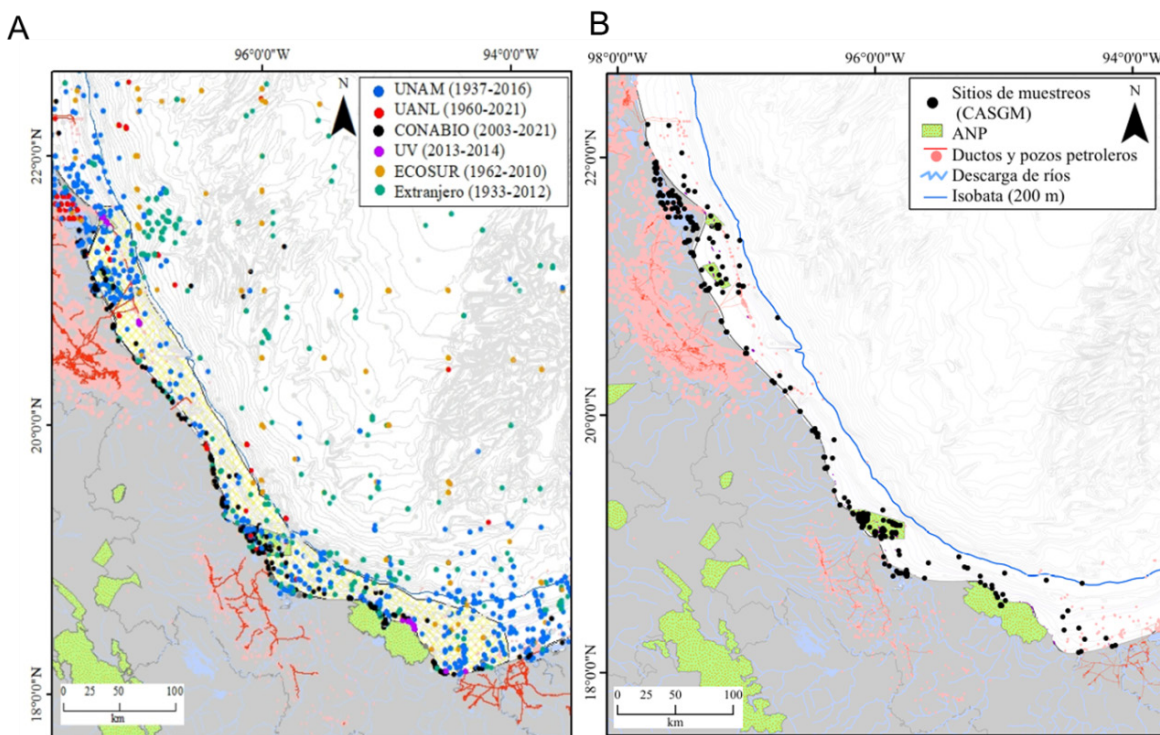


Figura 1. A) Registros históricos (1933-2021) de abundancias de las especies de la fauna bentónica disponibles en el Sistema Nacional Información sobre la Biodiversidad de México. **B)** Registros correspondientes al Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

cia. El valor de SCBD para cada especie representa la proporción de la varianza total de la matriz comunitaria que puede atribuirse a dicha especie, es decir, cuantifica cuánto contribuye la variación en su abundancia a la disimilitud global entre

comunidades (Borcard *et al.*, 2011). El análisis se realizó en el programa R versión 4.2.2, usando la función *beta.div* con la paquetería *adespatial* (Dray *et al.*, 2012; R Development Core Team, 2022). De esta manera se identificaron las especies con mayor contribución ecológica al CASGM.

Posteriormente, las especies se clasificaron en cinco grupos ecológicos (GE) acorde a su nivel de sensibilidad y tolerancia ante el disturbio. En la ecología marina y en estudios de calidad ambiental, los grupos ecológicos descritos por Borja *et al.* (2000) se utilizan ampliamente para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos, particularmente los bentónicos. Estos grupos se definen en función de la tolerancia de las especies a los disturbios ambientales, y se emplean comúnmente en índices bentónicos como AMBI (AZTI Marine Biotic Index) (<https://ambi.azti.es/>), siendo este una herramienta para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos. Los grupos ecológicos (GE) de especies bentónicas se clasifican de acuerdo con su respuesta al enriquecimiento orgánico (*sensu* Borja *et al.*, 2000). Esta clasificación reconoce cinco grupos que abarca desde especies altamente sensitivas (GEI), presentes en condiciones no perturbadas; especies indiferentes (GEII), que muestran escasa respuesta ante enriquecimiento; especies tolerantes (GEIII), asociadas con desequilibrios leves; especies oportunistas de segundo orden (GEIV), características de condiciones moderadamente alteradas; y especies oportunistas de primer orden (GEV), dominantes en ambientes fuertemente enriquecidos en materia orgánica.

