

Elaboración de un Plan de Gestión Ambiental para el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Development of an Environmental Management Plan for the Morrocoy National Park, Venezuela

Aramis Latchinian¹, Carlos Dopazo¹, José Antonio Porras¹,
Jackeline Reid¹, Arturo Piñango¹

RESUMEN

Ante la dificultad para prevenir los impactos ambientales sobre ecosistemas costeros se propone un método que centra los esfuerzos de evaluación y gestión en sus causas. Las causas de los impactos, llamadas aspectos ambientales (efluentes líquidos, residuos sólidos, emisiones atmosféricas), pueden predecirse, medirse y evaluarse con precisión y con un enfoque preventivo. Se desarrolló un procedimiento que consiste en identificar los Aspectos Ambientales y contrastarlos con una serie de criterios independientes (límites legales, sensibilidad del medio, riesgos). Se aplicó el método en ecosistemas costeros del Parque Nacional Morrocoy, con énfasis en el arrecife, para evaluar los impactos (degradación del arrecife) y sus causas (aspectos ambientales) proponiendo un Plan de Gestión Ambiental que minimice dichos aspectos ambientales y consecuentemente mitigue los impactos continuos sobre el arrecife. Por lo que se concluye que la gestión de los aspectos ambientales en las zonas costeras es una forma eficaz de prevenir los impactos ambientales, y en particular la degradación del arrecife, independientemente de los efectos ambientales globales, sobre los que los actores locales no tienen control.

ABSTRACT

Given the practical difficulties of preventing environmental impacts on coastal ecosystems, a method that focuses on evaluating efforts and managing the causes was proposed. The causes of environmental aspects (liquid effluents, solid waste, and atmospheric emissions) can be predicted, measured and evaluated with a preventive approach. A procedure that identifies environmental aspects and contrasts them with a number of independent criteria (legal limits, environmental fragility, and risks) was developed. The method was applied in coastal ecosystems of Morrocoy National Park, with an emphasis on the reef, to assess the impacts (reef degradation) and causes (environmental aspects), proposing an Environmental Management Plan that mitigates the continuous impacts on the reef. Therefore, it is concluded that the assessment of environmental aspects in coastal areas is an effective way to prevent reef degradation regardless of global environmental effects that local actors cannot control.

PALABRAS CLAVE: gestión ambiental; arrecife; corales; contaminación.

KEY WORDS: environmental management; reef; corals; pollution.

¹ Departamento de Ambiente, Ingeniería de Costas (INCOSTAS S.A.). Caracas (Venezuela). alatchinian@incostas.com
ORCID Latchinian, A.: 0000-0001-5007-4735; Dopazo, C.: 0000-0002-2671-6096; Porras, J.: 0000-0002-4868-9463; Reid, J.: 0000-0002-4170-7673; Piñango, A.: 0000-0002-1913-1954

Introducción

Desde 1974 Morrocoy es Parque Nacional debido a que los recursos naturales en esa zona reúnen las condiciones para ser declarada Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE).

En el año 1996 hubo una muerte masiva de corales debido a un evento que afectó los distintos ecosistemas del parque, y generó una notable disminución de la cobertura y de las especies de coral. Entre 60 y 98% de los corales fueron destruidos (Laboy-Nieves et al., 2001).

La recuperación natural es limitada debido al poco control del uso de la zona costera. La demanda turística, los aportes de agua dulce, sedimentos y nutrientes aportados por los ríos Aroa, Tocuyo y Yacucuy disminuyen la salinidad, proliferan las algas y su incremento en la cobertura libera la competencia por el sustrato libre, disminuyendo así la posibilidad de que las larvas coralinas se establezcan mientras sofocan los pólipos de colonias dañadas (Villamizar, 2000; Del Mónaco et al., 2011).

La extensión del estrés sobre los arrecifes y la actual situación es causada principalmente por la alta sedimentación (Bone et al., 1993; Martínez y Rodríguez-Quintal, 2012). Su sensibilidad y el grado de amenaza justifican la protección de estos ecosistemas. La ausencia de planes de ordenación, la afluencia de turistas y el incremento poblacional permanente han generado un crecimiento desordenado de infraestructuras y equipamientos que se ha acelerado con el tiempo.

El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar un Plan de Gestión Ambiental (PGA) que permitiera prevenir y/o mitigar las principales fuentes de impacto antropogénicas (aspectos ambientales)

que provocan la degradación de los ecosistemas costeros del Parque Nacional Morrocoy (PNM).

El PGA se desarrolló con un enfoque amplio para los ecosistemas que componen el paisaje del parque, pues no es posible conservar a los corales desvinculados de su entorno y de las demás comunidades que interactúan en el PNM (manglar, necton, bentos).

Materiales y método

El concepto principal que se estructuró el trabajo es el de aspecto ambiental (AA), definido como el resultado de las actividades humanas que pueden generar impactos ambientales (Figura 1) (ISO 14001, 2004).

El concepto de AA estructura la gestión ambiental con un enfoque de prevención de las causas, en lugar de la recuperación de los ecosistemas impactados. Por tal motivo la metodología empleada en este estudio centra su atención en los AA, las causas de los impactos, en lugar de medir la salud del ecosistema. Los AA se pueden predecir, medir y cuantificar. Por el contrario los Impactos Ambientales (IA) no se pueden predecir en detalle, ni se los puede cuantificar con precisión, la estrecha relación entre ecosistemas hace imposible predecir hasta dónde llegará cada IA y cómo afectará a un ecosistema inicialmente no impactado.

El desarrollo del PGA consiste en identificar y analizar los AA provocados por las actividades humanas desarrolladas en la zona costera y diseñar medidas de gestión tempranas para evitar que los AA ocurran. Esto permite reducir esfuerzos, costos y daños al ambiente.

