



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
PROGRAMA DE POSGRADO**

Impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos de la cuenca del río Yuna y sus efectos en el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, República Dominicana

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Madeline Patricia Llanos Dietsch

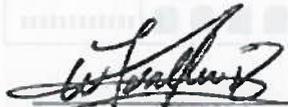
Turrialba, Costa Rica

2021

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

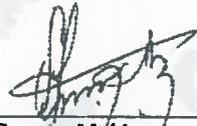
FIRMANTES:



William Jefferson Watler Reyes

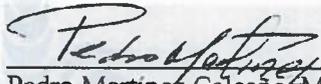
William Watler Reyes, M.Sc.

Codirector de tesis



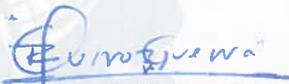
Sergio Velásquez Mazariegos, M.Sc.

Codirector de tesis



Pedro Martínez Calcaño, M.Sc.

Miembro Comité Consejero



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.

Decano, Escuela de Posgrado



Madeline Patricia Llanos Dietsch

Candidata

DEDICATORIA

A mis padres, Evaristo Llanos y Shailys Dietsch, por motivarme a crecer como profesional y su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A mis hermanos, Rafael Enrique Llanos, Rafael Eduardo Llanos y Angela Llanos por servir de ejemplo, creer en mí e impulsarme a dar siempre lo mejor.

A mis padrinos, Soraya Dietsch y Elías Veras, por depositar su confianza en mí y apoyarme en cada paso que doy.

A mis parientes y amigos, por sus palabras de afecto y su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por confiar en mí y apoyarme a la distancia. Gracias por la motivación durante estos años de estudio y darme palabras de inspiración para mejorar cada día.

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT), por la oportunidad de capacitación y la confianza depositada.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por la formación profesional.

A mis profesores consejeros, William Watler, Sergio Velásquez y Pedro Martínez, por creer en mí, por su acompañamiento y por el gran aporte de conocimientos durante todo el proceso del trabajo de investigación.

Al equipo del Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno, por la colaboración y apoyo durante el trabajo de campo y desarrollo de la investigación.

Al estimado Alfredo Mena, por el soporte, atención y velar por el bienestar.

Al equipo técnico y profesional del CATIE, por compartir sus conocimientos y hacer de esta una gran experiencia.

A los amigos y compañeros por hacerme sentir como en casa y estar presentes, impulsándome en los momentos difíciles. En especial, a Cecilia Guerra, Yolanny Rojas, Venuz López, Samuel Aybar, Albert Ortega, Jeison Gomes, Enelvi Brito y Félix Cercas.

CONTENIDO

Artículo 1. Impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos de la cuenca del río Yuna y sus efectos en el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, República Dominicana .	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	5
2.1 Área de estudio	5
2.2 Procedimiento metodológico	8
2.2.1 Adaptación y validación de la guía de evaluación rápida: <i>Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation</i>	9
2.2.2 Estimación del nivel de afectación por sedimentos del manglar con base en la guía de evaluación rápida: <i>Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation</i> adaptada a la zona de estudio	15
2.2.3 Modelación de escenarios de cambio de uso del suelo en la cuenca y su impacto en el flujo de sedimentos.....	21
2.2.4 Propuesta de actividades de manejo de la cuenca para minimizar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos	28
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1 Guía de evaluación rápida adaptada a la zona de estudio.....	28
3.2 Nivel de afectación por sedimentos del manglar con base en la guía de evaluación rápida <i>Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation</i> adaptada a la zona de estudio	32
3.2.1 Escala de cuenca en dimensión de Estado Físico	34
3.2.2 Escala de cuenca en dimensión de Gobernanza.....	37
3.2.3 Escala de delta en dimensión de Estado Físico.....	40
3.2.4 Escala de delta en dimensión de Gobernanza.....	40
3.2.5 Escala de costa en dimensión de Estado Físico	42
3.2.6 Escala de costa en dimensión de Gobernanza	43
3.3 Escenarios de cambio de uso del suelo en la cuenca y su impacto en el flujo de sedimentos	46
3.4 Actividades de manejo de la cuenca para minimizar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos	49
4. CONCLUSIONES	51
5. RECOMENDACIONES.....	52
6. LITERATURA CITADA	53
7. ANEXOS	57

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Escalas, dimensiones y cantidad de criterios e indicadores de la guía de evaluación rápida <i>Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation</i>	9
Cuadro 2. Formato de encuesta utilizado para la validación de los criterios e indicadores con expertos	11
Cuadro 3. Criterios excluidos escala de Sitio en Estado Físico y Gobernanza por considerarse redundantes con los criterios de costa y delta	12
Cuadro 4. Criterios excluidos escala de Cuenca en Estado Físico por limitaciones de tiempo y recursos.....	13
Cuadro 5. Criterios excluidos escala de Delta en Estado Físico por limitaciones de tiempo y recursos.....	13
Cuadro 6. Criterio a, escala de Cuenca en Estado Físico de la guía	14
Cuadro 7. Criterio a, escala de Cuenca en Estado Físico, modificado.....	14
Cuadro 8. Criterio c, escala de Cuenca en Estado Físico de la guía	15
Cuadro 9. Criterio c, escala de Cuenca en Estado Físico, modificado.....	15
Cuadro 10. Fuentes de insumos para la corrida del modelo.....	24
Cuadro 11. Guía de evaluación rápida <i>Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation</i> adaptada a la zona de estudio.....	28
Cuadro 12. Resumen general de resultados obtenidos para los criterios evaluados	33
Cuadro 13. Resumen de resultados y problemas claves para cada escala-dimensión presentados con los principios de moda y valor mínimo	44
Cuadro 14. Porcentaje de área de los municipios que corresponden a la cuenca del río Yuna y su población.....	59
Cuadro 15 .Porcentaje de personas económicamente activas involucradas en las actividades desarrolladas en la cuenca del río Yuna	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio, cuenca del río Yuna, República Dominicana	6
Figura 2. Proceso metodológico para determinar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos de la cuenca del río Yuna del PNMBY, República Dominicana.....	8
Figura 3. Proceso metodológico de adaptación de la guía rápida de evaluación: <i>Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation</i>	10
Figura 4. Proceso metodológico para la evaluación del impacto de la intervención humana en el PNMBY, República Dominicana	16
Figura 5. Insumos para corrida del modelo de Sediment Delivery Ratio (SDR).....	23
Figura 6. Producción potencial de sedimentos (ton/ha/año) bajo escenario de usos y cobertura del suelo del 2020, muros de presas, red hídrica y aguas remansadas de la cuenca del río Yuna.	35
Figura 7. Acreción de la costa del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna en los últimos 30 años.....	36
Figura 8. Resumen de resultados agrupados bajo el principio de moda	45
Figura 9. Resumen de resultados agrupados bajo el principio de precaución.....	45
Figura 10. Potencial de sedimento exportado de la cuenca del río Yuna bajo los escenarios de uso y cobertura de suelo del año 2020, cobertura natural o bosque y escenario de suelo desnudo con cobertura mínima de pasto natural.	47
Figura 11. Potencial de sedimento retenido, exportado y erosión USLE de la cuenca del río Yuna bajo los escenarios de uso y cobertura de suelo del año 2020, cobertura natural o bosque y suelo desnudo con cobertura mínima de pasto natural.....	48

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACESAL	Asociación Comunitario Salto del Limón
ANAMAR	Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos
ASDUBASA	Asociación de Dueños de Barcos de Samaná
CEBSE	Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná
COMUSA	Comité Comunitario Sancho
CTS	Clúster de Turismo de Samaná
DEM	Digital Elevation Model
EITI	Estándar para la Transparencia de las Industrias Extractivas
FALCONDO	Falconbridge Dominicana
FEDOMU	Federación Dominicana de Municipios
IEP	Índice de Erosividad por Precipitación
INDRHI	Instituto Nacional De Recursos Hidráulicos
InVEST	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs
LULC	Land Use/ Land Coverage
MDE	Modelo Digital de Elevación
MIMARENA	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PNMBY	Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna
PRECIS	Providing Regional Climates for Impacts Studies
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
SDR	Sediment Delivery Ratio
SEMARENA	Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistema de Información Geográfica

SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SWAT	Soil and Water Assessment Tool
TES	Tasa de Entrega de Sedimento
TNC	The Nature Conservancy
UCATECI	Universidad Católica del Cibao
UCSC	University of California, Santa Cruz
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USAID	United States Agency for International Development
USLE	Universal Soil Loss Equation
UTECO	Universidad Tecnológica del Cibao Oriental

Artículo 1. Impacto de la Intervención Humana en el Flujo de Sedimentos de la Cuenca del río Yuna y sus Efectos en el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, República Dominicana

