1.) INTRODUCCIÓN.

La integridad ecológica (IE) es un concepto fundamental en la gestión de áreas protegidas y guarda una relación directa con el manejo de la biodiversidad (Parrish et al., 2003). Aunque existen múltiples definiciones de IE, todas comparten elementos comunes que enfatizan la naturalidad de los ecosistemas y la continuidad de procesos a lo largo del tiempo dentro de los rangos naturales de variación en sus atributos de composición, estructura y función (Rohwer & Marris, 2021) (Rohwer & Marris, 2021). La IE también se presenta como una herramienta crucial para evaluar el estado de conservación de biomas o ecosistemas y de las áreas protegidas en particular (Zambrano et al., 2011). En este contexto, la IE puede cuantificarse a través de diversas escalas espaciales, lo que posibilita un análisis integral de las áreas protegidas que, a su vez, puede vincularse con acciones de gestión y el logro de los objetivos de conservación (Zambrano et al., 2011).

Para Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN), la integridad del área protegida se define como la capacidad o propiedad de un sistema ecológico para sostener y preservar el equilibrio dinámico natural en la organización de sus atributos (composición, estructura y función). En el marco del PNN, la evaluación de la integridad ecológica se lleva a cabo como parte de la evaluación de la efectividad del manejo a largo plazo, que se realiza cada cinco años. Además, se incorpora en la actualización y formulación de planes de manejo u otros instrumentos de planificación, convirtiéndose así en una herramienta de referencia fundamental para la gestión de las áreas protegidas dentro del PNN (Díaz, 2016, 2020).

Bajo el contexto anterior, a continuación, se presentan los resultados del análisis de integridad ecológica del Vía Parque Isla Salamanca (VIPIS), el cual evidencia el estado actual de conservación a partir de una escala de análisis del paisaje con indicadores de composición, estructura y función para el año 2024 a una escala de 4.m tamaño de pixel producto de un modelo de ...

2.) METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INTEGRIDAD

VIPIS tiene información relevante en diferentes niveles de la biodiversidad (especies, poblaciones y/o comunidades) que ha sido recolectada a lo largo de los años a través del programa de investigación y monitoreo. No obstante, es necesario información con una mayor ventana de tiempo para establecer rangos de variación y análisis de estado y tendencia de VOC de filtro fino, generalmente más de cinco años. Por este motivo, es necesario utilizar una aproximación desde la escala de paisaje (coberturas, biomas y/o ecosistemas) para evaluar la IE del área protegida.

En este sentido, se utilizaron indicadores de composición, estructura y función a nivel de paisaje (Figura 1). El principal insumo fue las coberturas fue obtenido a través de los mapas de cobertura de la tierra generado por la DTCA en 2024 a una escala de 4m de tamaño de pixel.

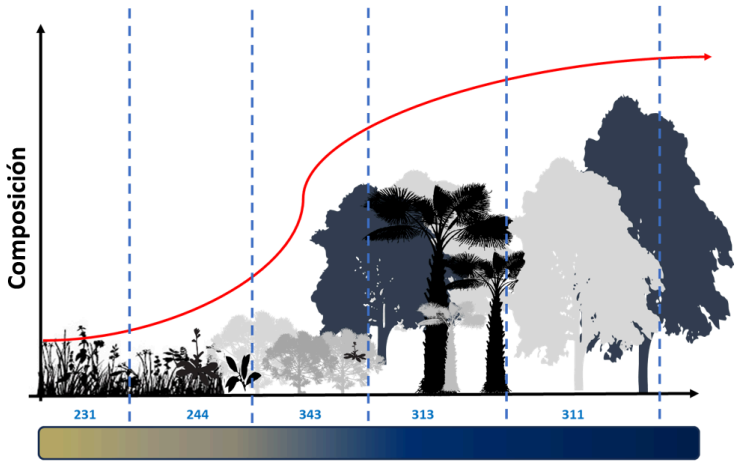
Figura 1. Modelo conceptual para el análisis de IE a escala de paisaje



Fuente: GPM, 2025

El primer atributo evaluado corresponde al de composición (COM), el cuál corresponde a la identidad y variedad de los elementos de un ecosistema. En este caso, los elementos corresponden a las diferentes clases de coberturas de la tierra y estás se ponderan en una escala de 1 a 100, dónde las de origen natural como bosques de manglar y cuerpos de agua tienen un valor cecano a 100, mientras que valores intermedios (40-50) son asignados a coberturas seminaturales como vegetación secundaria y bosques fragmentados y, las coberturas de origen antrópico, como pastos y cultivos tienen una menor ponderación (10-30). Esta ponderación fue realizada conjuntamente con profesionales del área protegida, DTCA y SGM y se seleccionó el promedio de los valores calificados (Figura 2 y Tabla 1).

Figura 2. Modelo conceptual para cuantificar el atributo de composición (COM).