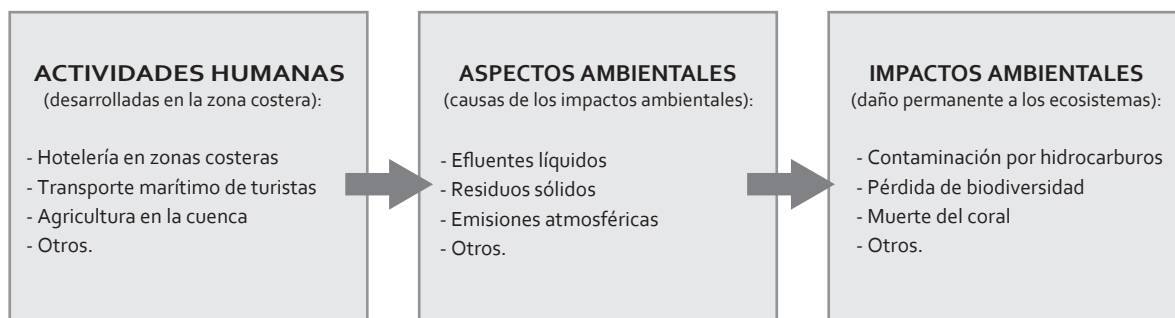


Figura 1. Relación de causalidad entre actividades, aspectos e impactos ambientales

Los datos son producto de salidas de campo realizadas en Agosto 2015 al PNM donde un equipo interdisciplinario de la empresa INCOSTAS¹ caracterizó el área, se realizaron encuestas a los gremios del municipio, inmersiones para identificar la cobertura y la salud de los corales, estudio de ecosistemas aledaños y funcionamiento de los servicios ambientales. Luego se revisó y sistematizó la bibliografía relacionada.

Metodología

1. Planteamiento de hipótesis en relación a las causas de la degradación de los ecosistemas del PNM.
2. Caracterización del área y de usos del territorio.
3. Descripción de los procesos desarrollados en la zona de estudio y las actividades asociadas a cada proceso (por ejemplo):
 - Proceso 1- Transporte marítimo de turistas
 - Actividad 1.1- Mantenimiento de motores
 - Actividad 1.2- Mantenimiento de embarcaciones
4. Identificación y caracterización de los AA asociados a cada actividad
 - Actividad 1.1- Mantenimiento de motores
 - Aspecto Ambiental 1.1-A Residuos sólidos oleosos
 - Aspecto Ambiental 1.1-B Efluentes líquidos industriales
5. Determinación de los AA significativos a través de tres evaluaciones integradas, estos AA significativos (AAS) son las causas potenciales generadoras de IA.
 - Evaluación 1 **Criterio Normativo:** Se comparan las emisiones (AA) con límites legales aplicables
 - Evaluación 2 **Criterio de Sensibilidad:** Se identifican los AA que pueden interactuar con elementos sensibles del medio.
 - Evaluación 3 **Riesgos Ambientales:** Se identifican los accidentes ambientales potenciales, se estima su probabilidad de ocurrencia y su severidad.

¹ Ingeniería de Consultas – INCOSTAS, es una empresa consultora con 40 años de experiencia en estudios costeros, en distintos países de América. <http://www.incostas.com/>

6. Elaboración del plan de gestión ambiental vinculando a cada AAS (que puede causar o está causando un IA significativo), basado en cuatro estrategias de intervención:
 - Medidas de prevención
 - Medidas de corrección
 - Medidas de mitigación
 - Medidas de recuperación

Hipótesis

Problemas ambientales locales, asociados al uso del territorio y a las actividades humanas desarrolladas en la cercanía, son las principales causas de degradación de los ecosistemas marino costeros del PNM, con énfasis en sus arrecifes coralinos.

Aunque autores identifican el cambio climático y la acidificación de los océanos como parte de los problemas principales de la degradación de los arrecifes, el objetivo de este estudio es desarrollar un PGA: un conjunto de buenas prácticas ambientales a nivel local para minimizar las presiones antrópicas.

El PGA se diseña y ejecuta localmente (alcaldías, autoridad del parque, operadores turísticos) para prevenir impactos, eliminando las causas mediante regulación de las actividades concretas que ocurren en el área de influencia. En este escenario los efectos globales asociados al cambio climático no son un elemento central.

Descripción del área

El PNM se ubica en el estado Falcón, en la costa occidental venezolana (10° 52'N, 68° 16'W), al noroccidente de Golfo Triste (Figura 2) y se compone de 320 Km² de ecosistemas marinos, continentales e insulares donde encontramos bosques de mangle (*Rhizophora mangle* L.), praderas de fanerógamas (*Thalassia testudinum* K.D. Koenig), fondos arenosos y arrecifes coralinos (Bone et al., 2001).

El PNM posee clima constante, la temperatura del aire está entre 20-30 °C; la humedad relativa es 83-90% con máximos entre Enero-Agosto; la velocidad del viento varía entre 1,5 y 2,5 m s⁻¹ con dirección noreste-suroeste y la precipitación es bimodal con mínimos entre Enero-Marzo de 8-20 mm y máximos entre 60 y 65 mm durante septiembre-diciembre; la evaporación en el área provoca una salinidad del 36-38% (Bone et al., 2001).



Figura 2. Vegetación del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

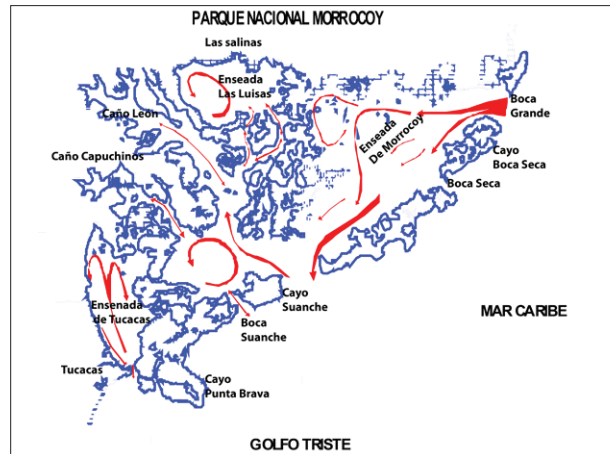


Figura 3. Patrones de circulación en la ensenada de Tucacas, Venezuela. Fuente: Bone et al. (2005)

La ensenada de Tucacas tiene una influencia de dos vórtices (Figura 3). Las corrientes toman dirección N-S, hacia el canal de interconexión, probablemente el recambio de agua es frecuente (Bone et al., 2005). Es posible que esta dinámica promueva la degradación del arrecife teniendo en cuenta que los sedimentos arrastrados por los ríos quedan atrapados en estos vórtices.

Principales problemáticas antrópicas

Crecimiento demográfico

El medio antrópico en el área comprende las localidades de Tucacas y Boca de Aroa, en el municipio José Laurencio Silva.

Este municipio presenta un alto crecimiento poblacional. Entre 1990-2011 la población se duplicó en un 100%, pasando de 15.000 a 32.193 habitantes (INE, 2011).

El desarrollo de los asentamientos en la línea costera de Tucacas favoreció la aparición de problemas en el medio natural y social como la contaminación del medio marino por la descarga de efluentes no tratados, ocupación no planificada de la costa, mal manejo de residuos sólidos, etc. Este crecimiento desordenado genera deficiencias en la cobertura y calidad de los servicios públicos básicos.