Madeline Llanos Dietsch

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Madeline.llanos@catie.ac.cr

Resumen

Las actividades antropogénicas han influido en el flujo de sedimentos de las cuencas a nivel mundial, incrementando la carga que llega a las costas en 2.3 ± 0.6 billones de toneladas métricas por año, a través de actividades que causan la erosión en los suelos, así como reduciéndola, en 1.4 ± 0.3 billones de toneladas métricas por año, a causa de la retención del sedimento por obras ingenieriles como las presas (Syvitski *et al.* 2005). Estos cambios en el flujo de sedimento causan afectación al manglar, cuando la cantidad de sedimento recibida es menor a la natural, la costa retrocede y el manglar muere (Anthony y Goichot 2019), por otro lado, cuando el suministro de sedimento es excesivo debido a la erosión provocada cuenca arriba puede colmatar los manglares, provocando su muerte por asfixia (Ellison 1999). Conservar los ecosistemas de manglar es de suma importancia para países costeros, tal como República Dominicana (Agencia Efe 2019), el cual por su ubicación geográfica, en el centro del archipiélago antillano, es vulnerable a fenómenos naturales (Gómez De Travesedo y Saenz Ramírez 2009). De acuerdo con lo descrito anteriormente, la presente investigación busca dar visibilidad al impacto en torno al flujo de sedimentos que se presentan en la cuenca del río Yuna y el Parque Nacional del bajo Yuna por los efectos de las actividades antropogénicas haciendo uso de la guía de evaluación rápida “*Sediment Flow in The Context of Mangrove Restoration and Conservation*”¹, del módulo de “*Sediment Delivery Ratio*”² del Software INVEST, imágenes satelitales³ y Sistemas de Información Geográfica (SIG)⁴. Los problemas encontrados para la zona de estudio se pueden resumir en incumplimiento de la ley, falta de conciencia social, debilidad institucional, ausencia de planes de manejo y regulaciones, ausencia de línea base y monitoreo, recursos limitados, ausencia de Gobernanza, cambios de usos del suelo, entre otras, impactando en el manglar de manera negativa con el aumento de la carga de sedimentos en aproximadamente un 221% con respecto a la producción bajo escenario de cobertura natural, apropiación de áreas de manglar por lugareños y presencia de desechos sólidos en el manglar. Elaborar y aplicar un plan de manejo para la cuenca del río Yuna, así como para el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, incluida la creación de un comité de cuencas, son acciones claves para lograr el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales a la vez que se vela por su permanencia en el tiempo.

¹ Anthony, E; Goichot, M. (2019). *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation*. s.l., s.e.

² Sharp, R; Tallis, H.; Ricketts, T; Guerry, A.; Wood, S.; Chaplin-Kramer, R; Nelson, E; Ennaanay, D; Wolny, S; Olwero, N; Vigerstol, K; Pennington, D; Mendoza, G; Aukema, J; Foster, J; Forrest, J; Cameron, D; Arkema, K; Lonsdorf, E; Kennedy, C; Verutes, G; C.K, K; Guannel, G; Papenfus, M; Toft, J; Marsik, M; Bernhardt, J; Griffin, R; Glowinski, K; Chaumont, N; Perelman, A; Lacayo, M; Mandle, L; Hamel, P; Vogl, A.; Rogers, L; Bierbower, W; Denu, D; Douglass, J. 2018. InVEST 3.7.0 User's Guide (en línea). s.l., s.e. 1-155 p. Disponible en <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/InVEST#helper-tools>.

³ Sentinel-2 y Landsat

⁴ QGIS 2.18.24 y QGIS 3.10.6

Palabras claves: intervención humana, sedimentos, manglar, cuenca, delta, costa, SIG, InVEST, USLE, río Yuna, República Dominicana.

Abstract

Anthropogenic activities have influenced sediment flow in watersheds worldwide, increasing the load that reaches the coasts by 2.3 ± 0.6 billion metric tons per year, through activities that cause soil erosion, as well as reducing it by 1.4 ± 0.3 billion metric tons per year, given the retention of sediment by engineering works such as dams (Syvitski et al. 2005). When the amount of sediment received is less than the natural amount, the coast retreats and the mangrove die. (Anthony and Goichot 2019), and when the supply of sediment is excessive due to upstream erosion, it can clog the mangroves, causing their death by asphyxiation (Ellison 1999). Conserving mangrove ecosystems is of utmost importance for coastal countries such as the Dominican Republic (Agencia Efe 2019), which due to its geographical location, in the center of the Antillean archipelago, is vulnerable to natural phenomena (Gómez De Travesedo & Saenz Ramírez 2009). In accordance with the above, the present research seeks to give visibility to the impact of anthropogenic activities on sediment flow in the Yuna River basin and the Manglares del Bajo Yuna National Park, using the rapid assessment guide "*Sediment Flow in The Context of Mangrove Restoration and Conservation*"⁵, the "*Sediment Delivery Ratio*"⁶ module of InVEST Software, satellite imagery⁷ and Geographic Information Systems (GIS)⁸. The problems encountered in the study area can be summarized as non-compliance with the law, lack of social awareness, institutional weakness, lack of management plans and regulations, lack of baseline and monitoring, limited resources, lack of governance, changes in land use, among others, impacting the mangrove negatively with increased sediment load of approximately 221% with respect to production under a natural cover scenario, appropriation of mangrove areas by locals and presence of solid wastes in the mangrove. The development and implementation of a management plan for the Yuna river basin as well as for the Manglares del Bajo Yuna National Park, including the creation of a watershed committee, are key actions to achieve the adequate use of natural resources while ensuring their permanence over time.

Keywords: human intervention, sediments, mangrove swamp, basin, delta, coast, SIG, InVEST, USLE, Yuna river, Dominican Republic.

⁵ Anthony, E; Goichot, M. (2019). *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation*. s.l., s.e.

⁶ Sharp, R; Tallis, H.; Ricketts, T; Guerry, A.; Wood, S.; Chaplin-Kramer, R; Nelson, E; Ennaanay, D; Wolny, S; Olwero, N; Vigerstol, K; Pennington, D; Mendoza, G; Aukema, J; Foster, J; Forrest, J; Cameron, D; Arkema, K; Lonsdorf, E; Kennedy, C; Verutes, G; C.K, K; Guannel, G; Papenfus, M; Toft, J; Marsik, M; Bernhardt, J; Griffin, R; Glowinski, K; Chaumont, N; Perelman, A; Lacayo, M; Mandle, L; Hamel, P; Vogl, A.; Rogers, L; Bierbower, W; Denu, D; Douglass, J. 2018. *InVEST 3.7.0 User's Guide* (en línea). s.l., s.e. 1-155 p. Disponible en <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/InVEST#helper-tools>.

⁷ Sentinel-2 and Landsat

⁸ QGIS 2.18.24 y QGIS 3.10.6

1. INTRODUCCIÓN

La influencia de la intervención humana en el flujo de sedimentos trae consigo efectos secundarios en las funciones de las planicies de inundación y los deltas, y en la dispersión de sedimentos en el océano costero. Según Syvitski y Kettner (2011), el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimento inició hace 3000 años, pero se incrementó hace 1000 años.

Entre las actividades antropogénicas que influyen en las variaciones del flujo de sedimento a nivel mundial se menciona: la deforestación, la cual tiene un rol asociado con la erosión del suelo, deslizamientos de tierra y sedimentación río abajo; la ganadería que influye en el desarrollo de barrancos y la erosión del suelo; la agricultura, que incluyendo labranza, terrazas, sistemas de riego y extracción de agua subterránea, causa, respectivamente, aumento de la erosión del suelo, arrastre, sedimentación y hundimiento; la minería, que tiene un rol asociado en la alteración del canal del río, inestabilidades de la pendiente y hundimiento; la reubicación de vías fluviales con obras ingenieriles como embalses y represas, desvíos, diques de canales, profundización de canales y enfoque de descarga, causando erosión de la costa; el manejo de costas a través de espigones, muelles, diques, rompeolas y puertos, que provocan erosión o sedimentación costera no natural, causando la alteración de humedales, manglares y dunas; la sobreexplotación de los recursos de manglar para usos como leña, material de construcción, carbón y sobrepesca y otros factores como contaminación, acuicultura, turismo, urbanización e industrialización (Syvitski y Kettner 2011; Lavieren *et al.* 2012; UCSC *et al.* 2019).

La sedimentación en deltas de la mano con los nutrientes y la renovación continua con agua fresca son factores primordiales para mantener los manglares saludables y abundantes. Los sustratos fangosos requieren un adecuado suministro de sedimento para balancear las acciones de la subsidencia de los deltas, el aumento del nivel del mar y la resuspensión de las partículas por corrientes y olas (Anthony y Goichot 2019).