La asignación de las especies en grupos ecológicos se basó en los siguientes criterios: 1) se revisó cada una de las especies en la página de Worms (<https://www.marinespecies.org/>) ya que proporciona el grupo ecológico de la mayoría de las especies bentónicas, 2) se consultó literatura científica sobre rasgos biológicos de las especies (por ejemplo, tipo de alimentación, hábitat, distribución, tipo

de larva, etc), encontrada especialmente en Google académico o en páginas como TESISunam: https://tesiunam.dgb.unam.mx/F?func=find-b-0&local_base=TES01

Resultados

Se obtuvo un total de 1,064 registros de especies de la fauna bentónica, distribuidos en 459 sitios a lo largo del CASGM. Las regiones centro y norte tuvieron una mayor representatividad de los registros analizados (50% y 42%, respectivamente); mientras que el sur presentó un bajo porcentaje de registros (8%).

De las 1,064 especies, 269 especies tuvieron un intervalo de valores de índice SBD que osciló de 0.000950641 a 0.01697254, y un promedio de 0.0031; mientras que su abundancia varió desde un solo individuo hasta 14,264 individuos. Solo 91 especies tuvieron valores de SBD mayores al promedio (0.0031), pertenecientes principalmente a los grupos de crustáceos, equinodermos y poliquetos (Figura 2A). Las especies con mayores valores de SBD fueron principalmente crustáceos (*Callinectes sapidus*, *Uca*, *Clibanarius antillensis*), y secundariamente, equinodermos (*Mellita quinquiesperforata*, *Echinometra*).

En términos generales, los grupos taxonómicos con mayor abundancia fueron los anélidos (19,276 individuos), seguidos por los crustáceos (5,063 individuos), equinodermos (1,221 individuos) y moluscos (635 individuos). En cuanto a la riqueza, los crustáceos dominaron con 109 especies, seguido por los anélidos con 50 especies (Figura 2B).

Respecto a los grupos ecológicos, se observó que las especies sensitivas fueron las más abundantes (15,711 individuos), seguidas por las especies tolerantes (6,531 individuos), las indiferentes (2,654 individuos) y, en menor medida, las especies oportunistas (<1,190 individuos). En cuanto a la riqueza, se registró un mayor número de especies tolerantes (111) e indiferentes (80); mientras que las especies oportunistas y sensitivas estuvieron representadas en menor proporción con 33 y 31, respectivamente. Además, se identificaron 14 especies a las cuales no se les asignó un grupo ecológico (Figura 3A). Tanto los anélidos como los crustáceos estuvieron presentes en la mayoría de los grupos ecológicos, desde especies sensitivas hasta oportunistas.