Efluentes

El servicio de aguas servidas es gestionado por la empresa Hidrofalcón, solo el 35,9% del agua está conectada a una red de saneamiento, el 55% está

redirigido a pozos sépticos o no posee conexión (Tabla 1). Esto es riesgoso pues el PNM posee un nivel freático cercano a la superficie, a veces emerge en lagunas internas de los cayos, produciendo malos olores y afectación biótica.

Tabla 1. Métodos de disposición de aguas servidas en José Laurencio Silva, Venezuela

Conexión servicios de aguas servidas	Porcentaje
Red de saneamiento	35,9
Pozo séptico	54,96
Sin conexión	1,361
Letrina	0,605
Sin sanitario	7,173

Fuente: Censo INE (2011)

Existen problemas de reboses de aguas grises y taponamientos de los sistemas recolectores debido a que la red de colectores colapsa por la gran cantidad de lluvia, escombros y sedimentos que circulan cuando ocurren eventos extremos (Figura 4), aunado al uso inadecuado de estos sistemas tanto en el hogar como en los establecimientos comerciales.



Figura 4. Desagües obstruidos por acumulación de residuos en Laurencio Silva, Venezuela

Tabla 2. Métodos y frecuencia de recolección de residuos sólidos en José Laurencio Silva, Venezuela

Recolección de residuos sólidos	Porcentaje	Frecuencia del servicio	Porcentaje
Aseo urbano	64,8	Diario	61,0
Contenedores	2,7	Interdiario	23,0
Enterrada	0,8	Semanal	6,5
Quemada	24,6	Quincenal	3,7
Cuerpos de agua	1,3	Sin información	5,8
Cualquier lugar	5,8		

Fuente: Censo INE (2011)

Esta información pudo corroborarse en campo, identificando los canales que se encuentran eutrofizados, presentan malos olores, residuos sólidos, entre otros problemas. Los canales y pozos sépticos sólo conducen los efluentes hacia las costas, no constituyen un sistema de depuración o tratamiento.

Residuos sólidos

Los residuos sólidos son gestionados por el Instituto Municipal del Ambiente (IMA), que posee camiones recolectores de residuos pero para la fecha sólo la mitad de la flota se encontraba operativa (Tabla 2).

La falta de clasificación de los residuos, estaciones de transferencia y disposición final es el problema más grave presente en la zona dentro de la gestión de los residuos sólidos. Estos residuos son dispuestos en un vertedero a cielo abierto ubicado al sur del PNM, al margen de la población de Tucacas, con numerosos problemas como: manejo y gestión inadecuada de los residuos, personas hurgando en las basuras, lixiviación con escurrimiento hacia la costa,

actividad ganadera en zonas circundantes e inundaciones de la vía principal.

En este vertedero (Figura 5) se disponen todos los residuos producidos en la zona, incluidos los residuos producidos en los cayos, que son gestionados por INPARQUES, que se responsabiliza por su manejo. Los guardaparques de los cayos supervisan que los gestores realicen la colecta de los residuos en bolsas, que son depositadas temporalmente cerca de los muelles.

Los lixiviados percolan directamente al mar y no existe ninguna estructura que permita aislar los residuos de la fuerte insolación, los vientos del área y los carroñeros, consecuentemente se acelera el proceso



Figura 5. Vertedero principal de Tucacas, Venezuela



Figura 6. Disposición transitoria de residuos dentro del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

de descomposición de los residuos y el deterioro de las bolsas (Figura 6).

Turismo

La economía de Tucacas tiene como base la actividad turística, cuenta con muelles, embarcaderos y marinas privadas para el transporte de turistas, así como posadas y grandes hoteles.

Sin embargo, la costa de Tucacas se encuentra sumamente desatendida y desorganizada, existen muchas construcciones al borde de la costa incumpliendo lo establecido en el Decreto-Ley de Zonas Costeras (mínimo 80 m libres entre línea de más alta marea y construcciones), y los accesos son limitados y angostos impidiendo el paso fluido de turistas.

Tala del mangle

Los bosques de mangle ocupan una gran extensión del PNM y están en buen estado, sin embargo, existen áreas puntuales donde ha habido mala gestión de las actividades humanas. Se constataron daños al manglar que perjudican la calidad del ecosistema, principalmente por disposición inadecuada de aguas servidas y desechos sólidos.

Otra de las amenazas para el mangle es la expansión de los grandes complejos inmobiliarios, generando la pérdida de áreas por la construcción de nuevos desarrollos sin planes adecuados de manejo, ni de recuperación y reforestación del área afectada. Las infraestructuras inmobiliarias presentan un crecimiento mayor entre los años 2009-2014 (Figura 7, espacio delimitado con línea amarilla).

Pérdida de la cobertura coralina

Los corales registrados en la zona están ubicados dentro del PNM, donde existe un gradiente marcado de abundancia y diversidad, con arrecifes en mejor estado al norte, en las zonas más lejanas de la



Figura 7. Pérdida progresiva de los bosques de Mangle cercanos al Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

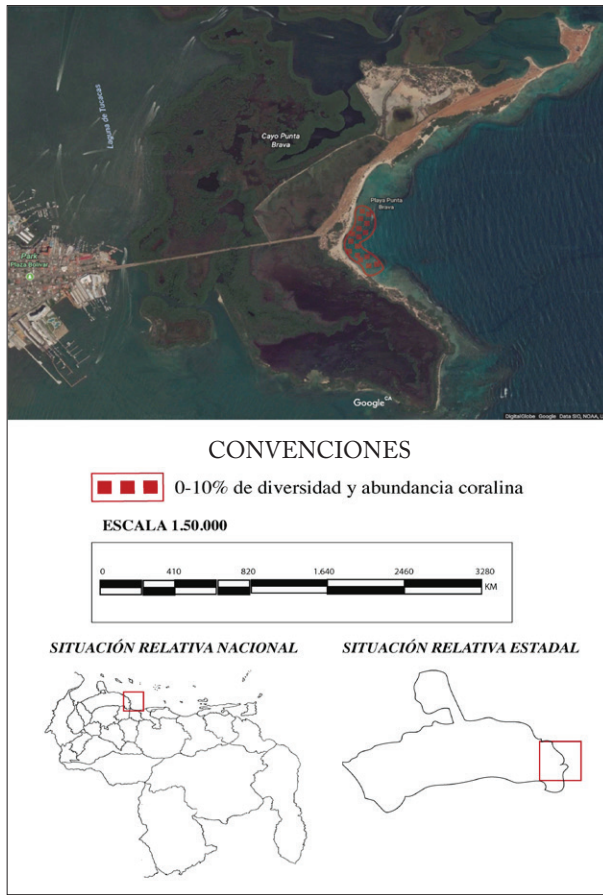


Figura 8. Corales en el cayo Punta Brava del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

costa (Figura 8). Durante la visita se corroboraron los hallazgos reportados por distintas investigaciones, que señalan un deterioro mayor para los cayos cercanos a tierra, como lo es Punta Brava (PB), donde se reporta 1% de cobertura de corales vivos (Villamizar y Rodríguez, 2005).