Cuando existe buen suministro de sedimentos, es decir, cuando la cantidad de sedimento que llega al manglar es similar a la que llegaría en condiciones naturales, los manglares cumplen un rol de construcción y ampliación de islas además de su rol de protección en la disipación de energía de las olas. Cuando el suministro se ve reducido o en déficit, el sustrato se erosiona y la costa disminuye (Anthony y Goichot 2019). Por el contrario, cuando el suministro de sedimento es excesivo o mucho mayor al que sería generado en condiciones naturales, debido a la erosión provocada cuenca arriba, éste puede colmatar los manglares provocando su muerte por asfixia (Ellison 1999).

Los manglares son ecosistemas considerados como la zona de contacto entre las comunidades terrestres y marinas, diariamente reciben agua salada del océano y agua dulce de los ríos y arroyos terrestres o subterráneos, cargadas de nutrientes y sedimentos (Calderón *et al.* 2009). Se caracterizan por su resistencia a la salinidad del agua y porque contienen un complejo sistema de raíces, que se extienden por debajo y encima del nivel del agua que permiten su estabilización evitando así la erosión de las costas y proveyendo un hábitat idóneo para una amplia variedad de peces y otros organismos. Otros servicios provistos por estos ecosistemas son: suministro de madera, alimentos, medios de subsistencia, protección de la biodiversidad, filtración del agua, protección costera contra ciclones y tsunamis, almacenamiento de carbono, entre otros. Se estima que su valor ronda los \$33,000 a \$57,000 dólares estadounidenses por

hectárea por año a la economía nacional de los países en desarrollo que cuentan con manglares (Global Mangrove Alliance 2020).

A pesar del valor que tienen, siguen siendo degradados por la intervención humana a un ritmo acelerado producto de los cambios en uso de las tierras, explotación para el aprovechamiento de madera, producción de alimentos y pesca, turismo, desarrollo costero por medio de construcciones de puertos y vías de acceso y el cambio climático (Chowdhury *et al.* 2017; Hayashi *et al.* 2018; Hoque *et al.* 2020). Se considera que, de continuar con estas prácticas, los manglares podrían desaparecer funcionalmente para el año 2100 (Global Mangrove Alliance 2020).

Conservar los ecosistemas de mangle es de suma importancia para países costeros, como República Dominicana (Agencia Efe 2019), el cual por su ubicación geográfica, en el centro del archipiélago antillano, es vulnerable a fenómenos naturales (Gómez De Travesedo y Saenz Ramírez 2009).

República Dominicana cuenta con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), que cubre una superficie terrestre de 12,085.04 km², equivalente al 25.07% del territorio nacional y una superficie marina de 45,904.39 km², de los cuales 274 km² corresponden a 55 localidades de manglares (MIMARENA 2020). Dentro de las localidades de manglares se encuentra el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna (PNMBY), parte del área de estudio, ubicado en la provincia de Samaná en la región Cibao Noreste de la República Dominicana (Figura 1), que ocupa el primer lugar en extensión del país con un área aproximada de 121.16 km². La agricultura, la ganadería y la pesca en el parque son consideradas como las principales actividades económicas de las zonas aledañas. A pesar de conformar los manglares más extensos de República Dominicana, se encuentra sujeto a un conjunto de amenazas, presiones sociales y limitaciones de gestión que ponen en riesgo su supervivencia (USAID *et al.* 2012).

El PNMBY recibe agua dulce y sedimentos del río Yuna, considerado como el más caudaloso y el segundo en importancia del país (Robinson 2009; Sadio 2008). Su cuenca comprende una extensión aproximada de 5,266.05 km² de las regiones Cibao Norte, Cibao Noreste, Cibao Sur y en menor parte de la región sureste (Figura 1).

El Plan de Conservación del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, publicado en el 2012, cuya elaboración estuvo a cargo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) en conjunto con el Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná (CEBSE), *The Nature Conservancy* (TNC) y *la United States Agency for International Development* (USAID). Para elaborar el Plan fue realizada la caracterización y el diagnóstico de la zona, donde se determinaron las principales amenazas, conflictos y presiones del manglar y fueron agrupadas en: presencia de presas en la parte alta de la cuenca, canalización para agricultura en la parte baja, aguas residuales agrícolas, expansión de las áreas ganaderas, desechos provenientes de la minería en la parte alta, aguas residuales de las comunidades, prácticas de pesca no sostenibles, basura y desecho sólidos arrastrados por los ríos y arroyos, explotación minera de la arena de los ríos, corte de manglares para la agricultura y acuicultura, sedimentación por agricultura en pendiente en la parte alta, entre otras. Con base en las amenazas expuestas, el Plan de Conservación del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna propone un conjunto de estrategias de conservación orientadas a la protección y

vigilancia, educación social, Gobernanza, participación e investigación y monitoreo para lograr un manejo efectivo del parque (USAID *et al.* 2012).

La investigación se centró en determinar el impacto en el manglar producto de la intervención humana en el flujo de sedimentos a tres escalas: cuenca, delta y costa; a través de la generación de un marco de trabajo de dos dimensiones: Estado Físico y Gobernanza logrado por medio de la adaptación y aplicación de la guía de evaluación rápida: *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation*, a la zona de estudio (Anthony y Goichot 2019; Hayashi *et al.* 2019). Además se realizó la modelación de sedimentos bajo diferentes escenarios de usos del suelo, utilizando el modelo *Sediment Delivery Ratio* del software *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST), con el fin de establecer en qué porcentaje afectan los cambios de uso del suelo al flujo de sedimentos en la cuenca (Leon *et al.* 2015; Chowdhury *et al.* 2017; Vieira *et al.* 2019). El impacto de la intervención humana en la flujo de sedimentos ha sido abordado por otros autores, a saber: Zambrano (2015); Leon *et al.* (2015); El Jazouli *et al.* (2017); Piman y Shrestha (2017) con metodologías similares. Se finalizó con propuestas de actividades de manejo y gestión de la cuenca para minimizar el impacto de la intervención humana en la conservación de los manglares del PNMBY.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

La cuenca del río Yuna y el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna (PNMBY), comprenden áreas de las provincias de Santiago (5.18%) y Espaillat (29.78%) de la región Cibao Norte, Hermanas Mirabal (52.71%), María Trinidad Sánchez (0.42%), Duarte (76.34%) y Samaná (2.29%) de la región Cibao Noreste, Monseñor Nouel (99.46%), Sánchez Ramírez (99.61%) y La Vega (42.65%) de la región Cibao Sur, San José de Ocoa (1.52%) de la región Valdesia y Monte Plata (7.62%) de la región sureste de la República Dominicana (Figura 1).

El PNMBY, creado por decreto no. 233, forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de República Dominicana desde el 3 de julio de 1996, comprende áreas de las provincias de María Trinidad Sánchez, Duarte y Samaná, al noreste de la República Dominicana (Figura 1). Los Manglares tienen una superficie de 121.16 km², razón por la cual son considerados como los de mayor extensión del país (USAID *et al.* 2012). El PNMBY se encuentra en la parte baja de la cuenca del río Yuna, el cual, según Sadio (2008), Robinson (2009) y Heredia (2010), es considerado el más caudaloso con un caudal de 2,375,106 m³ por año, segundo en importancia por longitud del país con 209 km. La cuenca tiene una superficie aproximada de 5,266.05 km², ocupando un 10.87% del territorio nacional.