Fuente: GPM, 2026

Tabla 1. Clasificación del atributo de composición

Cobertura	Descripción*	Ponderación Final

Áreas degradadas de manglar	Un **área degradada de manglar** es una parte de este ecosistema que ha perdido, de manera parcial o total, sus atributos estructurales, funcionales y de biodiversidad debido a factores antrópicos y/o naturales que alteran su dinámica ecológica. Pérdida de cobertura arbórea: disminución de la densidad de mangles o presencia de individuos muertos - Alteración hidrológica: interrupción del flujo de mareas o de agua dulce (canales, carreteras, diques) que modifica la salinidad y el intercambio de nutrientes - Cambios en el suelo: aumento de salinidad, sulfuros o acidificación que impiden el crecimiento de plántulas. Reducción de fauna asociada: menos peces, crustáceos y aves que dependen del manglar. - Pérdida de funciones ecosistémicas: menor capacidad de protección costera, captura de carbono y soporte a comunidades locales. Estas zonas en VIPIS presentan alteración del flujo hidrológico natural entre el mar y el agua dulce (pérdida de la funcionalidad estuarina). Alta mortalidad de manglar, acumulada con picos entre los años 1998, 2014 al 2017.	1
Cuerpo de agua	Un cuerpo de agua es una acumulación significativa de agua en la superficie terrestre, que puede ser de origen natural (lagos, ríos, lagunas, ciénagas, océanos, mares, glaciares) o artificial (embalses, canales, estanques, represas).Algunas características clave:- Pueden estar constituidos por agua dulce, salobre o salada.- Desempeñan un papel esencial en el ciclo hidrológico, actuando como reservorios o vías de circulación del agua.- Cumplen funciones ecológicas (hábitat de especies, regulación climática, recarga de acuíferos), sociales (abastecimiento de agua, recreación, transporte) y económicas (pesca, riego, generación de energía, turismo).- Su delimitación puede ser física (la extensión visible del agua) o funcional (la dinámica hídrica que los conecta con cuencas y ecosistemas circundantes).	80
Cuerpo de agua con rugosidad	Áreas cubiertas por agua, permanente o estacional con cierta rugosidad del relieve que pudieron poseer coberturas de manglar en un pasado y se consideran como áreas degradas de manglar	19
Macrófitas	Las macrófitas son plantas acuáticas de gran tamaño (visibles a simple vista) que crecen en ecosistemas acuáticos continentales (lagos, ríos, ciénagas, humedales) o en zonas de transición como manglares y estuarios. Se caracterizan por:- Estar parcial o totalmente adaptadas al medio acuático (agua dulce, salobre o salada).- Cumplir funciones ecológicas esenciales, como la producción primaria, la oxigenación del agua, el hábitat y refugio de fauna acuática, la estabilización de sedimentos y la retención de nutrientes y contaminantes.- Presentar diferentes formas de vida según su relación con el agua y el sustrato. Principales grupos de macrófitas acuáticas- Sumergidas: crecen totalmente bajo el agua (ej. *Elodea canadensis, Hydrilla verticillata*).- Flotantes libres: flotan en la superficie, sin estar ancladas al fondo (ej. *Eichhornia crassipes* – buchón de agua, Lemna minor – lenteja de agua).- Flotantes enraizadas: tienen raíces fijadas al sustrato, pero hojas y tallos flotan (ej. Nymphaea – lirios de agua).- Emergentes: están enraizadas en el fondo, pero sobresalen en la superficie (ej. *Typha dominguensis* – enea, *Phragmites australis* – carrizo). En el monitoreo ambiental, las macrófitas son bioindicadores importantes de la calidad del agua, ya que su presencia, abundancia o ausencia reflejan condiciones de nutrientes, oxígeno disuelto, contaminación y salinidad. Las macrófitas acuáticas pueden contribuir a la pérdida o reducción de cuerpos de agua, principalmente cuando se desarrollan en exceso. Esto sucede porque: 1. Crecimiento descontrolado (eutrofización) – Sector Occidental de VIPIS: - Cuando hay exceso de nutrientes (por ejemplo, descargas de aguas residuales o fertilizantes), especies como el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) o la lenteja de agua (*Lemna minor*) pueden crecer de manera explosiva. - Este crecimiento forma	24