Para actualizar la información levantada en el 2005 se realizaron una serie de trabajos de campo entre los días 03 y 06 de Agosto de 2015, se evaluaron directamente los corales que se encuentran en el cayo PB. A través del uso de equipos de buceo básicos se observó que los corales se ubican en un rango de 0 - 10% en cuanto a cobertura viva respecto al sustrato ocupado. Los corales pétreos presentan un mayor grado de deterioro.

El cayo PB presenta la mayor cantidad de corales degradados o en mal estado (Figura 8, poligonal en color rojo). Se presume que la causa del deterioro lo constituye la cercanía a la costa, ya que se encuentra conectado por un puente con la ciudad de Tucacas,



Figura 9. Estado de los corales en Cayo Sombrero del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

es por ello que este cayo al contar con la mala gestión de los servicios que se desarrollan en la franja terrestre y al tener mayor afluencia de turistas, sufre deterioro constante, disminución y muerte de los corales.

Contrastando lo observado en PB, la cobertura de corales vivos en Cayo Sombrero (CS) es cercana al 40% (Villamizar y Rodríguez, 2005), esto se comprobó durante la inmersión realizada el día 4 de Agosto de 2015. Ubicado al Noreste del área de estudio, alejado de la costa, se evidenció que no existen

vertidos o actividades humanas intensivas. Se puede observar que existen tres rangos referentes a la cobertura viva de corales (Figura 9).

Resultados

Identificación y caracterización de los AA

Para la identificación de los AA, se utilizó una matriz de doble entrada en la que se ubicaron las actividades de la zona contra los AA.

Las actividades se señalan con números y los AA se indican con letras. De esta forma se puede rastrear cada actividad generadora de un AAS.

- A. Emisiones atmosféricas
- B. Efluentes
- C. Residuos sólidos
- D. Ruidos
- E. Consumos/pérdidas
- F. Otros

Como ejemplo en las Tablas 4, 5 y 8 se observa la aplicación de los criterios de evaluación 1, 2 y 3 de las actividades del desarrollo urbano; sin embargo en el estudio se evaluaron todas las actividades, incluyendo: manejo de desechos sólidos, transporte de turistas y provisiones a los cayos y operación de restaurante y establecimientos en los cayos del parque (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de identificación de Aspectos Ambientales en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Actividades en el PNM		A	B	C	D	E	F
1. Desarrollo urbano							
1.1	Desarrollos inmobiliarios al margen de canales de inundación en Tucacas		x	x			
1.2	Desarrollos urbanos del sector Boca de Aroa		x	x			x
1.3	Mantenimiento de canales de inundación de Tucacas	x		x	x		x
1.4	Operación de desarrollos habitacionales y hoteleros en la costa		x	x		x	x
1.5	Uso de pozos sépticos	x	x				
1.6	Red de agua residual		x				
1.7	Operación de plantas de tratamiento de aguas residuales		x				
1.8	Operación de planta potabilizadora privada en el río Aroa			x		x	
1.9	Operación de planta potabilizadora de PDVSA en el río Aroa		x	x		x	
1.10	Operación de planta potabilizadora municipal en el río Aroa		x	x		x	
2. Manejo de desechos sólidos							
2.1	Recolección de desechos sólidos en Tucacas y Boca de Aroa			x			
2.2	Recolección de desechos sólidos en los cayos			x			
2.3	Transporte de desechos sólidos hasta E/T Punta Brava	x		x	x		
2.4	Transporte de desechos sólidos en tierra firme	x		x	x		
2.5	Almacenamiento temporal en E/T Punta Brava	x	x	x			x
2.6	Disposición final de desechos sólidos en vertedero	x	x		x		x
3. Transporte de turistas y provisiones a los cayos							
3.1	Reparación y mantenimiento de embarcaciones		x	x			
3.2	Carga de combustible en estaciones de servicio		x	x			
3.3	Transporte de combustible hasta embarcaderos y muelles		x				
3.4	Almacenamiento de combustible en muelles		x	x			
3.5	Movilización de turistas hasta los cayos	x			x		x
3.6	Movilización de insumos y provisiones para locales y restaurantes en los cayos	x			x		
4. Operación de restaurantes y establecimientos en los cayos							
4.1	Limpieza de alimentos		x	x		x	
4.2	Preparación y cocción de alimentos		x	x		x	
4.3	Servicio de comidas y bebidas			x			

A, emisiones atmosféricas; B, efluentes; C, residuos sólidos; D, ruidos; E, consumos/pérdidas; F, otros; PDVSA, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima; E/T, estación de transferencia

Evaluación 1: criterio normativo

Identificada la normativa vigente se debe interpretar su aplicabilidad para cada uno de los AA.

Si alguna de las características de un AA no cumple con el marco legal vigente, este AA es significativo para la gestión, pues podrá ser responsable de un IA y por lo tanto se deberán diseñar medidas para su control.

Evaluación 2: criterio de sensibilidad

Se contrastaron los elementos sensibles del medio receptor con los AA previamente identificados. Aquellos AA que interactúan con algún elemento

sensible del medio serán considerados AAS, lo que indica que el mismo podría generar un IA, por tanto requerirá de una medida preventiva.

A manera de ejemplo se presenta para el ecosistema 1: Medio Marino (Tabla 5), pero fueron evaluados también los medios costero y terrestre.

Evaluación 3: riesgos ambientales

Se identificaron accidentes ambientales que pueden ocurrir durante las actividades en la zona. Considerando esto, se establecieron medidas de gestión eficaces para disminuir la magnitud y probabilidad de ocurrencia.