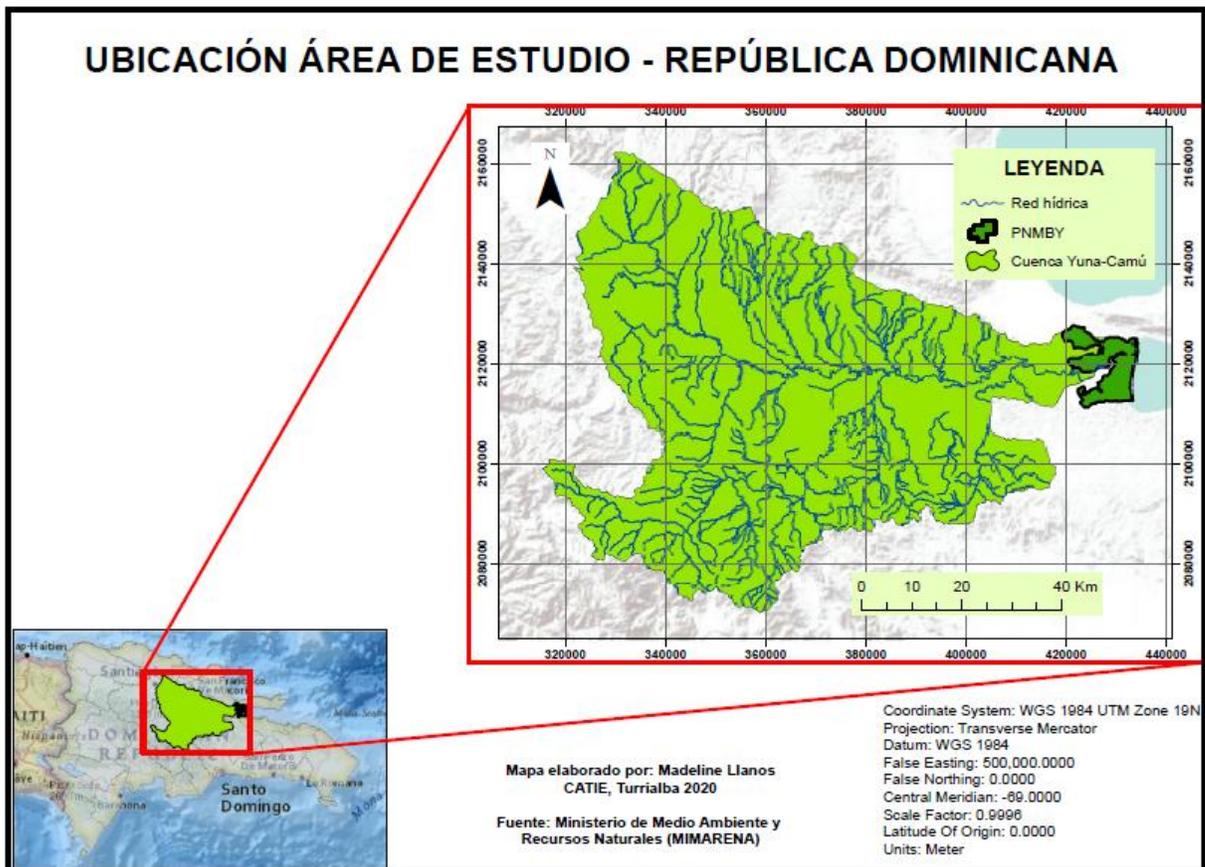


Figura 1. Ubicación del área de estudio, cuenca del río Yuna, República Dominicana

Presenta precipitaciones de 270 a 1369 mm por año y temperaturas desde 19°C a 31.2°C, según datos observados de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) para el período comprendido entre 1989 a 2019. En cuanto al relieve, haciendo uso del modelo digital de elevación (MDE), se muestran áreas que van desde 0 m.s.n.m, en la zona que comprende el PNMBY, hasta los 2,846 m.s.n.m en el Parque Nacional Valle Nuevo a aproximadamente 15 km del municipio de Constanza. La composición de los suelos consiste en un 61% de terrenos escabrosos de montaña, seguido por un 11% de suelos de origen ígneo, volcánico y metamórfico, 8% de suelos de origen calcáreo, 6% de terrenos carsicos, 6% de suelos aluviales recientes, 4% de suelos de sabana, 3% suelos arcillosos no calcáreos, 0.6% de suelos orgánicos y un 0.3% de ciénagas (Asociaciones de suelo... 2016). Con respecto a la cobertura y usos del suelo del año 2020, la mayor parte de la zona está cubierta por bosque, 45.93% de la cuenca, seguido por cobertura de cultivos con 21.81%, pastos con 10.54%, matorrales con 9.32%, zonas urbanas con 9.40%, vegetación inundada con 1.88%, cuerpos de agua con 0.90%, entre otros usos.

La cuenca del río Yuna y el PNMBY abarcan áreas con más del 80% de la superficie de los municipios de Arenoso, Castillo, Pimentel, Villa Riva, Las Guáranas, Eugenio María de Hostos, Cayetano Germosén, La Vega, Jima Abajo, Villa Tapia, Cotuí, Cevicos, Fantino, La Mata, Licey al Medio, Tamboril, Puñal, Bonaó, Maimón, Piedra Blanca y proporciones menores a 30% en los municipios de Constanza, Jarabacoa, El Factor, Puerto Plata, Tenares, Sánchez, Santiago, Monte Plata, Sabana Grande de Boyá, Peralvillo y Rancho Arriba. Para el año 2010 sumaban un total de 2,440,791 habitantes. Cabe destacar que debido a que no todos

los municipios entran dentro del área de estudio en su totalidad, la población mencionada es un aproximado (ver Anexo 2) (Oficina Nacional de Estadísticas 2013).

En lo concerniente a las principales actividades productivas de la cuenca, se encuentran: el comercio al por mayor y al por menor, agricultura, ganadería, caza y silvicultura, industrias manufactureras, construcción, transporte, almacenamiento, comunicaciones y servicios domésticos (ver Anexo 3) (Oficina Nacional de Estadísticas 2013). Así mismo, las actividades principales de las comunidades más cercanas al parque son la agricultura, ganadería y pesca, donde la mayor producción agrícola consiste en la siembra de arroz, la ganadería en el pastoreo de vacunos y la pesca intensiva de camarones (USAID *et al.* 2012).

2.2 Procedimiento metodológico

El proceso metodológico desarrollado para determinar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos y sus efectos en el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, se presentan a continuación.

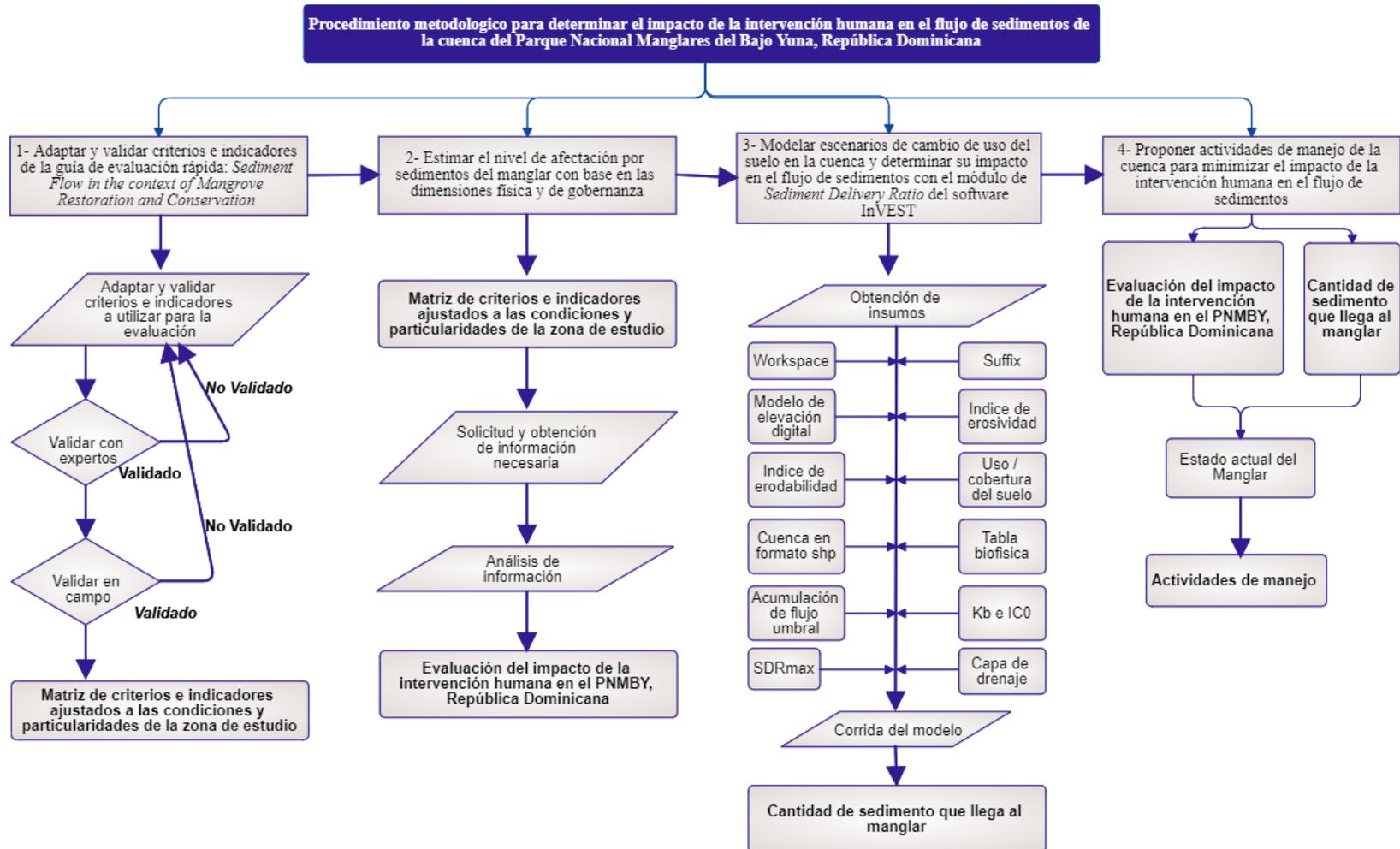


Figura 2. Proceso metodológico para determinar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos de la cuenca del río Yuna del PNMBY, República Dominicana

2.2.1 Adaptación y validación de la guía de evaluación rápida: *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation*

La función de la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation* es explicada por Anthony y Goichot (2019:34) de la siguiente manera:

Es una evaluación rápida con el objetivo de identificar áreas que necesitan mayor atención, ya sea compilando o realizando más investigación o llenando vacíos de datos; además, permite fomentar una mayor conciencia entre ciertos grupos de partes interesadas, mejorar las políticas, marcos de Gobernanza o medidas de ejecución.