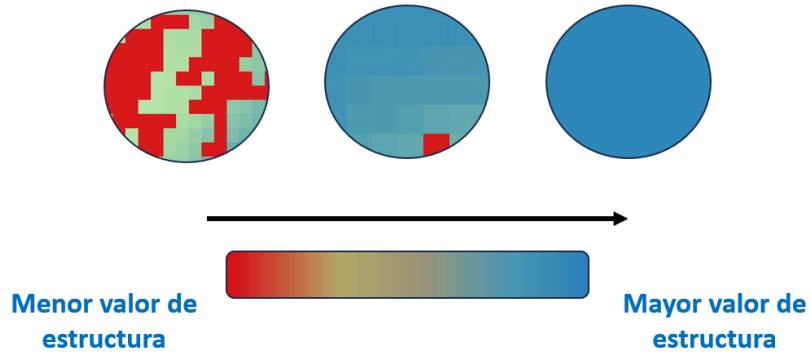
	coberturas densas que reducen la entrada de luz solar, afectando el fitoplancton y disminuyendo el oxígeno disuelto. 2. Colmatación y sucesión ecológica. Con el tiempo, la acumulación de materia orgánica de las macrófitas muertas se deposita en el fondo, acelerando el llenado natural del cuerpo de agua (colmatación). Este proceso puede transformar un lago o laguna en un humedal pantanoso y, eventualmente, en tierra firme que posteriormente puede ser cubierta por vegetación terrestre; además, su presencia puede contribuir y acelerar los procesos de sedimentación del cuerpo de agua.3. Reducción de la lámina de agua:- Las macrófitas emergentes (como *Typha* o *Phragmites*) avanzan desde las orillas hacia el interior, reduciendo progresivamente el espejo de agua.- En algunos casos, estas plantas forman verdaderas islas flotantes que se expanden y cierran canales o lagunas. Por estas razones, aunque las macrófitas son clave para la salud de los ecosistemas acuáticos, su proliferación excesiva —favorecida por impactos humanos— puede acelerar la pérdida o degradación de los cuerpos de agua. Su crecimiento excesivo es un indicador de alteracion del comportamiento estuarino del humedal	
Manglares	Un ecosistema de manglar es un tipo de ecosistema costero que se desarrolla en zonas de transición entre la tierra y el mar, especialmente en áreas tropicales y subtropicales, donde confluyen aguas saladas, dulces y salobres. Está conformado principalmente por árboles y arbustos llamados mangles, adaptados a crecer en suelos anegados, salinos y con baja oxigenación. Estos ecosistemas se caracterizan por: - Vegetación especializada: especies como *Rhizophora mangle* (mangle rojo*), Avicennia germinans* (mangle negro), Laguncularia racemosa (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botón). - Interacción tierra–mar: actúan como zona de amortiguamiento frente a mareas, tormentas y huracanes.- Alta biodiversidad: sirven de refugio, área de reproducción y crianza para peces, crustáceos, moluscos y aves.- Servicios ecosistémicos: protegen la línea costera de la erosión, filtran contaminantes, almacenan grandes cantidades de carbono azul y sostienen economías locales a través de la pesca y otros recursos.	100
Vegetación arbustiva xerofitica	La vegetación arbustiva xerofítica se refiere al conjunto de plantas leñosas de porte bajo o arbustivo adaptadas a ambientes secos o áridos, caracterizadas por mecanismos especiales para resistir la escasez de agua y las altas temperaturas. Sus principales rasgos son: - Adaptaciones morfológicas: hojas pequeñas, espinas o cutículas gruesas para reducir la transpiración.- Estrategias fisiológicas: raíces profundas o extensas para aprovechar mejor el agua disponible.- Hábitat típico: zonas semiáridas o áridas, dunas costeras, sabanas secas y suelos pobres en humedad.- Ejemplos: dividivi (Caesalpinia coriaria), trupillo (Prosopis juliflora), y otras especies propias de zonas secas del Caribe colombiano.Es una comunidad vegetal dominada por arbustos resistentes a la sequía, que en las áreas naturales de su distribución, juega un papel clave en la estabilización del suelo y en el mantenimiento de la biodiversidad en ecosistemas áridos. **Nota**: su crecimiento en zonas en donde habia un plano de inundación indica desecacion - Lo clave es identificar el tiempo en el que empezo el proceso de colonizacion . Posterior a la pavimientacion de la carretra o incluso al proceso de rehabiitacion (90's) del complejo, estarian indicando alteracion. Incluso en sitios en donde se entremezclan los cactus en los manglares, en donde no se ve regeneracion natural del manglar, debiera ser considerado alteracion y su calificacion no seria de integridad sino de alteracion	80