Tabla 4. Identificación de cumplimiento de la normativa para desarrollos urbanos en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Código	Aspecto ambiental	Normativa	Cumple
1.1B	Vertido de aguas residuales domésticas a canales de inundación	Decreto 883/1995	No
1.1C	Descarga de desechos sólidos a canales de inundación	Decreto 2216/1992	No
1.2B	Vertido de aguas residuales domésticas a canales de desagüe	Decreto 883/1995	No
1.2C	Desechos sólidos domésticos dispersos en el área urbana y la costa	Decreto 2216/1995	No
1.3.1A	Emisión de gases por condiciones anóxicas en los canales	Decreto 638/1995	Sí
1.3.2A	Emisión de gases de combustión por uso de maquinaria durante limpieza de los canales	Decreto 2673/1998	Sí
1.3C	Desechos sólidos y material vegetal removido del canal por maquinaria	Decreto 2216/1992	No
1.3D	Ruido producido por la operación de maquinaria	Decreto 2217/1992	Sí
1.3F	Crecimiento y reproducción de vectores biológicos	-	
1.4B	Efluentes domésticos descargados a la costa	Decreto 883/1995	No
1.4C	Desechos sólidos domésticos	Decreto 2216/1992	No
1.4E	Consumo energético elevado	-	
1.4.1F	Ocupación inadecuada de franja costera, construcciones cercanas a la costa (< 80 m)	Decreto 1468/2004	No
1.4.2F	Interrupción del sistema dunas - berma - playa	Decreto 1468/2004	No
1.5A	Emisión de gases por condiciones anóxicas dentro de la cámara	Decreto 638/1995	Sí
1.5B	Infiltración de agua residual al nivel freático	Decreto 883/1995	No
1.6B	Poco alcance de la red de saneamiento	Decreto 883/1995	No
1.7B	Vertido de aguas residuales por falla en estructuras de la planta de tratamiento	Decreto 883/1995	No
1.8C	Material vegetal (plantas emergentes y algas) retiradas de las lagunas	Decreto 2216/1992	No
1.8E	Consumo de agua del río Aroa	-	
1.9B	Efluente de filtrado con alto contenido de sólidos en suspensión	Decreto 883/1995	No
1.9C	Desechos sólidos de labores en planta potabilizadora (domésticos, sacos de reactivos)	Decreto 2635/1998	Sí
1.9E	Consumo de agua del río Aroa	-	
1.10B	Efluente de filtrado con alto contenido de sólidos en suspensión	Decreto 883/1995	No
1.10C	Desechos sólidos de labores en planta potabilizadora (domésticos, sacos de reactivos)	Decreto 2635/1998	Sí
1.10E	Consumo de agua del río Aroa	-	

Tabla 5. Evaluación de los aspectos ambientales con respecto al Ecosistema 1 (Medio Marino) en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Código	Aspectos Ambientales	Ecosistema 1: Medio Marino							
		Componentes sensibles del medio receptor		Medio físico			Medio biótico		Medio antrópico
		Fondo marino	Columna de agua	Arrecifes de corales	Necton	Bentos	Pescadores	Turistas	
1.3.1A	Emisión de gases (H ₂ S, NH ₃ , entre otros) por condiciones anóxicas en los canales	X	X	X	X	X	X		
1.3.2A	Emisión de gases de combustión por uso de maquinaria durante limpieza de los canales		X						
1.3D	Ruido producido por la operación de maquinaria		X		X				
1.5A	Emisión de gases por condiciones anóxicas dentro del canal	X	X	X					
1.9C	Desechos sólidos de labores en planta potabilizadora de PDVSA (domésticos, sacos de reactivos)	X	X	X	X	X			
1.10C	Desechos sólidos de labores en planta potabilizadora municipal (domésticos, sacos de reactivos)	X	X	X	X	X			

PDVSA, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima

Tabla 6. Criterios para la evaluación de probabilidad y magnitud de los riesgos ambientales del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

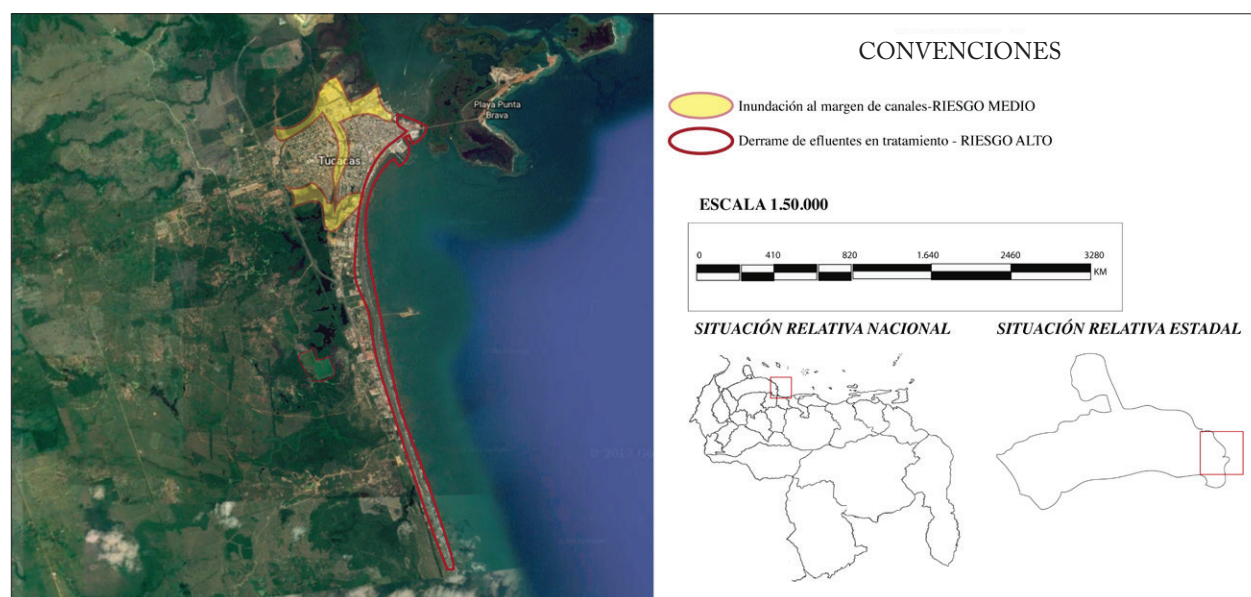
Parámetros	Criterios	Probabilidad y magnitud		
		1	2	4
Probabilidad	Ocurrencias	< 1 vez	Entre 1 y 5 veces	> 5 veces
	Capacitación del personal	Personal entrenado y dedicado a esta actividad	Personal capacitado pero no especialista	Personal sin preparación
	Equipamiento	Tecnología nueva y con mantenimiento	Equipos desactualizados o sin mantenimiento	Equipos inadecuados
Magnitud	Extensión	Puntual, dentro del área de influencia	Disperso dentro del área de influencia	Dentro y fuera del área de influencia
	Medio receptor	Área acondicionada para la actividad	Área no acondicionada para la actividad	Área natural
	Daños	Lesiones leves / averías leves	Lesiones graves / daño generalizado a equipos	Muerte / destrucción de las instalaciones