La guía consiste en evaluaciones de escritorio y de campo para determinar cómo afecta la intervención humana en el flujo de sedimento que llega a los manglares. Es una metodología de evaluación rápida basada en información secundaria y criterios subjetivos, centrada en los aspectos de Estado Físico y de Gobernanza para cada una de las 4 escalas (cuenca, delta, costa y sitio), lo que conforma un total de ocho⁹ evaluaciones (dos para cada escala). Para cada una de las evaluaciones hay criterios e indicadores (indiferenciados), que se valúan en cuatro niveles (excelente, bueno, problemático, pobre) (Anthony y Goichot 2019). Cada nivel de evaluación se relaciona con un color, donde el azul hace referencia a excelente, el verde a bueno, el amarillo a problemático y el naranja a pobre.

Cuadro 1. Escalas, dimensiones y cantidad de criterios e indicadores de la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation*

Escala	Dimensión	Criterios e indicadores
Cuenca	Estado Físico	6
	Gobernanza	5
Delta	Estado Físico	4
	Gobernanza	5
Costa	Estado Físico	4
	Gobernanza	5
Sitio	Estado Físico	4
	Gobernanza	3

La guía presenta los resultados en un diagrama de araña y un cuadro donde se muestra la puntuación final obtenida por evaluación y los problemas clave (Anthony y Goichot 2019).

La investigación se realizó a partir de la adaptación de la guía de evaluación rápida, *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation*, a la zona de estudio. La adaptación de la metodología inició con la revisión de los criterios e indicadores, seguido del reconocimiento de los expertos residentes en República Dominicana con conocimientos de la zona de estudio, para identificar quienes participarían en el proceso de validación. El

⁹ Ocho son las evaluaciones que hace la Guía Original, en nuestro caso se realizaron las determinadas luego de la adaptación de esta.

reconocimiento se realizó por medio de acercamientos al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), al Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno (CEBSE), al Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC) y haciendo uso de la técnica de bola de nieve. Luego de identificados los expertos, se les realizó la presentación de la investigación vía Zoom, para ponerlos en contexto. Finalmente, los expertos procedieron a llenar una encuesta pre-elaborada (cuadro 4) en donde se mostraban los criterios e indicadores resultantes de la revisión. La encuesta consistió en preguntarles si consideraban de aplicación o no los criterios e indicadores en el contexto de la cuenca a evaluar, con su respectiva justificación del por qué, en caso de considerar que no aplicaba. Además, los expertos tuvieron la posibilidad de proponer nuevos criterios o indicadores que considerarán de importancia para el contexto de la cuenca.

En cuanto a la validación de la guía en campo, la cual fue necesaria para la dimensión de Estado Físico de las cuatro escalas que componen la guía (cuenca, delta, costa y sitio), se realizó una evaluación de los recursos necesarios para responder a cada uno de los criterios y se identificaron cuáles criterios podrían ser aplicados y cuáles no, dadas las condiciones de disponibilidad de tiempo y recursos.

A continuación, se muestra el esquema del proceso metodológico de la adaptación y validación de la guía, seguido el formato de la encuesta para la validación de los criterios e indicadores con expertos:

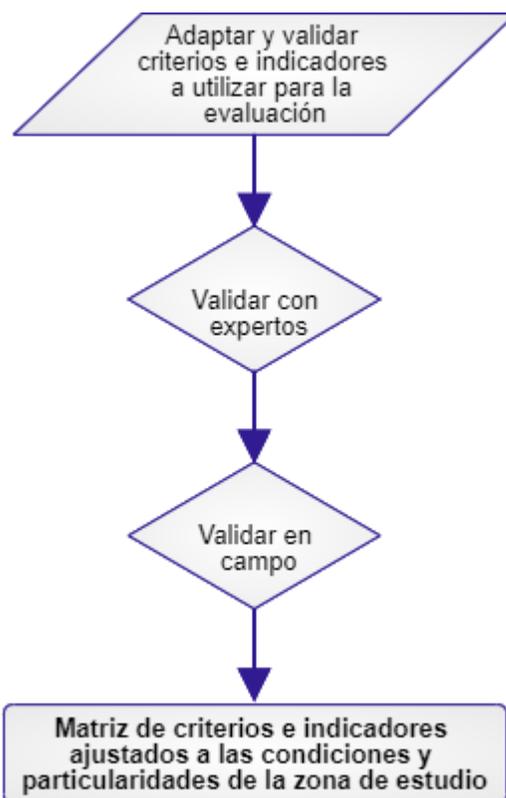


Figura 3. Proceso metodológico de adaptación de la guía rápida de evaluación: *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation*

Cuadro 2. Formato de encuesta utilizado para la validación de los criterios e indicadores con expertos

Cuenca- Estado Físico			
De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Flujo libre del río (según la definición en Grill <i>et al.</i> Nature, 2019)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Construcciones en la cuenca (conectividad longitudinal) de presas que limiten el paso de sedimentos (p. ej. sin salidas de bajo nivel o con grandes razones de almacenamiento a entrada)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Extracción de arena (p. ej. agregados), limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Obstrucciones de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (conectividad lateral)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Erosión limitada a las orillas del río o incisión en el lecho del río, atribuida a procesos naturales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f. Al menos la carga de sedimento natural es entregada al delta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Como resultado de las encuestas aplicadas a los expertos seleccionados para la adaptación de la guía, se obtuvo que estos, en su mayoría, consideraron todos los criterios e indicadores correspondientes a cada escala y dimensión como relevantes e importantes para su evaluación (ver Anexo 4). Sin embargo, fueron excluidos de la guía de evaluación los criterios mostrados en los cuadros 3, 4 y 5 por limitaciones de tiempo y recursos (dada la magnitud de la zona de estudio), o por considerarse redundantes.

Cuadro 3. Criterios excluidos escala de Sitio en Estado Físico y Gobernanza por considerarse redundantes con los criterios de costa y delta

Sitio- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. Manglares saludables en el sitio, con una composición variada y que incluyen etapas de crecimiento jóvenes y pioneros, y evidencia de vida silvestre.</p> <p>b. No hay infraestructura como espigones o malecones que impidan la deposición de sedimentos a lo largo y ancho de la costa ni restrinjan el hábitat de los manglares.</p> <p>c. No hay usos humanos del manglar en el sitio (p. ej. para el desbaste de madera, pesca, extracción de sedimentos y otros).</p>
3 Bueno	<p>a. Se encuentran manglares parcialmente convertidos y degradados en el lugar (>30%).</p> <p>b. Algunas infraestructuras, a pesar de que se encuentran a algo de distancia del lugar.</p> <p>c. Uso limitado del manglar en el sitio.</p> <p>d. Suministro de sedimento menor al suficiente y comienzo de la erosión de la costa.</p>
2 Problemático	<p>a. Manglares fuertemente convertidos y degradados en el lugar (>60%).</p> <p>b. Existen infraestructuras cercanas al sitio.</p> <p>c. Uso humano intensivo de los manglares restantes.</p> <p>d. Erosión activa de las costas.</p>
1 Pobre	<p>a. Manglares dispersos y moribundos en el sitio, sin regeneración natural.</p> <p>b. Infraestructura que impide directamente la deposición de sedimentos y restringe el hábitat de los manglares.</p> <p>c. Uso humano intensivo de los manglares restantes.</p> <p>d. Rápido avance de la erosión de las costas.</p>
Sitio- Gobernanza	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. El sitio es manejado (incluyendo protección, uso adecuado y rehabilitación) con responsabilidades claras, planes adecuados y recursos suficientes.</p> <p>b. Datos de línea base en condiciones naturales en el sitio tales como topografía y batimetría, corrientes, mareas y olas, substrato y vegetación y acreción/erosión de la costa están disponibles, y el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencia correctas.</p> <p>c. Hay conciencia de la comunidad y participación efectiva en la gestión del sitio, así como confianza y acceso de la comunidad a los planes y datos relevantes.</p>
3 Bueno	<p>a. Algunos vacíos con respecto a el manejo del sitio.</p> <p>b. Algunos vacíos con respecto a los datos de línea base y el monitoreo.</p> <p>c. Algunos vacíos con respecto a la conciencia comunitaria, participación, confianza y acceso.</p>
2 Problemático	<p>a. Vacíos significativos con respecto a el manejo del sitio.</p> <p>b. Vacíos significativos con respecto a los datos de línea base y el monitoreo.</p> <p>c. Vacíos significativos con respecto a la conciencia comunitaria, participación, confianza y acceso.</p>
1 Pobre	<p>a. Manejo del sitio no efectivo.</p> <p>b. Datos de línea base y monitoreo no confiables.</p> <p>c. No existe conciencia comunitaria, participación, confianza ni acceso.</p>