Planos inundables	Los planos de inundación en ecosistemas marinos y costeros son las superficies bajas y planas del relieve costero que quedan sujetas al efecto de la marea y otros procesos hidrodinámicos (oleaje, tormentas, lluvias estacionales). Su nombre deriva de su principal caracteristica de ser de microtopografía muy plana donde los sedimentos más finos se pueden decantar, por lo que tambien se les conoce como planos de lodo o mudflat en inglés.. Características principales: - Periodicidad: pueden inundarse o exponerse de manera diaria (mareas altas y bajas en la costa Pacífica), estacional (alternancia entre periodos de aumento de nivel con lluvias y periodos de reduccion del nivel - en tiempo más seco en la costa Caribe) o episódica (tormentas y huracanes). - Función ecológica: sitio de llegada y asentamiento de larvas y adultos de invertebrados acuáticos (crustáceos, poliquetos, moluscos) y peces pequeños, que son el alimento de las aves playeras (Scolopacidae, charadriidae, entre otras). Tambien utilizado por garzas, pollas de agua y patos en sitios con más agua. En las zonas más secas son sitio de descando de gaviotas y gaviotines. - Conectividad: actúan como zonas de transición entre el ambiente terrestre y acuático (ya sea marino o de agua dulce), favoreciendo el intercambio de nutrientes y organismos. - Regulación natural: en el mar en zona de marea, ayudan en la disipación de la energía de las olas. En la zona costera contribuyen al almacenamiento temporal de agua y en la protección frente a inundaciones. **- Nota-** en el Caribe la alteracion de las inundaciones genera un efecto de secado de la capa superficial de agua la cual terminia siendo colonizada por herbáceas (vibrio, pastos), cambiando la fauna de invertebrados acuáticos a insectos y favoreciendo el crecimiento de cactus y espinos,. Cambios que pudieran considerarse indicadores de alteracion o deterioro. En síntesis, los planos de inundación son áreas dinámicas dentro de los ecosistemas marino–costeros que regulan la interacción tierra–mar, sosteniendo procesos ecológicos clave para la productividad, resiliencia y estabilidad de estos sistemas.	100
caños, esteros o canales	Difíciles de mapear a escala 1-cienmil.. Son los sitios por donde se dan las conecciones e intercambios de materia orgánica... larvas. Sitios de movimiento para desplazarse entre lagunas de los caimanes ymanatíes. Actuan a modo como las venas y arterias en el cuerpo humano	1

* Descripción de coberturas por Álvaro Vázquez, RE-DTCA, (2025)

El atributo de estructura (EST), corresponde a la organización física o el patrón del sistema. Para tal fin, se utilizó el indicador FAD (Foreground Area Density) o densidad de área en primer plano (Riitters & Wickham, 2012). En este análisis las coberturas naturales son reclasificadas a una sola categoría, asignándole a los bosques un valor de uno que corresponde a valores o pixeles de primer plano (foreground), mientras que las coberturas antrópicas tienen un valor de cero y corresponde a valores de fondo (background), es decir coberturas fragmentadoras del paisaje y/o matriz. Este índice oscila entre 1 y 100, donde los valores más altos indican la presencia de parches de bosques más compactos con poca fragmentación, mientras que los valores más altos corresponden a parches menos compactos con mucha fragmentación. Adicionalmente, se normalizó el raster de CHM (modelo digital de dosel) donde se le dieron valores cercanos a 100 a la vegetación más alta y este se ponderó con el índice FAD con pesos de 0.50 cada uno (Figura 3).

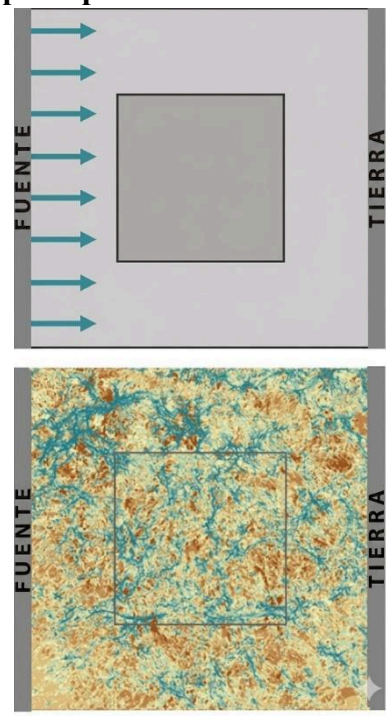
Figura 3. Modelo conceptual para cuantificar el atributo de Estructura (EST).



Fuente: GPM, 2025

El atributo de función (FUN) corresponde a los procesos ecosistémicos, en este caso se utilizó una aproximación desde la conectividad ecológica, es decir el grado en el que el paisaje facilita o impide el movimiento de materia, energía e información(Taylor *et al*., 1993). Para tal fin se utilizó el inverso del atributo de composición como una medida de resistencia al paisaje. En este sentido, la resistencia al movimiento se utilizó como una capa de permeabilidad para calcular el movimiento modelado a través de teoría de circuitos, desde una perspectiva omnidireccional con el método Wall to Wall generando así un símil entre la corriente y la conectividad ecológica en todas las direcciones (McRae *et al*., 2008, 2012). Posteriormente, esta conectividad fue normalizada a una escala de 1 a 100 (Figura 4).

Figura 4. Modelo conceptual para cuantificar el atributo de Función (FUN).



Fuente: Adaptado de Phillips *et al.* (2025).