Tabla 7. Gestión de riesgos ambientales del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Riesgo estimado	Requiere gestión	Eficacia mínima requerida
1 – Bajo	No	
2 – Bajo	No	
4 – Medio	Sí	2 - Media
8 – Alto	Sí	4 – Alta
16 – Alto	Sí	4 – Alta

Tabla 8. Evaluación de riesgos ambientales del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Accidente ambiental	Probabilidad de ocurrencia	Magnitud de la consecuencia	Severidad del riesgo (PxM)	¿Requiere medidas de control?	Exposición
Inundación de desarrollos inmobiliarios	2	2	4	Sí	Media
Derrame de aguas residuales	2	2	4	Sí	Media
Fugas en la red de aguas residuales	2	2	4	Sí	Media
Vertido de aguas residuales	2	2	4	Sí	Media
Descarga de aguas contaminadas	4	2	8	Sí	Alta

**Figura 10.** Riesgo de vertido de efluentes en Tucacas, Venezuela

Para caracterizar cada uno de los accidentes ambientales se utilizaron los parámetros de probabilidad y magnitud. Se presenta el procedimiento utilizado y cálculos de dichos parámetros para cada AA (Tabla 6), la eficacia de la medida requerida para cada riesgo estimado (Tabla 7) y la evaluación del riesgo (Tabla 8).

Se proponen medidas que buscan reducir a “Bajo” el nivel de la exposición.

Como ejemplo se presenta un listado resumido del tipo de medidas de gestión que deben implementarse para prevenir los accidentes ambientales vinculados con el vertido de aguas residuales (en el trabajo original se propusieron medidas de gestión para todos los riesgos).

Medidas para prevenir el vertido de aguas residuales:

- § Coordinar esfuerzos de inspección y control con el ente encargado.
- § Revisión y análisis estructural de planta de tratamiento de aguas residuales.
- § Análisis del estado y alcance de la red de saneamiento.
- § Elaborar plan de monitoreo de la planta de tratamiento de aguas.
- § Evaluar y controlar el estado de tanques sépticos en el área.
- § Propuesta de ampliación de red de saneamiento.

Plan de gestión ambiental (PGA)

Los efectos negativos sobre los ecosistemas marino-costeros del PNM se deben a la inadecuada gestión de los AA locales resultantes de las actividades realizadas en la zona (siendo los más relevantes los residuos sólidos y los efluentes), esto determina la necesidad de establecer medidas concretas que permitan gestionar las actividades que se desarrollan actualmente de manera inadecuada.

Existe actualmente la necesidad de llevar a cabo proyectos para nueva infraestructura de servicios y en algunos casos para la actualización de instalaciones ya existentes. En gran medida los servicios de Tucacas se encuentran desactualizados y no son capaces de atender la población actual de visitantes.

En el municipio José Laurencio Silva es necesario realizar mejoras en la gestión de los servicios públicos. Algunas de las deficiencias se deben a falta de información y procedimientos pero gran parte de la infraestructura y equipos necesarios para su gestión se encuentra desactualizada, deteriorada, o no se ha desarrollado en la misma medida que el crecimiento de la población, lo que ha causado que estas instalaciones operen en condiciones distintas a las de su diseño, por lo tanto son ineficaces, como es el caso de la red de saneamiento, la planta de tratamiento de efluentes, entre otras.

Por otra parte, existen instalaciones que han sido mal ubicadas y con diseños inadecuados, como por ejemplo el vertedero de desechos a cielo abierto, la estación de transferencia de residuos en PB y los baños públicos en los cayos.

Los baños públicos de los cayos consisten en la instalación de piezas sanitarias sobre un tanque séptico abierto en la parte inferior, el sistema posee un lecho de grava que permite la retención de los sólidos en la parte superior y la infiltración del líquido al subsuelo. Este tipo de sistemas no es adecuado para los cayos del parque, esto porque no elimina los organismos patógenos del agua residual lo cual representa un riesgo para la salud pública. Además, el nivel freático en los cayos es cercano a la superficie y generalmente emerge en lagunas internas por lo que existe un intercambio constante entre el agua del mar y el manto freático, provocando que los microorganismos patógenos (coliformes fecales, entre

otros) puedan llegar a la costa donde se desarrolla la mayor cantidad de actividad turística.

Dentro de Tucacas existe un número importante de desarrollos inmobiliarios de gran tamaño que no están conectados a la red de saneamiento pública, algunos de estos poseen planta de tratamiento de aguas residuales que no se encuentran operativas y no depuran correctamente los efluentes, otras no poseen plantas para el tratamiento de sus efluentes, y lo que es común para ambos casos es la descarga de efluentes contaminados directamente a la costa. Esta situación debe supervisarse y regularse de acuerdo a la normativa ambiental existente, ya que incumplen abiertamente los requisitos legales vigentes en Venezuela, además toma mayor importancia al realizar estas descargas cerca de un área con la fragilidad ecológica del PNM.

A continuación se presentan las medidas a tomar por el PGA

a. Disposición temporal de desechos sólidos en la estación del cayo Punta Brava

Para reestructurar y recuperar el área se proponen los siguientes lineamientos:

- Retiro de los desechos acumulados
- Estudio de re-ubicación para la disposición transitoria

Siendo necesario contemplar criterios como:

- Rutas de recolección marino-terrestre existentes
- Tiempo y distancia a estación de transferencia
- Sensibilidad ambiental del nuevo punto de almacenamiento
- Participación comunal activa

Las nuevas instalaciones deben contemplar los siguientes requisitos:

- Impermeabilización
- Sistema de recolección de líquidos
- Protección de los desechos
- Ventilación
- Accesibilidad y señalización

b. Sistema de tratamiento de aguas residuales para los cayos del PNM

Analizando las necesidades y características específicas de los cayos del Parque Nacional, se determinó que existen varias condiciones que son

esenciales para el sistema de tratamiento de aguas residuales a instalar:

- Cero vertidos
- Baja mecanización
- Fácil operación y mantenimiento
- Aportar una mejora ambiental evidente

Las primeras acciones a tomar serán:

- Estimar el caudal del agua residual a tratar
- Caracterizar el agua residual a tratar
- Describir el sistema de tratamiento y sus componentes
- Desarrollar las recomendaciones de diseño y constructivas del sistema natural de tratamiento
- Elaborar lineamientos de puesta en marcha, operación y mantenimiento del sistema natural de tratamiento

Se recomienda la instalación de unidades del tipo Sistema Natural de Tratamiento que consiste en un humedal artificial de flujo subsuperficial con tres unidades complementarias.