Cuadro 4. Criterios excluidos escala de Cuenca en Estado Físico por limitaciones de tiempo y recursos

Cuenca- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	d. No hay obstrucciones de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (conectividad lateral). e. Erosión limitada a las orillas del río o incisión en el lecho del río, atribuida a procesos naturales.
3 Bueno	d. Mínima obstrucción de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (p. ej. terraplenes alrededor de las ciudades). e. La mayoría de la erosión a orillas del río o incisión en el lecho del río puede ser atribuida a procesos naturales.
2 Problemático	d. Los intercambios naturales con el lecho del río son posibles a lo largo de algunas zonas de inundación (p. ej. terraplenes alrededor de las ciudades). e. La erosión a orillas del río o incisión en el lecho del río se eleva sobre los niveles naturales significativamente.
1 Pobre	d. Los intercambios naturales con el lecho del río son posibles a lo largo de algunas zonas de inundación (p. ej. terraplenes alrededor de las ciudades). e. La erosión a orillas del río o incisión en el lecho del río se eleva sobre los niveles naturales significativamente.

Cuadro 5. Criterios excluidos escala de Delta en Estado Físico por limitaciones de tiempo y recursos

Delta- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	b. Los ecosistemas de manglar están en estado saludable, sin degradación por el desbaste de madera, pesca, sequías, fuegos u otras presiones.
3 Bueno	b. Algo de degradación local de los manglares (<10% de biomasa pérdida en los últimos cinco años).
2 Problemático	b. Degradación de los manglares significativa (<20% de biomasa pérdida en los últimos cinco años).
1 Pobre	b. Degradación generalizada de los manglares (>20% de biomasa pérdida en los últimos cinco años).

También, se identificaron dos criterios que no pudieron ser aplicados tal y como lo expresaba la guía. El primero fue el criterio a de la escala de cuenca, en la dimensión física, el cual establecía la evaluación de que el río fluyera libremente según la definición de Grill et al. 2019, en el artículo titulado “*Mapping the world’s free-flowing rivers*”. El artículo consiste en la evaluación de conectividad (longitudinal, lateral, vertical y temporal) de 12 millones de km de ríos a nivel mundial y su posterior clasificación en free-flowing rivers o non-free-flowing rivers según el índice de estatus de conductividad o connectivity status index, por sus siglas en inglés CSI, obtenido. Para realizar la clasificación los autores utilizaron datos globales, los cuales suelen contar con datos a gran escala y/o estar incompletos, por lo que hacen la recomendación de tener cuidado en la interpretación de los resultados mostrados en ríos a

pequeña escala, como es el caso de los ríos de República Dominicana. Dada la limitación, se decidió realizar la evaluación del flujo libre del río sólo tomando en cuenta la conectividad longitudinal, la cual evalúa la conectividad entre el río aguas arriba con el río aguas abajo y en la que se considera como factores de presión la fragmentación del río y el desarrollo de infraestructuras que impidan el paso de sedimentos. A continuación, se muestra el criterio de la guía y luego, su modificación en los cuadros 6 y 7, respectivamente.

Cuadro 6. Criterio a, escala de Cuenca en Estado Físico de la guía

Cuenca- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	a. El río se encuentra fluyendo libremente (según la definición en Grill et al. 2019).
3 Bueno	a. Más del 75% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (según la definición en Grill et al. 2019).
2 Problemático	a. Más del 50% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (según la definición en Grill et al. 2019).
1 Pobre	a. Más del 50% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (según la definición en Grill et al. 2019).

Cuadro 7. Criterio a, escala de Cuenca en Estado Físico, modificado

Cuenca- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	a. El río se encuentra fluyendo libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal).
3 Bueno	a. Más del 75% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal).
2 Problemático	a. Más del 50% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal).
1 Pobre	a. Más del 50% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal).

El segundo fue el criterio c de la escala de cuenca, en la dimensión física, el cual cuestionaba si existían actividades de extracción de arena, limo y/o arcilla del fondo u orilla del río y que, en caso de ser así, a qué porcentaje equivalían estas extracciones del transporte de carga del lecho y la carga suspendida. Dado que no se contaba con información precisa acerca de qué cantidad de estos materiales eran extraídos del fondo u orilla del río para poder establecer a qué porcentaje equivalían, fue excluido el porcentaje de equivalencia del criterio. A continuación, se muestra el criterio de la guía y luego, su modificación en los cuadros 8 y 9, respectivamente.

Cuadro 8. Criterio c, escala de Cuenca en Estado Físico de la guía

Cuenca- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	c. No hay extracción de arena (p. ej. agregados) ni de limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca.
3 Bueno	c. Mínima extracción de arena y limo o arcilla en la cuenca (equivalente a menos del 10% de transporte de carga del lecho y carga suspendida).
2 Problemático	c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca (equivalente a menos del 30% de transporte de carga del lecho y carga suspendida).
1 Pobre	c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca (equivalente a menos del 30% de transporte de carga del lecho y carga suspendida).

Cuadro 9. Criterio c, escala de Cuenca en Estado Físico, modificado

Cuenca- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	c. No hay extracción de arena (p. ej. agregados) ni de limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca
3 Bueno	c. Mínima extracción de arena y limo o arcilla en la cuenca
2 Problemático	c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca
1 Pobre	c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca

Finalmente, identificados los criterios e indicadores obtuvimos la matriz adaptada a la zona de estudio mostrada en los resultados, en el ítem 3.1.

2.2.2 Estimación del nivel de afectación por sedimentos del manglar con base en la guía de evaluación rápida: *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation* adaptada a la zona de estudio

A continuación, se muestra el esquema del proceso metodológico la estimación del nivel de afectación por sedimentos del manglar:

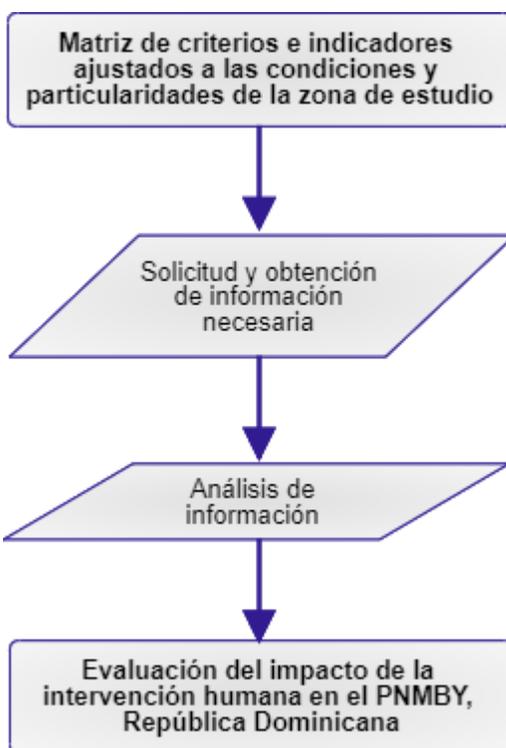


Figura 4. Proceso metodológico para la evaluación del impacto de la intervención humana en el PNMBY, República Dominicana

Para la aplicación de la matriz adaptada fue necesario la recopilación de información de la zona, tales como: mapas de delimitación de la cuenca, mapas de uso del suelo, mapas de infraestructuras, imágenes satelitales, información acerca de la extracción de arena, limo y/o arcilla del cauce, la cantidad histórica de sedimentos retenidos en presas y de sedimentos disueltos y el Plan de Conservación del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna. La información fue obtenida por medio de solicitud formal al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), al Instituto Nacional De Recursos Hidráulicos (INDRHI), a la Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (ANAMAR), incluye información de búsqueda en plataformas vía web, las entrevistas a técnicos expertos y recorridos de la zona de estudio.

Para la aplicación de la guía, se procedió a plantear cada criterio como pregunta. A continuación, se presenta la metodología utilizada para responder a cada criterio, clasificados por escala y dimensión:

Escala de Cuenca en la dimensión de Estado Físico

a. ¿Qué porcentaje de los tramos de los ríos que componen la cuenca fluyen libremente?

Se consideró la conductividad longitudinal (conectividad entre aguas arriba y aguas abajo) existente en la cuenca. En primer lugar, haciendo uso del Sistema de Información Geográfica QGIS 3.10.6 y la capa de drenaje de la cuenca, se procedió a calcular la longitud total del cauce (LT), luego se calculó la longitud total del cauce remansado (LTR), es decir, aguas arriba de las presas, y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%RFL = (LT - \Sigma LTR) / LT * 100\%$$

Donde,

%RFL = porcentaje de los tramos de los ríos que fluyen libremente,

LT = longitud total del cauce,

Σ **LTR** = sumatoria de las longitudes de los cauces remansados

b. ¿Existen o están en proceso de construcción presas que limiten el paso de sedimento?