Una vez calculado cada indicador se realizó una suma ponderada de los tres atributos según la siguiente ecuación

$$IE= 0.333COM + 0.333*EST + 0.333*FUN$$

Dónde:

IE: Integridad ecológica de toda el AP
COM: Atributo de composición
EST: Atributo de estructura
FUN: Atributo de función

De esta manera se obtiene un valor de IE por pixel para el año 2024 a una resolución de 4m, donde los pixeles con mayor valor de IE son los cercanos a 100, mientras que pixeles cercanos a 1 tienen la menor IE. Cabe destacar que

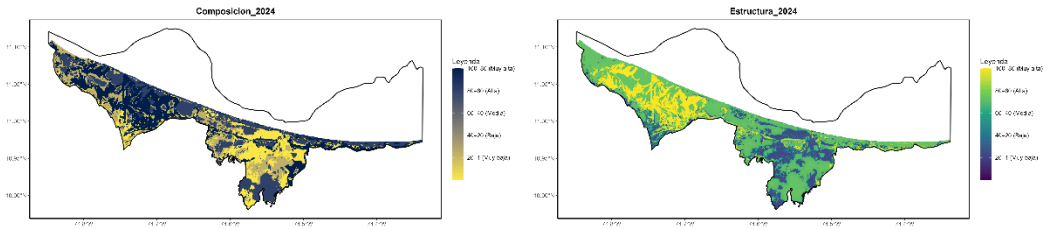
3.) INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE VIPIS A ESCALA DE PAISAJE.

3.1.) VOC MANGLARES.

Una vez realizado este procedimiento, se observan valores altos y muy altos para los indicadores de Composición (COM), Estructura (EST) y Función (FUN). En la Figura 6 se observa cada uno de los indicadores evaluados, por un lado, se observan cambios importantes en relación al cambio de coberturas (composición), pérdida y fragmentación de hábitats (estructura) y disrupción de redes de conectividad (función), especialmente en el sector oriental del PNNSM. Respecto a la IE, la cual es la sumatoria de los atributos de composición, estructura y función, se observa una IE Alta con una mediana de 65 sobre 100 (Figura 7).

Figura 6. Atributos de integridad ecológica para el PNNSM em 2025.

Fuente: GPM, 2025



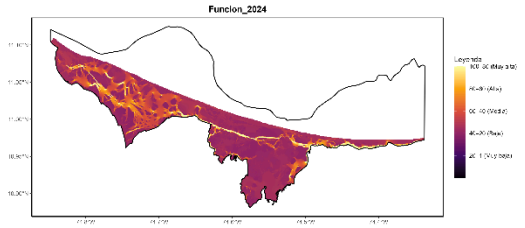


Figura 5. Atributos de IE para VIPIS año 2024.
Fuente: GPM, 2025

Al comparar los valores de IE entre los sectores oriental y occidental del AP. Se observa un valor de IE alto (66 sobre 100) para el sector occidental y un valor medio (52 sobre 100) para el sector oriental (Figura 6 y Figura 7).

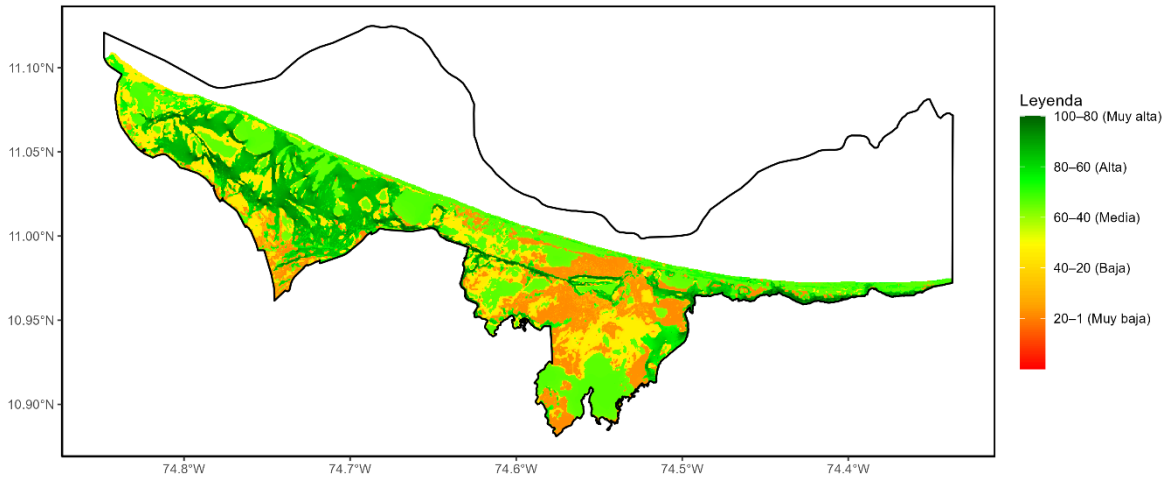


Figura 6. IE para VIPIS año 2024.
Fuente: GPM, 2025

La integridad ecológica del VIPIS mostró diferencias entre las dos zonas de manejo del área protegida. La zona Occidente presentó valores consistentemente más altos y menor variabilidad (mediana ~68,), manteniéndose predominantemente en el rango superior del índice. La zona Oriente exhibió una distribución más amplia y heterogénea (mediana ~58), con valores mínimos cercanos a 20 y máximos que alcanzan 100, reflejando una mayor heterogeneidad interna en las condiciones ecológicas. En conjunto, ambas zonas registraron valores de integridad moderados a altos, sin descender sistemáticamente por debajo del umbral de 50, lo que sugiere que el VIPIS mantiene condiciones ecológicas relativamente favorables, aunque con una asimetría espacial clara en la que la zona Occidente concentra los núcleos de mayor integridad del área protegida