La primera unidad corresponde a un canal de rejillas, que funciona como una cámara de inspección que evita el paso de sólidos de gran tamaño que puedan afectar la operatividad de las unidades posteriores.

La segunda unidad de tratamiento es un tanque séptico capaz de eliminar sólidos suspendidos y material flotante, realizar el tratamiento anaerobio de lodos y almacenar lodos y material flotante.

Finalmente, se recomienda implantar un lecho de secado de arena, ya que el tanque séptico al ser un recinto cerrado sin purga de lodos, necesita periódicamente la extracción de lodos y natas, en consecuencia es necesario diseñar y contar con un lugar para la deshidratación y estabilización de estos, en este sentido el lecho de secado atiende la necesidad de la planta de tratamiento y es una medida económica, de fácil manejo e implantación (Romero, 2005).

Recomendaciones para la red de saneamiento

La red de saneamiento debe considerar los siguientes requisitos:

- La red debe ser separativa, preferiblemente desde el origen, todos los establecimientos y hogares deben contemplar la separación de las aguas pluviales de las aguas residuales
- Vida útil: mínimo 50 años
- Impermeabilidad
- Trazado: la red debe ser lo más recta posible, es importante el cálculo de la pendiente y de las velocidades de conducción a fin de evitar acumulación de sólidos o coagulación de grasas en la superficie del agua por bajas velocidades del fluido.

Recomendaciones técnicas para el cierre del vertedero de Tucacas:

Inicialmente deben realizarse una serie de actividades que permitirán retomar el control del vertero e impedir que sigan descargándose desechos en la zona afectada, ya que parte del problema que existe en Tucacas es la poca regulación del área, en este sentido podemos señalar como actividades prioritarias:

- Trasladar la población que habita en el vertedero
- Inhabilitar rutas de acceso
- Diagnosticar la situación:
 - Tipo de desechos existentes
 - Estabilidad de las pilas de desechos
 - Estudio topográfico, hidrológico (superficial y subterráneo) y edáfico
 - Análisis de riesgos
- Cierre técnico del vertedero
 - Movilización de los desechos
 - Estabilización de los desechos
- Monitoreo

Discusión

Identificación de causas

Según recientes investigaciones (Jackson et al., 2014) el deterioro de los arrecifes coralinos es debido a distintos factores naturales y antropogénicos. Estas conclusiones complementan la opinión de muchos investigadores acerca de la importancia del calentamiento del océano, su acidificación y otros problemas globales (ISRS, 2015) y enfatiza la importancia

crítica desde una perspectiva histórica y local para la conservación de estos ecosistemas. Otras investigaciones también concluyen que la degradación de los corales es una tendencia desde hace miles de años, por lo que podrán recuperarse sin acciones concretas en cada arrecife (Pandolfi, et al., 2003).

Las conclusiones de Jackson suponen que en la conservación de los arrecifes costeros se debe jerarquizar un enfoque local, identificando y eliminando las causas y fuentes específicas de degradación.

Legislación ambiental

La revisión de bibliografía y las entrevistas con actores institucionales evidenciaron que existen suficientes normas referentes a la gestión ambiental de la zona, pero muchas de ellas no se aplican o se incumplen.

El análisis de cumplimiento de la legislación ambiental realizada evidencia que la prioridad en este sentido no debe ser el desarrollo de nuevas normas y estándares legales, sino el de mecanismos y recursos específicos para su aplicación.

Ordenamiento territorial

La falta de planificación y control permite que las intervenciones urbanas se concentren excesivamente en las zonas de mayor rentabilidad (franja costera) invadiendo la faja de defensa de costas prevista por la Ley, haciendo en algunos casos desaparecer las playas.

Para ser sostenible la planificación estratégica del territorio debe tener un carácter abierto y flexible, ser adaptable a cambios a largo plazo y contemplar intereses públicos y privados. Debe contener los objetivos estratégicos consensuados para el desarrollo de las zonas aledañas al PNM, en la que se incluyan los proyectos de cada etapa del desarrollo de la zona.

Aspectos ambientales significativos

Considerando los resultados de la evaluación realizada, se identificó la importancia (en porcentaje) de cada AA identificado (Tabla 9) comparando el número de aspectos ambientales por cada grupo de actividades en relación al total de AA; siendo las actividades más relevantes: (1) crecimiento poblacional,

Tabla 9. Relevancia de cada categoría de aspectos ambientales del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela

Categorías de aspectos ambientales	Porcentaje
Residuos sólidos	29,5
Efluentes	24,6
Emisiones atmosféricas	16,4
Otros	11,5
Ruidos	9,8
Consumos/pérdidas	8,2

(2) manejo de desechos sólidos, (3) transporte de turistas, (4) operación de restaurantes.

Aunque la importancia de cada categoría no depende exclusivamente de la cantidad de AA que ésta engloba, sino de la severidad de los mismos, resulta beneficioso este enfoque pues deben diseñarse medidas de gestión puntuales a cada aspecto ambiental, de manera que las categorías que engloben más aspectos ambientales (residuos y efluentes) requerirán un plan de gestión más exhaustivo y posiblemente más costoso.

Casos similares

El caso del PNM no es único, existen varios ejemplos de ecosistemas marino costeros que se han visto degradados a lo largo del tiempo debido a la creciente presión antrópica ejercida desde las costas.

La bahía de Jakarta, Indonesia, es un ejemplo donde se ha detectado cómo la contaminación traída por los ríos del área metropolitana ha degradado progresivamente la salud de los ecosistemas costeros (Rees et al., 1999; van der Meij et al., 2009).

La costa este de China, es otro caso donde se han realizado estudios que no sólo corroboran el hecho de que la contaminación traída por los ríos conlleva a la ausencia de organismos bentónicos cerca de las desembocaduras (Zhang et al., 2017), sino que además han correlacionado impactos sobre los ecosistemas con el crecimiento poblacional (Sun et al., 2017; Zhang et al., 2017).

La relación presión antrópica/salud de los ecosistemas, observada al comparar los arrecifes cercanos a los centros urbanos (como PB) con los que se encuentran alejados de las ciudades (como Cayo Sombrero) no es única del PNM. Esta tendencia en la que la salud de los ecosistemas aumenta según se

aleja de la costa y de las presiones antrópicas fue reportado también en la provincia de Zhejiang, China (Zang et al., 2017).

La degradación de origen antrópico de los ecosistemas está despertando cada día más interés en los estados, pues los servicios ecosistémicos tienen un valor económico que puede ser calculado. Por ejemplo, la pérdida de 32.346 ha de humedales corresponden a 806 millones de dólares al año en servicios ecosistémicos (Sun et al., 2017)

Políticas de restricción sobre la presión antrópica han resultado positivas para la salud de los ecosistemas. El gobierno de la ciudad de Zhoushan, China, restringió el número de turistas disminuyendo la presión antrópica, mejorando la salud de los ecosistemas (Zhang et al., 2017).