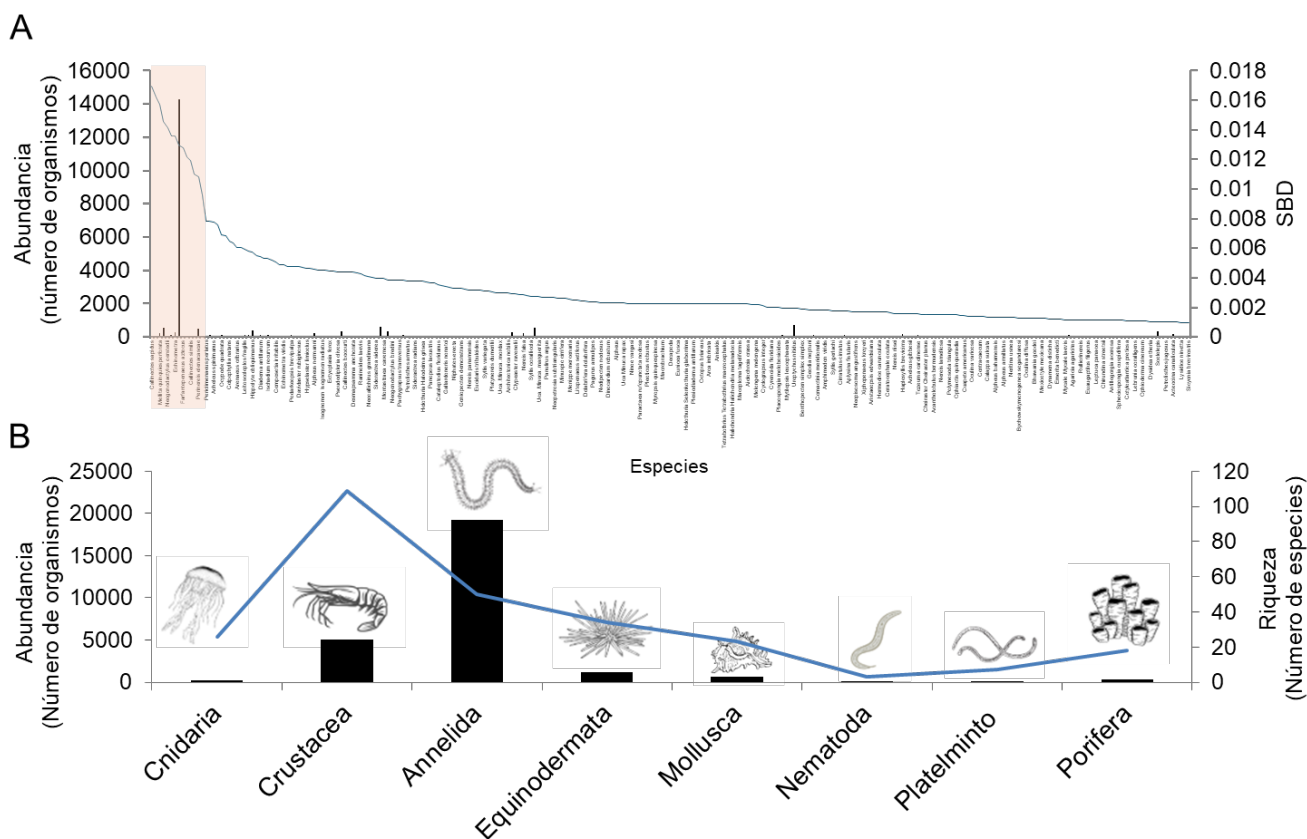


Figura 2. A) Representación de las 256 especies obtenidas del análisis del índice SBD (*Species Contribution to Beta Diversity*), especies con valores >0.007 (marcadas con el recuadro de color). B) Abundancia y riqueza de los diferentes grupos de la fauna bentónica.

En cambio, los platelmintos se concentraron únicamente en el grupo oportunista de primer orden, mientras que los equinodermos mostraron respuestas ecológicas desde grupos indiferentes hasta los oportunistas (Figura 3B).

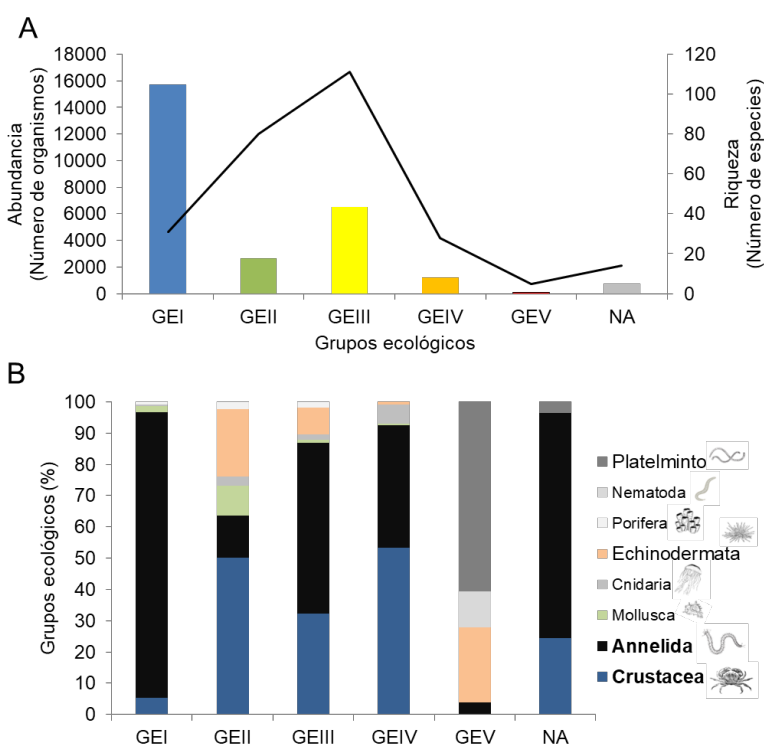


Figura 3. A) Abundancia de la fauna bentónica asignada a un grupo ecológico (GE). B) Porcentaje de cada grupo ecológico: GEI, especies sensibles; GEII, especies indiferentes; GEIII, especies tolerantes; GEIV, especies oportunistas de segundo orden; GEV, especies oportunistas de primer orden.