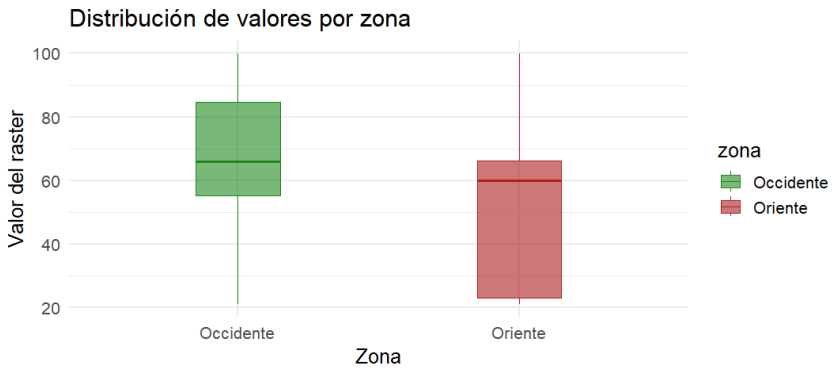


Figura 7. IE de VIPIS para dos sectores del área protegida.
Fuente: GPM, 2025

3.2.) CUERPOS DE AGUA.

Para caracterizar la dinámica temporal de la superficie de agua al interior del VIPIS, se extrajeron series de tiempo mensuales de superficie inundada para el período 2000–2024 a partir de los mapas anuales de cobertura de MapBiomas Colombia (clases 1, 2 y 3, correspondientes a cuerpos de agua permanentes, semipermanentes y temporales), proyectados en EPSG:9377 (Souza et al., 2020; MapBiomas Colombia, 2024). Cada observación mensual fue clasificada en quintiles calculados sobre la serie completa, generando cinco categorías ordinales de estado hídrico: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta. Para descomponer la variabilidad de la serie en sus componentes estructurales se aplicó una descomposición STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess; Cleveland et al., 1990), separando la tendencia de largo plazo, el ciclo estacional y el residuo.

La serie observada mostró valores entre ~11,500 y ~18,000 ha sobre un AOI de 56,540.5 ha, con variabilidad interanual moderada y sin episodios de contracción extrema. La tendencia de largo plazo identificó cuatro fases: una caída inicial pronunciada entre 2000 y 2001 (~13,800 a ~13,000 ha), una recuperación sostenida hasta alcanzar un primer máximo local hacia 2004–2005 (~15,500 ha), una nueva contracción hasta el mínimo de la serie en torno a 2011–2012 (~13,000 ha), y una segunda recuperación con máximo histórico en 2016–2017 (~17,000 ha) seguida de una contracción progresiva hasta ~13,000 ha al final del período. El componente estacional exhibió un patrón regular y estable de baja amplitud (±100–150 ha), confirmando que la variabilidad intraanual es marginal frente a la señal de tendencia.

El residuo fue predominantemente negativo, con eventos extremos en 2000–2001 y 2016–2018 (hasta −3,000 ha), sugiriendo episodios de desecación abrupta no explicados por la tendencia ni la estacionalidad, posiblemente vinculados a alteraciones en la dinámica hídrica del sistema durante eventos ENOS intensos. Esta trayectoria descendente sitúa la superficie inundada en la categoría de quintil Muy Baja hacia 2023–2024, equiparable a los valores mínimos registrados en 2011–2012, lo que indica un potencial deterioro progresivo de la integridad hídrica del área protegida que no es atribuible al ciclo estacional — cuya amplitud se mantuvo estable a lo largo de toda la serie — sino a cambios estructurales en las condiciones de base del sistema.