No sería difícil establecer una correlación entre la salud pública en la zona de Tucacas y la degradación de los ecosistemas costeros.

Conclusiones

Los aspectos ambientales originados de acciones antrópicas más relevantes (residuos sólidos y efluentes) coinciden con otras investigaciones que proponen que el aumento de la sedimentación proveniente de los ríos y la sobrepoblación son los principales agentes de deterioro de los arrecifes coralinos, en este caso del Parque Nacional Morrocoy (PNM).

Lo observado en campo y los resultados del análisis concuerdan con el patrón encontrado por otros investigadores, donde los arrecifes con peor estado de salud son los próximos a las zonas costeras y con alta presión antrópica, mientras que los más alejados del continente presentan un mejor estado de salud.

El Plan de Gestión Ambiental que puede resultar de la evaluación de aspectos ambientales se ajusta a las necesidades actuales del PNM, y puede ser un complemento muy valioso para el Plan de Manejo con que cuenta esta área protegida (que permita actualizarlo y hacerlo tangible).

La evaluación del cumplimiento de la legislación ambiental, realizada en este estudio, evidencia que el verdadero problema es el cumplimiento de la legislación y no su ausencia.

Falta de planificación y control concentran excesivamente actividades no gestionadas en la faja de

defensa de la costa, arriesgando el uso sostenible de estos ecosistemas.

Financiación. Este artículo derivó de distintos estudios realizados por INCOSTAS en el Parque Nacional Morrocoy, por solicitud de instituciones públicas y privadas, durante el año 2015.

Contribuciones de autoría. Latchinian, A.: coordinación general y planificación de la investigación. Redacción del artículo. Dopazo, C.: análisis de impactos en el medio marino. Revisión del documento final. Revisión bibliográfica. Porras, J.A.: relevamiento de campo, entrevistas con actores locales, identificación de actividades y aspectos ambientales, revisión bibliográfica. Reid, J.: elaboración de piezas gráficas, análisis territoriales, evaluación de la sensibilidad del medio costero. Piñango, A.: elaboración del plan de gestión y recomendación de medidas de monitoreo ambiental.

Conflicto de intereses. El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaran no tener algún conflicto de interés que coloque en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

Bibliografía

- Bone, D., Croquer, A., Klein, E., Pérez, D., Losada, F., Martín, A., Bastidas, C., Rada, M., Galindo, L., Penchaszadeh, P., 2001. Programa CARICOMP: monitoreo a largo plazo de los ecosistemas marinos del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Interciencia* 26, 457-462.
- Bone, D., Losada, F., Weil, E., 1993. Origin of sedimentation and its effect on the coral communities of a Venezuelan National Park. *Ectropicos* 6(1), 10-21.
- Bone, D., Spiniello, P., Solana, P., Martín, A., García, E., López, J., La Barbera, A., Gómez, S., Pérez, D., Vera, B., Barreto, M., Zoppi, E., Miloslavich, P., Bitter, R., Klein, E., Villamizar, E., Losada F., Posada, J., 2005. Estudio Integral del Sistema Parque Nacional Morrocoy con vías al desarrollo de planes de uso y gestión para su conservación. Informe final. Universidad Simón Bolívar; Universidad Central de Venezuela; Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda; Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Caracas. 938 p.
- Del Mónaco, C., Noriega, N., Narciso S., 2011. Nota sobre la densidad y tasa de depredación de *Coralliophila abbreviata* y *Coralliophila caribaea* sobre colonias jóvenes de *Acropora palmata* en un arrecife deteriorado de Cayo Sombrero, Parque Nacional Morrocoy,

- Venezuela. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 39, 161-166. DOI: 10.4067/S0718-560X2011000100015
- Instituto Nacional de Estadística (INE), 2011. Informe geoambiental 2011. Estado Falcón. Disponible en: http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid consultado marzo, 2016.
- International Organization for Standardization (ISO), 2004. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso, ISO 14001:2004 (ES). Génova, Italia.
- International Society for Reef Studies (ISRS), 2015. ISRS consensus statement on climate change and coral bleaching, October 2015. Prepared for the 21st Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Paris.
- Jackson, J., Donovan, M., Cramer, K., Lam, V. (Eds.), 2014. Status and trends of caribbean coral reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Suiza.
- Laboy-Nieves, E., Klein, E., Conde, J., Losada, F., Cruz, J., Bone, D., 2001. Mass mortality of tropical marine communities in Morrocoy, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 68, 163-179.
- Martínez, K., Rodríguez-Quintal, J., 2012. Caracterización de las colonias de *Acropora palmata* (Scleractinia: Acroporidae) en cayo Sombrero, Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 51, 67-74.
- Pandolfi, J., Bradbury, R., Sala, E., Hughes, T., Bjorndal, K., Cooke, R., Mcardle, D., Mcclenachan, L., Newman, M., Paredes, G., Warner, R., Jackson, J., 2003. Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science* 301, 955-958. DOI: 10.1126/science.1085706
- Sun, X., Li, Y., Zhu, X., Cao, K., Feng, L., 2017. Integrative assessment and management implications on ecosystem services loss of coastal wetlands due to reclamation. *J. Cleaner Prod.* 163(Suplemento), S101-S112. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.10.048
- Van der Meij, S., Moolenbeek, R., Hoeksema, B., 2009. Decline of the Jakarta Bay molluscan fauna linked to human impact. *Mar. Pollut. Bull.* 59, 101-107. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.02.021
- Villamizar, E., 2000. Estructura de una comunidad arrecifal en Falcón, Venezuela, antes y después de una mortalidad masiva. *Rev. Bio. Trop.* 47(Suplemento), 19-30. DOI: 10.15517/rbt.v48i1.29332
- Villamizar, E., Rodríguez, J., 2005. La herbivoría en la generación de sustrato libre y su importancia en la recuperación de los arrecifes coralinos. *Agenda Parque Nacional Morrocoy. Un estudio integrado. Informe final. Tomo II, Parte 2: Informes individuales y artículos.* Caracas. pp. 683-695.
- Zhang, F., Sun, X., Zhou, Y., Zhao, C., Du, Z., Liu, R., 2017. Ecosystem health assessment in coastal waters by considering spatio-temporal variations with intense anthropogenic disturbance. *Environ. Modell. Softw.* 96, 126-139. DOI: 10.1016/j.envsoft.2017.06.052