A lo largo del CASGM se observó una distribución variable de los grupos ecológicos en las tres regiones. En las zonas norte y centro dominaron las especies sensibles e indiferentes (>73%), mientras que las especies tolerantes y oportunistas tuvieron una menor representación, entre 23% y 27% (Figura 4 A-H). Contrariamente en la región sur se observó una dominancia por especies tolerantes y oportunistas (81%) que por las especies sensibles e indiferentes (19%) (Figura 4 I-J). A mayor detalle para la región norte, se observó que en la mayoría de los sitios (~77%) de la Laguna de Tamiahua (Figura 4 A) y en sitios dentro y fuera del polígono Tuxpan (Figura 4 C) presentaron especies tolerantes y oportunistas. No obstante, más de la mitad de los sitios (53%-58%) del polígono de Lobos y en la zona costera desde los municipios costeros de Pueblo Viejo hasta La Antigua mostraron especies sensibles e indiferentes (Figura 4 B, D y E). Para la región centro dentro del Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano, se observó que el 52% de los sitios cercanos a la zona costera tuvieron dominancia por especies tolerantes y oportunistas (Figura 4 H); mientras que el 64% de los sitios alejados de la zona costera estuvieron dominados por especies sensibles e indiferentes (Figura 4 G). En los sitios de la Laguna de Alvarado y la zona costera se observó una ligera dominancia de especies sensibles e indiferentes (53%) (Figura 4 H). En la zona sur, se observó que la mayoría de los sitios (60%) tuvieron dominancia por especies tolerantes y oportunistas, lo cual fue más notorio frente a las costas de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas que en la pendiente continental frente al municipio costero Coatzacoalcos (Figura 4 I y J).

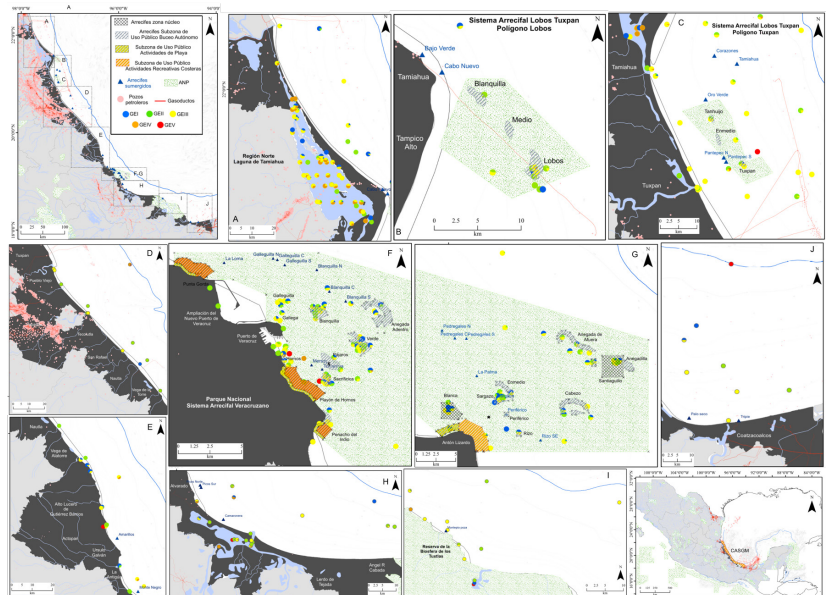


Figura 4. Distribución de los grupos ecológicos (GE) a lo largo del CASGM. Región norte (A-E), región centro (F-H) y región sur (I y J).

Discusión

Este estudio muestra la importancia de utilizar información biológica de largo plazo (1994-2020), que es pública y disponible en la CONABIO (<https://www.snib.mx>), se analizó la estructura y función de la fauna bentónica en el CASGM. El análisis de estos datos permite evaluar las respuestas ecológicas de las especies ante disturbios y facilita su integración en metodologías estandarizadas como índices bentónicos (e.g. AMBI y M-AMBI) que pueden ser de utilidad en la toma de decisiones. Se identificó que el mayor esfuerzo de muestreo se ha concentrado en las regiones centro y norte del CASGM, mientras que la región sur permanece poco explorada, lo que resalta la ausencia de un área marina protegida. Asimismo, se evidenció que los actuales polígonos de protección son insuficientes para abarcar la distribución y conectividad de las respuestas ecológicas de la fauna bentónica. Esta investigación resalta la importancia de considerar la composición, distribución y funcionalidad de la fauna bentónica en la gestión de corredores biológicos como el CASGM, especialmente en zonas costeras donde convergen múltiples actividades socioeconómicas. Este enfoque puede contribuir al fortalecimiento de políticas de conser-

vacación (Política Nacional de Mares y Costas de México), al proveer herramientas que integren indicadores biológicos en la toma de decisiones a nivel regional y nacional.