Fue respondido bajo la observación realizada a los mapas de uso de suelo de la cuenca suministrado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y otras informaciones suministradas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) referentes a la cantidad de sedimento retenido en las presas y las regulaciones bajo las cuales son operadas.

c. ¿Se extrae arena, limo y/o arcilla del fondo u orilla del río?

Se realizaron búsquedas de información al respecto vía web y se mantuvo diálogo con los representantes del distrito municipal de Constanza y de los distritos provinciales de Monseñor Nouel y Sánchez Ramírez del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), que fueron visitados y que se ubican dentro de la zona de estudio.

d. ¿Qué porcentaje de la carga natural de sedimentos es entregada al delta?

Se utilizó el módulo de entrega de sedimentos del modelo de Valoración Integrada de Servicios y Compensaciones de Ecosistemas (InVEST por sus siglas en inglés), en el cual se evaluaron los escenarios de cobertura natural del suelo (escenario con toda la cuenca compuesta de bosques) y escenario de uso y cobertura del año 2020. La metodología empleada es expuesta con detalle más adelante en el ítem 2.2.3. Además, se realizaron comparaciones mediante observaciones de imágenes satelitales Landsat correspondientes a los años 1991 y 2021 haciendo uso del Sistema de Información Geográfica QGIS 3.10.6.

Escala de Cuenca en la dimensión de Gobernanza

a. ¿Existe organización pública con conocimiento y autoridad sobre los problemas de sedimentos? ¿otros actores, como los operadores de presas, cuentan con coordinación y recursos suficientes?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

b. ¿Las operaciones de gestión de sedimentos en presas son efectivas?

Se solicitó información al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI).

c. ¿Existen y son aplicadas regulaciones relacionadas con sedimentos?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y se realizaron búsquedas de información vía web.

d. ¿Existe línea base y datos de monitoreo relacionados a los sedimentos? En caso de que sí ¿el monitoreo incluye los parámetros, locación y la frecuencia correcta? ¿son confiables?

Se pidió información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI).

e. ¿Existe participación pública, confianza y accesibilidad pública?

Se realizaron búsquedas de información vía web y se estableció diálogo con expertos.

Escala de Delta en la dimensión de Estado Físico

a. ¿Existe presión poblacional al delta? ¿Ha habido conversión local de vegetación natural a otros usos de suelo en los últimos 5 años? En caso de que haya habido conversión local de vegetación natural a otros usos de suelo, ¿qué porcentaje del delta representan estos?

Haciendo uso del software QGIS, se realizó la comparación de imágenes satelitales Landsat correspondiente a los años 2016 y 2021 para determinar por medio de observación si había resultado en reducción, permanencia o crecimiento el área de manglar. También, se estableció un diálogo con los integrantes del Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno (CEBSE), quienes brindaron su apoyo para identificar si las intervenciones en el manglar correspondían a los últimos cinco años.

b. ¿Existen interrupciones locales del transporte de sedimento que imposibilite la reposición de sedimento al delta? En caso de ser así, ¿qué porcentaje del delta se encuentra aislado?

Se observaron las imágenes satelitales y se realizó recorrido.

c. ¿Ha habido pérdida del delta en los últimos cinco años producida por falta de sedimentos? En caso de que sí, ¿en qué porcentaje?

Se observaron las imágenes satelitales, se realizó recorrido y se estableció diálogo con los integrantes del CEBSE.

Escala de Delta en la dimensión de Gobernanza

a. ¿Existe una visión amplia del delta, políticas, planes y capacidad de implementación?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

b. ¿Las infraestructuras, si las hay, están bien mapeadas, y sus ubicaciones, diseños y operaciones permiten la deposición y transporte de sedimentos?

Se observaron imágenes satelitales, se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

c. ¿Las regulaciones del manglar son comprensibles y bien aplicadas?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y se realizaron búsquedas de información vía web.

d. ¿Existen datos de línea base y monitoreo, tales como: topografía, batimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de agua subterránea y vegetación? ¿el monitoreo incluye los parámetros, locación y la frecuencia correcta?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), a la Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (ANAMAR) y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

e. ¿Existe participación pública, confianza y accesibilidad pública?

Se realizaron búsquedas de información vía web.

Escala de Costa en la dimensión de Estado Físico

a. ¿Existe presión poblacional y/o actividades económicas a lo largo de 200 m de la franja de la costa? En caso de que sí, ¿qué porcentaje de la costa aún consiste en ecosistemas saludables (playas, dunas de arena, hierba marina y manglares)?

Haciendo uso del software QGIS 3.10.6 y de imágenes satelitales, se procedió a delimitar los 200 m de franja de costa y los polígonos de las zonas intervenidas por actividades humanas, además se realizó un recorrido por la zona pudiéndose observar las intervenciones. Delimitada la franja de costa y las zonas intervenidas se procedió a calcular el área de ambas para determinar el porcentaje de la costa que aún permanecía saludable, aplicando la siguiente ecuación: $(1 - (\text{área de zonas intervenidas} / \text{área de franja de 200m de costa})) * 100\%$.

b. ¿Existen estructuras ingenieriles (malecón, puertos, etc.) impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa?

Se observaron las imágenes satelitales y se realizó un recorrido por la zona.

c. ¿Existen estructuras ingenieriles (diques marinos, carreteras, etc.) conduciendo la compresión de manglares?

Se observaron las imágenes satelitales y se realizó un recorrido por la zona.

d. ¿Existen tramos costeros afectados por la erosión con actividades locales de protección y nutrición artificial de arena?

Se observaron las imágenes satelitales y se realizó un recorrido por la zona.

Escala de Costa en la dimensión de Gobernanza

a. ¿Existen planes costeros y agencias capaces, con recursos y coordinadas responsables del manejo y monitoreo?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

b. ¿Las infraestructuras costeras, si las hay, están bien mapeadas, y sus ubicaciones y diseños, permiten la deposición y transporte de sedimentos?

Se observaron las imágenes satelitales, se realizó un recorrido por la zona y se realizaron búsquedas de información vía web.

c. ¿Las regulaciones son comprensibles y bien aplicadas?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

d. ¿Existen datos de línea base y monitoreo?

Se solicitó información al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y se realizaron búsquedas de información vía web.

e. ¿Existe participación pública, confianza y accesibilidad pública?

Se realizaron búsquedas de información vía web.

Para el análisis, la guía propone las puntuaciones de excelente, bueno, problemático y pobre, dentro de cada escala y dimensión según el cumplimiento de los criterios para cada una. Por sugerencia de la guía, los resultados obtenidos de las matrices resultantes fueron mostrados en un gráfico de araña, que representa a cada escala y dimensión, junto a una tabla de puntuación en la que se mencionan los problemas claves encontrados en cada una.

Dado que la guía no ofrece la manera de agregar los resultados, es decir, de volver los indicadores correspondientes a cada escala y dimensión a un solo dato, se decidió agregar por moda y por valor mínimo, basado en el principio de precaución. El principio de moda puede invisibilizar puntuaciones bajas, mientras que el principio de valor mínimo resalta las puntuaciones bajas e invisibiliza las buenas. Al aplicar ambos principios, se visualizan las

diferencias permitiendo una mejor comprensión de en qué se está bien y en qué no (Imbach, AC (2021), comunicación personal)¹⁰.

2.2.3 Modelación de escenarios de cambio de uso del suelo en la cuenca y su impacto en el flujo de sedimentos

Se utilizó el módulo de *Sediment Delivery Ratio* (SDR) del modelo InVEST y se modeló el flujo de sedimentos en la cuenca ante un escenario idealizado en el que se mantiene la cobertura natural (bosque), un escenario de suelo desnudo con cobertura mínima de pasto y un escenario ante el uso y cobertura del suelo del año 2020, esto permitió conocer cómo ha sido afectado el flujo de sedimentos por las actividades antropogénicas que se realizan en la cuenca.

2.2.3.1 InVEST: Modelo de *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

El modelo *Sediment Delivery Ratio* (SDR) del software INVEST, trabaja con el Modelo de Elevación Digital (MED) de entrada, en donde para cada pixel se calcula la cantidad de pérdida de suelo anual y luego se calcula el coeficiente de aporte de sedimentos (SDR) que corresponde a la proporción de suelo que llega a la corriente. El modelo asume que una vez el suelo erosionado llega a la corriente terminará en la salida de la cuenca, es decir, no se modelan los procesos que ocurren en la corriente (Vigiak *et al.* 2012; Leon *et al.* 2015; Hamel *et al.* 2015; Sharp *et al.* 2018).