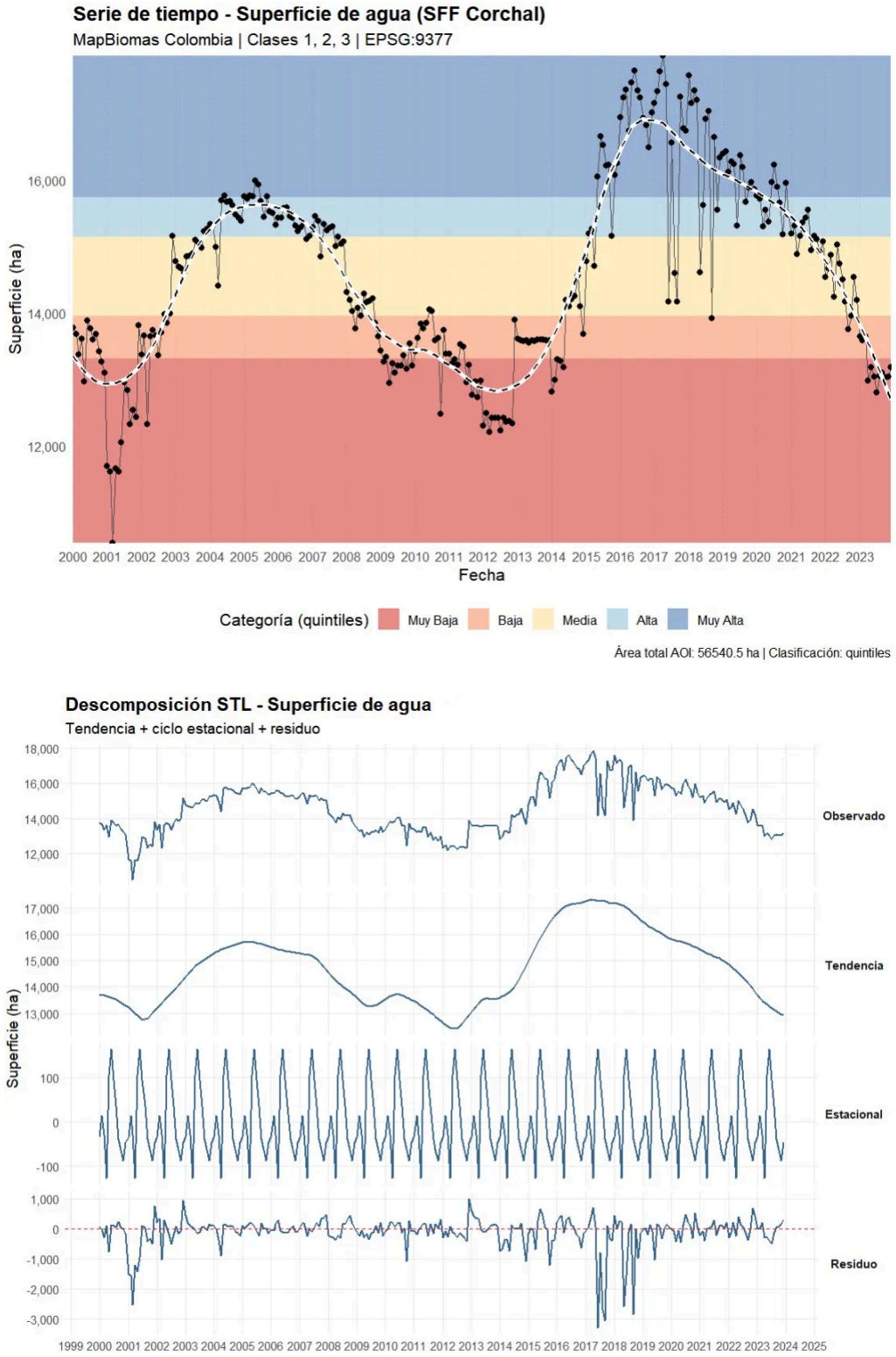


Figura 7. Series de tiempo y clasificación de IE para cuerpos de agua estuarinos.
Fuente: GPM, 2025

3.3.) CUERPOS DE AGUA MARINOS Y FONDOS SEDIMENTARIOS.

Se utilizó como aproximación a este VOC los datos de riqueza de los últimos 10 años del sector marino de VIPIS. Inicialmente, se extrajeron registros de ocurrencia de la API de **OBIS** (periodo 2016-2026) delimitados para el área de estudio. Tras una limpieza espacial y la proyección al sistema **EPSG:9377**, los datos se agregaron en una grilla de 5x5 km donde se calculó la riqueza ajustada por sesgo por esfuerzo de muestreo, evitando que las zonas con más registros dominen erróneamente el mapa sobre áreas menos exploradas. Posteriormente, se realiza una interpolación por el método de ponderación por inverso de la distancia (**IDW**), produciendo una superficie continúa normalizada en una escala de 1 a 100. Al evaluar con estadísticas zonales se obtuvo un valor de 26 (Bajo).