A lo largo del CASGM, los registros se han acumulado mayormente en las regiones central y norte. En contraste, la región sur presenta una menor cantidad de registros, debido a que los esfuerzos de muestreo se han centrado históricamente en el centro del corredor arrecifal, dejando el sur con escasa exploración (Ortiz-Lozano *et al.*, 2013; Santander-Monsalvo *et al.*, 2018; Jordán-Garza *et al.*, 2017). En este estudio se calculó el índice SCBD, el cual mide qué especies explican las diferencias entre comunidades biológicas en distintos sitios, y el valor promedio (0.003) fue similar a la de otras comunidades biológicas (e.g. bosque SCBD 0.004, Wang *et al.*, 2023; macroinfauna SCBD 0.004, Alves *et al.*, 2024). En tanto en otros estudios se han registrado valores promedio de SCBD de 0.04 para comunidades de crustáceos (De Mello Cionek *et al.*, 2022) y peces (Cecapoli *et al.*, 2024). Mientras que, para ambientes marinos profundos, las comunidades del megabentos tienen valores promedios de SCBD desde 0.02 a 0.06 (Victorero *et al.*, 2018; Girard *et al.*, 2023). Esto demuestra que los valores reportados para el CASGM son consistentes con patrones observados en otros sistemas tropicales y subtropicales, donde la heterogeneidad ambiental determina la diversidad beta.

Los crustáceos, equinodermos y poliquetos mostraron mayor variabilidad entre sitios, es decir, la presencia y abundancia de estas especies cambiaron notablemente de un lugar a otro, lo que generó diferencias significativas en la composición de las comunidades bentónicas. Aunque los crustáceos y equinodermos han sido históricamente poco estudiados para esta región (Santibañez-Aguascalientes *et al.*, 2023b), su alta variabilidad sugiere que contribuyen de manera importante a la diversidad beta, por lo que deberían recibir mayor atención en programas de monitoreo, manejo y conservación. En contraste, los poliquetos, pese a su amplia distribución en los fondos marinos del CASGM, también mostraron una alta variación espacial, confirmando su relevancia en la estructura de las comunidades bentónicas. Estos resultados enfatizan que no solo la abundancia de las especies es determinante, sino también su aporte a la diver-

sidad beta, lo que posiciona a esos taxa como posibles indicadores sensibles frente a cambios ambientales o impactos antropogénicos (Legendre, 2014).

La distribución de los grupos ecológicos estuvo dominada por la abundancia de especies sensibles e indiferentes durante el período analizado (1994-2020). Este patrón coincide con lo observado en el Golfo de México (Santibañez-Aguascalientes *et al.*, 2023a), donde las especies sensibles e indiferentes representaron entre el 30% y el 70% de la macroinfauna total a lo largo de nueve campañas oceanográficas (2005-2020), y con lo registrado en la zona costera del País Vasco (Borja *et al.*, 2025), donde la presencia continua de especies sensibles no necesariamente indican ausencia de impacto, sino que refleja una combinación de resiliencia del sistema y posiblemente refugios locales que protegen estas especies. Este tipo de asignaciones de sensibilidad y tolerancia resultó particularmente útil, dado el bajo número de especies no asignadas (14), lo que convierte al índice AMBI en una herramienta robusta y confiable para evaluar la calidad ambiental en esta región del CASGM (<https://ambi.azti.es/>).

En este estudio se identificó una alta concentración de especies sensibles e indiferentes en el CASGM, con patrones diferenciados entre la región norte y la región central. En la región norte, dentro del polígono de protección Lobos, se registró la presencia de estas especies, aun cuando la zona se encuentra expuesta a una intensa actividad petrolera y a un considerable tráfico marítimo (Ortiz-Lozano *et al.*, 2021). Estos resultados sugieren que el sistema conserva cierto grado de resiliencia frente a las presiones antrópicas, aunque su permanencia a largo plazo dependerá de la implementación de medidas de manejo que prevengan un deterioro ambiental irreversible. En la región central, la mayor concentración de especies sensibles e indiferentes se observó en áreas más alejadas de la costa, mientras que las especies tolerantes y oportunistas se registraron en sitios costeros del PNSAV. Esto indica que, aunque el área cuenta con protección legal, la cercanía a la costa incrementa su vulnerabilidad a diversas perturbaciones (p. ej., contaminantes, procesos de eutrofización, actividades portuarias, tráfico marítimo y turismo), lo que dificulta el control efectivo de las presiones antrópicas (Ortiz-Lozano *et al.*, 2018).

En la región sur de Los Tuxtlas, los registros históricos (1994-2021) tuvieron una mayor abundancia de especies tolerantes y oportunistas, probablemente influenciada por los aportes continentales y la dinámica ambiental local. La descarga de los ríos aporta sedimentos, abundante materia orgánica y nutriente al litoral, generando condiciones heterogéneas en las comunidades bentónicas (Pérez-Rojas *et al.*, 2000). La acumulación de materia orgánica alóctona en sedimentos someros y la estratificación temporal del agua crean ambientes con fluctuaciones de oxígeno y altos niveles de nutrientes disponibles, esto favorecen a especies tolerantes y oportunistas capaces de aprovechar recursos abundantes y resistir cambios físicos y químicos, mientras que las especies sensibles requieren ambientes más estables y oxigenados. Además, la región sur carece de protección legal marina, lo que limita la regulación de actividades humanas y la conservación de hábitats críticos (Ortiz-Lozano *et al.*, 2013). Esta ausencia de gestión formal contribuye a una conectividad ecológica reducida entre los sistemas arrecifales del CASGM, afectando la dispersión de especies y procesos biológicos esenciales, y favoreciendo a comunidades dominadas por especies generalistas y oportunistas capaces de persistir en condiciones ambientales menos estables. Por otra parte, en los sitios de la plataforma de Coatzacoalcos se registró una predominancia de especies tolerantes y oportunistas, lo cual podría estar asociado a la intensa actividad portuaria y petroquímica de la región. Este puerto moviliza más de 20 millones de toneladas de carga, principalmente vinculada a la producción petroquímica, lo que ha generado una contaminación crónica por compuestos aromáticos (Ruiz-Fernández *et al.*, 2016). Esta combinación de resistencia local y vulnerabilidad regional refuerza la necesidad de establecer estrategias de conservación que integren la conectividad biológica y la variabilidad funcional de las comunidades bentónicas, extendiendo la protección más allá de los polígonos actuales.

Conclusiones

La disponibilidad de datos en portales gubernamentales, como el SNIB de la CONABIO, representa un recurso valioso, pero por sí sola no garantiza su uso efectivo en la gestión de

los ecosistemas marinos. Este estudio propone un enfoque que integra registros históricos (1994-2020) de la fauna bentónica, a través del análisis de diversidad beta que permitió identificar a las especies que contribuyeron a la variabilidad de las comunidades bentónicas, destacando su rol ecológico más allá de su abundancia. Los resultados mostraron que crustáceos, equinodermos y poliquetos presentaron la mayor variabilidad espacial, siendo claves para la diferenciación de comunidades. Predominaron especies sensitivas e indiferentes en el norte y centro, reflejando resiliencia, aunque se registraron especies tolerantes y oportunistas en zonas costeras expuestas a presiones antrópicas. En el sur, dominaron especies tolerantes y oportunistas, posiblemente influenciadas por descargas fluviales, enriquecimiento orgánico y actividad portuaria-petroquímica. Estos resultados confirman que no solo la abundancia de las especies, sino su contribución a la diversidad beta y su respuesta ecológica, son determinantes para comprender la estructura y funcionalidad del CASGM. Este enfoque metodológico proporciona información clave que puede apoyar la toma de decisiones y orientar en el diseño de las estrategias de gestión.

Agradecimientos

Los datos usados en este estudio fueron proporcionados por la Subcoordinación de enlace y transparencia del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. También agradecemos a Paulina A. Rivera Alonso por su apoyo en la curación de las bases de datos y en la asignación de los grupos ecológicos.

Referencias

- Alves, C. M., Gomes, M. A., Neto, R., Troncoso, J. S., & Gomes, P. T. (2024). Patterns of diversity in subtidal marine macrofaunal communities: Insights from a semi-enclosed bay system in the Northeast Atlantic. *Regional Studies in Marine Science*, 72, 103441. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103441>
- Borcard, D., Gillet, F. y Legendre, P. (2011). *Numerical ecology with R* (Vol. 2, 688 p.). New York: Springer.
- Borja, A., Franco, J. y Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos with European estuarine and

coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 1100-1114.