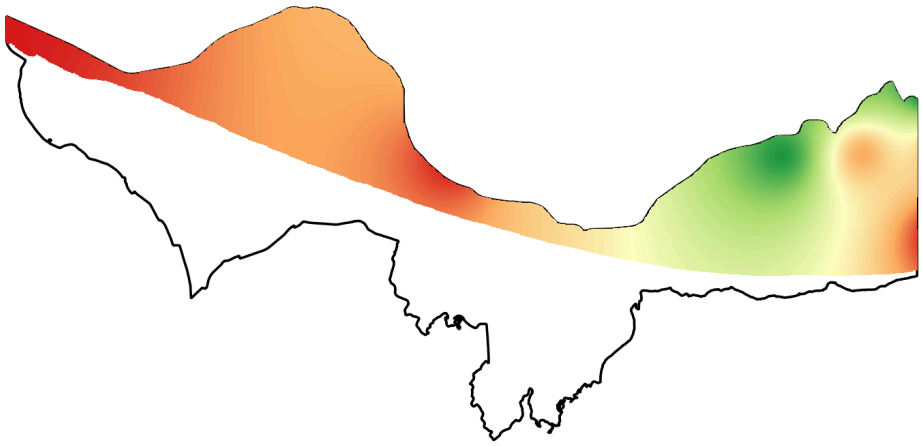


Figura 7. IDW de riqueza para el sector marino de VIPIS,.
Fuente: GPM, 2025

4.) EVALUACIÓN DE LA IE PARA VIPIS.

La integridad del área protegida se encuentra en un estado MEDIO, por lo que se requiere fortalecer las acciones de manejo para mejorar la condición y evitar que algunos de los elementos estratégicos para el manejo (VOC/PIC) se mantengan en riesgo. Se sugiere revisar cuales son las presiones que tienen mayor incidencia en el área protegida, para orientar las acciones de manejo.

Tabla 1. Valores y categorías de calificación de IE

Valor	Categoría IE	Descripción
0-1	Muy Baja	La integridad del área protegida se encuentra en un estado MUY BAJO Se requiere realizar una revisión inmediata de cuáles son los elementos estratégicos para el manejo (VOC/PIC) y/o los indicadores que están generando esta condición. Es prioritario

		identificar las presiones que tienen mayor incidencia en el área protegida, para orientar las acciones de manejo.
1.1-2.9	Baja	La integridad del área protegida se encuentra en un estado BAJO. Se requieren acciones de manejo en el corto plazo para evitar que se continué degradando su condición y la de sus elementos estratégicos para el manejo (VOC/PIC). Es necesario revisar cuales son las presiones que tienen mayor incidencia en el área protegida, para orientar las acciones de manejo.
2.1-3.9	Media	La integridad del área protegida se encuentra en un estado MEDIO, por lo que se requiere fortalecer las acciones de manejo para mejorar la condición y evitar que algunos de los elementos estratégicos para el manejo (VOC/PIC) se mantengan en riesgo. Se sugiere revisar cuales son las presiones que tienen mayor incidencia en el área protegida, para orientar las acciones de manejo.
3.1-4	Alta	La integridad del área protegida se encuentra en un estado ALTO y, sus elementos estratégicos para el manejo (VOC/PIC) no presentan riesgos en corto plazo. Aunque las acciones de manejo pueden ser las adecuadas, es necesario identificar qué acciones adicionales son necesarias para mantener o mejorar la condición del área.
4.1-5	Muy Alta	La integridad del área protegida se encuentra en un estado MUY ALTO, sus atributos de composición, estructura y función tiene niveles altos y sus elementos estratégicos para el manejo (VOC/PIC) no presentan riesgos en corto plazo. Se recomienda mantener las acciones de manejo para garantizar la continuidad de esta condición

Tabla 2. Resultados de la evaluación de integridad ecológica de los indicadores de los objetos de conservación y consolidado global para VIPIS.

VOC	Indicadores	Integridad por indicador
Manglar	Integridad ecológica a escala gruesa	**Media (3)**
Cuerpos de agua estuarinos	Superficie de cuerpos de agua (ha)	**Muy Baja (1)**
Cuerpos de marinos y fondos sedimentarios	Riqueza interpolada	Baja (2)
		Promedio
Calificación global del SFF CGSM		**3 (Media)**

5.) REFERENCIAS.

McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008). Using Circuit Theory to Model Connectivity in Ecology, Evolution, and Conservation. *Ecology*, *89*(10), 2712-2724. https://doi.org/10.1890/07-1861.1

McRae, B. H., Hall, S. A., Beier, P., & Theobald, D. M. (2012). Where to Restore Ecological Connectivity? Detecting Barriers and Quantifying Restoration Benefits. *PLOS ONE*, *7*(12), e52604. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052604

Parrish, J. D., Braun, D. P., & Unnasch, R. S. (2003). Are We Conserving What We Say We Are? Measuring Ecological Integrity within Protected Areas. *BioScience*, *53*(9), 851. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0851:AWCWWS]2.0.CO;2

Riitters, K., & Wickham, J. (2012). Decline of forest interior conditions in the conterminous United States. *Scientific reports*, *2*, 653. https://doi.org/10.1038/srep00653

Rohwer, Y., & Marris, E. (2021). Ecosystem integrity is neither real nor valuable. *Conservation Science and Practice*, *3*(4). https://doi.org/10.1111/csp2.411

Taylor, P., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, *68*, 571. https://doi.org/10.2307/3544927