Borja, A., Marín, S. L., Muxika, I., Pino, L. y Rodríguez, J. G. (2015). Is there a possibility of ranking benthic quality assessment indices to select the most responsive to different human pressures? *Marine Pollution Bulletin*, 97(1-2), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.030>

Borja, A., Chust, G. y Muxika, I. (2019). Forever young: the successful story of a marine biotic index. *Advances in Marine Biology*, 82, 93-127. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2019.05.001>

Borja, A., Adarraga, I., Bald, J., Belzunze-Segarra, M. J., Cruz, I., Franco, J., Garmendia, J. M., Larreta, J., Laza-Martínez, A., Manzanos, A., Marquiegui, M. A., Martín, I., Martínez, J., Menchaca, I., Pouso, S., Revilla, M., Rodríguez, J. G., Ruiz, J. M., Sagarmínaga, Y., Solaun, O., Uriarte, A., Zorita, I. y Muxika, I. (2025). Marine biodiversity and environmental data: an AI-ready, open dataset from the long term (1995-2023) Basque Country monitoring network. *Frontiers in Ocean Sustainability*, 2, 1528837. <https://doi.org/10.3389/focsu.2024.1528837>

Castañeda-Chávez, M., Navarrete-Rodríguez, G. y Lango-Reynoso, F. (2025). Fuentes puntuales de contaminación de la zona costera adyacente al PNSAV (pp. 207-226). En A. Granados-Barba, L. D. Ortiz-Lozano y A. L. Gutiérrez-Velázquez (Eds.), *Nuevo conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del suroeste del Golfo de México: integrando los ambientes costeros*. EPOMEX-UAC eBooks. <https://doi.org/10.26359/epomex02202508>

Cecapolli, E., Russo, T., Calò, A., Giakoumi, S., & Di Lorenzo, M. (2024). Sandy bottoms have limited species richness but substantially contribute to the regional coastal fish β -diversity: A case study of the Central Mediterranean Sea. *Ecological Indicators*, 184, 114794. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.114794>

CONABIO (2023). *Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México*. Base de datos SNIB-CONABIO, México.

COTEA. (2019). *Información y análisis estadístico de las emergencias en México*. Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales. Recuperado el 12 de enero de 2026, de <https://www.gob.mx/profepa/acciones-y-programas/coatea-operacion>

de Mello Cionek, V., Rodrigues-Filho, J. L., Petsch, D. K., & Branco, J. O. (2022). Ecological uniqueness and species contribution to beta diversity differ between fishes and crustaceans' bycatch in subtropical shallow marine ecosystems. *Aquatic Sciences*, 84, 41. <https://doi.org/10.1007/s00027-022-00872-5>

Dray, S., Bauman, D., Blanchet, G., Borcard, D., Clappe, S. y Guenard, G. (2012). Multivariate multiscala spatial analysis. *R package version 0.0-3*. Recuperado de <https://cran.r-project.org/package=adespatial>

Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L., González-Gándara, C. y Salas Monreal, D. (2019). Estudios científicos en el Corredor arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 376 p. ISBN 978-607-8444-54-0.

Giere, O. y Schratzberger, M. (2023). *New horizons in meiobenthos research: profiles, patterns, and potentials*. New York: Springer. 407 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-21622-0>

Girard, F., Litvin, S. Y., Sherman, A., McGill, P., Lovera, C., DeVogelaere, A., Burton, E., & Barry, J. P. (2023). Epibenthic faunal community dynamics and seasonal species turnover in a deep-sea coral ecosystem. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 196, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2023.104048>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Jordán-Garza, A. G., González-Gándara, C., Salas-Pérez, J. J. y Morales-Barragán, A. M. (2017). Coral assemblages are structured along a turbidity gradient on the Southwestern Gulf of Mexico, Veracruz. *Continental Shelf Research*, 138, 32-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2017.03.002>

Landeros-Sánchez, C., Moreno-Seceña, J. C., Martínez-Dávila, J. P., & Palacios-Vélez, Ó. L. (2011). *Ecohidrología*. En *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado* (pp. 65-72). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana e Instituto de Ecología A.C.

Legendre, P. (2014). Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 1324-1334.

Martínez-Esponda, F. X., Escorcía-Quintana, M., García-Maning, G. y Ramos-Pedruza, X. (2021). Los factores de presión al Sistema Arrecifal Lobos Tuxpán (SALT), Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y Sistema Arrecifal de los Tuxtlas (SAT) (pp. 60-78). En L. Ortiz-Lozano, F. X. Martínez-Esponda y L. Hensler (Eds.), *El corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México: retos y oportunidades para su protección y manejo*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C. 427 p. ISBN 978-607-95248-9-0.

Mendoza-González, G., Martínez, M. L., Guevara, R., Pérez-Maqueo, O., Garza-Lagler, M. C. y Howard, A. (2018). Towards a sustainable sun, sea, and

- sand tourism: the value of ocean view and proximity to the coast. *Sustainability*, 10, 1012. <https://doi.org/10.3390/su10041012>
- Ortiz-Lozano, L., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gándara, C., Gutiérrez-Velázquez, A. L. y Martos, J. (2013). The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86, 22-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.006>
- Ortiz-Lozano, L., Colmenares-Campos, C. y Gutiérrez-Velázquez, A. (2018). Submerged coral reefs in the Veracruz Reef System, Mexico, and its implications for marine protected area management. *Ocean & Coastal Management*, 158, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.012>
- Ortiz-Lozano, L., Gutiérrez-Velázquez, A., Aja-Arteaga, A., Argüelles-Jiménez, J. y Ramos-Castillo, V. (2021). Distribution, threats, and management of submerged reefs in the north of the reef corridor of the Southwest Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 201, 105428. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105428>
- Pérez-Rojas, A., Torres-Orozco, R. B., Morales-Gutiérrez, E. y Pérez-Méndez, E. (2000). Textura, composición y contenido de materia orgánica de los sedimentos recientes de un lago tropical de México. *Hidrobiológica*, 10(1), 41-50. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972000000100006
- R Development Core Team (2022). *R: A language and environment of statistical computing* (Version 4.2.2). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org/>
- Raymond, C. (2022). Ecological succession of benthic macrofauna following disturbance: Effects of contaminants and in situ sediment remediation. Tesis doctoral, Department of Ecology, Environment and Plant Sciences, Stockholm University.
- Ruiz-Fernández, A. C., Betancourt-Portela, J. M., Sericano, J. L., Sanchez-Cabeza, J. A., Espinosa, L. F., Cardoso-Mohedano, J. G., Pérez-Bernal, L. H. y Garay-Tinoco, J. A. (2016). Coexisting sea-based and land-based sources of contamination by PAHs in the continental shelf sediments of Coatzacoalcos River discharge area (Gulf of Mexico). *Chemosphere*, 144, 591-598.
- Santander-Monsalvo, J., Espejel, I. y Ortiz-Lozano, L. (2018). Distribution, uses, and anthropic pressures on reef ecosystems of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 165, 39-51.
- Santibañez-Aguascalientes, N. A., Borja, Á., & Ardisson, P.-L. (2021). Sustainability situations for the southern Gulf of Mexico seafloor, based on environmental, benthic, and socioeconomic indicators. *Science of the Total Environment*, 787, Article 147726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147726>
- Santibañez-Aguascalientes, N. A., Borja, A. y Ardisson, P.-L. (2023a). Assessing the large-scale and long-term changes in the southern Gulf of Mexico benthic ecological status under natural and human-induced disturbances. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 283, 108282. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108282>
- Santibañez-Aguascalientes, N. A., Ortiz-Lozano, L. D. y Gutiérrez-Velázquez, A. L. (2023b). Arrecifes sumergidos en Veracruz: nuevos retos de conservación. *Avance y Perspectiva* (CINVESTAV), México. Recuperado de <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/arrecifes-sumergidos-en-veracruz-nuevos-retos-de-conservacion/>
- Schwing, P. T., Montagna, P. A., Joye, S. B., Paris, C. B., Cordes, E. E., McClain, C. R., Kilborn, J. P. y Murawski, S. A. (2020). A synthesis of deep benthic faunal impacts and resilience following the Deepwater Horizon oil spill. *Frontiers in Marine Science*, 7, 560012. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.560012>
- Victorero, L., Robert, K., Robinson, L. F., Taylor, M. L., & Huvenne, V. A. I. (2018). Species replacement dominates megabenthos beta diversity in a remote seamount setting. *Scientific Reports*, 8(1), 4152. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22296-8>
- Wang, W., Jiang, Y., Li, B., & Luo, W. (2023). How does functional distinctiveness affect single species contribution to β diversity? Evidence from a subtropical forest plot in southern China. *Ecological Indicators*, 146, 109736. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109736>