Pérdida de suelo: en el cálculo de la cantidad de suelo perdido anual para cada pixel el modelo SDR del software InVEST hace uso de la ecuación universal de pérdida de suelo revisada (RUSLE1), mostrada a continuación:

$$Rusle_i = R_i * K_i * LS_i * C_i * P_i$$

Donde:

R_i = erosividad de la lluvia (unidades: $MJ \cdot mm(ha \cdot hr)^{-1}$),

K_i = erosionabilidad del suelo (unidades: $ton \cdot ha \cdot hr(MJ \cdot ha \cdot mm)^{-1}$),

LS_i = factor de longitud de pendiente (sin unidades), C = factor de gestión de cobertura (sin unidades)

P_i = factor de práctica de apoyo (sin unidades) (Renard *et al.* 1997; Hamel *et al.* 2015).

Coefficiente de aporte de sedimentos (SDR): el cálculo del coeficiente se realiza en función de la conectividad hidrológica del área, siguiendo un enfoque propuesto por Vigiak *et al.* (2012) (Hamel *et al.* 2015). Inicialmente se calcula el índice de conectividad (IC), que se refiere a la conectividad hidrológica de un pixel con la corriente, basada en la contribución de la pendiente y a la trayectoria del flujo (Borselli *et al.* 2008; Hamel *et al.* 2015).

A continuación, se muestra la ecuación utilizada para el cálculo del índice de conectividad (IC):

¹⁰ Imbach, AC. 08 ago. 2021. Principios para agregar resultados (correo electrónico). Turrialba, Costa Rica, CATIE.

$$IC = \log_{10} \frac{D_{up}}{D_{dn}}$$

Donde:

D_{up} es el componente ascendente de la pendiente

D_{dn} es el componente descendente de la pendiente.

Luego, el cálculo del coeficiente de aporte de sedimentos (SDR) para cada pixel se deriva del índice de conductividad (IC) usando una función sigmoide, como se muestra a continuación (Vigiak *et al.* 2012; Hamel *et al.* 2015; Sharp *et al.* 2018).

$$SDR_i = \frac{SDR_{max}}{1 + \exp \frac{IC_0 - IC_i}{k_b}}$$

Donde:

SDR_{max} es el máximo teórico SDR, definido como la proporción máxima de sedimento fino (<1000 μ m) que puede viajar a la corriente. En la ausencia de información detallada del suelo, toma por defecto el valor de 0.8 (Vigiak *et al.* 2012; Hamel *et al.* 2015).

Siendo IC y K_b parámetros de calibración.

Exportación de sedimentos: es la cantidad erosionada de sedimento del pixel i que llega a la corriente (Hamel *et al.* 2015; Sharp *et al.* 2018). Viene dada por la siguiente ecuación:

$$E_i = Rusle_i * SDR_i$$

El total de sedimentos que llega a la salida de la cuenca es la suma del sedimento exportado en cada pixel, es decir:

$$E = \sum_i E_i$$

2.2.3.2 Insumos para correr el modelo *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

A continuación, se muestra el esquema de los insumos necesarios por el modelo de Sediment Delivery Ratio (SDR) del software InVEST:



Figura 5. Insumos para corrida del modelo de *Sediment Delivery Ratio* (SDR)
 Fuente: (Sharp et al. 2018)

El cuadro 10 describe los insumos necesarios para la corrida del modelo SDR y la fuente de información de los datos:

Cuadro 10. Fuentes de insumos para la corrida del modelo

Insumo	Descripción	Fuente
Modelo Digital de Elevación (DEM)	<p>Conjunto de datos ráster con un valor de elevación para cada pixel.</p> <p>Resolución espacial: 20*20m Extensión: 316229.29,2069993.67: 433889.29,2162093.67 Tipo de dato: entero Proyección: EPSG:32619 - WGS 84 / UTM zona 19N</p>	<p>Descarga desde Google Engine: https://code.earthengine.google.com/</p>
Índice de erosividad por precipitación (IEP)	<p>Conjunto de datos ráster, con un valor de índice de erosividad para cada pixel.</p> <p>Resolución espacial: 20*20m Extensión: 316259.13,2069993.67: 433899.13,2162093.67 Tipo de dato: flotante Proyección: EPSG:32619 - WGS 84 / UTM zona 19N</p>	<p>Datos de precipitación de Climate Hazards Center y ClimateSERV: https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_daily/tifs/p05/ https://climateserv.servirglobal.net/</p>
Erodabilidad del suelo (K)	<p>Conjunto de datos ráster, con un valor de erosionabilidad del suelo para cada pixel.</p> <p>Resolución espacial: 20*20m Extensión: 316229.29,2069993.67: 433899.29,2162093.67 Tipo de dato: flotante Proyección: EPSG:32619 - WGS 84 / UTM zona 19N</p>	<p>Datos de las propiedades físicas del suelo de contenido de arcilla, arena y limo y de la propiedad química del suelo de carbón descargadas de la página web Soil Grids. https://soilgrids.org/</p>
Uso del suelo / cobertura del suelo (LULC)	<p>Conjunto de datos ráster con un código LULC entero para cada pixel.</p> <p>Resolución espacial: 20*20m Extensión: 316229.29,2069993.67: 433899.29,2162093.67 Tipo de dato: entero Proyección: EPSG:32619 - WGS 84 / UTM zona 19N</p>	<p>Datos obtenidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) e imágenes satelitales Sentinel-2 descargadas desde Copernicus: https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home</p>
Watershed	<p>Representación de la cuenca(s) objeto de estudio en formato shp.</p> <p>Extensión: 316229.29,2069993.67: 433889.46,2162095.37 Proyección: EPSG:32619 - WGS 84 / UTM zona 19N</p>	<p>Obtenida la delimitación oficial del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA)</p>

Tabla Biofísica	Tabla .csv (valor separado por comas) que contiene la información del modelo correspondiente a cada una de las clases de uso del suelo en el ráster LULC.	Adaptación de tabla biofísica del software InVEST modelo SDR a los usos identificados en los mapas de uso y cobertura de suelo.
Acumulación de flujo umbral	Es el valor que hace al modelo crear una capa de flujo lo más cerca posible de la red de flujos real en la cuenca hidrográfica. Un buen valor para comenzar es 1000, pero debe tener en cuenta que puede variar dependiendo de la resolución del DEM, el clima local y la topografía.	Según recomendación del manual del software InVEST modelo SDR, se hicieron varias pruebas de ejecución y se comparó el mapa de salida llamado Stream con la red hídrica de la zona. El valor de acumulación de flujo umbral con mayor similitud a la red hídrica fue 10000 y por ende, corresponde al valor utilizado para los resultados mostrados.
<i>kb</i> y <i>IC0</i>	Dos parámetros de calibración que determinan la forma de la relación entre la conectividad hidrológica (el grado de conexión de los parches de tierra a la corriente) y la tasa de distribución de sedimentos (porcentaje de pérdida de suelo que realmente llega a la corriente). Los valores por defecto son <i>kb</i> = 2 y <i>IC0</i> = 0,5.	Módulo <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR) del software InVEST (Sharp et al. 2018)
SDRmax	La Tasa de Entrega de Sedimentos (TES) máxima que puede alcanzar un píxel, que es una función de la textura del suelo. Se define como la fracción de partículas de la capa superior del suelo más fina que la arena gruesa (1000 µm; Vigiak et al. 2012). El parámetro puede ser utilizado para la calibración en estudios avanzados. Su valor predeterminado es 0,8.	Módulo <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR) del software InVEST (Sharp et al. 2018)
Capa de drenaje	Un ráster con ceros y unos, donde uno corresponde a píxeles conectados artificialmente a la corriente (por carreteras, tuberías de agua lluvia, etc.) y cero se asigna a todos los demás píxeles. Resolución espacial: 20*20m Extensión: 316229.29,2069993.67: 433899.29,2162093.67 Tipo de dato: entero Proyección: EPSG:32619 - WGS 84 / UTM zona 19N	Creación a partir del DEM

Fuente: (Sharp et al. 2018)

2.2.3.2.1 Proceso de elaboración de insumos para el modelo Sediment Delivery Ratio (SDR)

Mapa de índice de erosividad por precipitación (IEP)

Previamente se elaboraron mapas de precipitación promedio de la zona para el período de 1981 al 2020, correspondientes a cada mes (12 mapas) y con base en los 12 meses se elaboró el mapa de precipitación total anual. La elaboración de los mapas fue posible con la descarga de datos de precipitación diaria desde el Climate Hazards Center de la asociación compuesta por la Universidad de California, Santa Barbara (UCSB), la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID), la Red de Sistemas de Alerta Temprana de Hambrunas (FEWS NET), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), para el período de 1981 a 2019 y desde la página ClimateSERV para el año 2020 descargados en formato (.tif). La descarga fue realizada haciendo uso del software RStudio, permitiendo la automatización del proceso y de los softwares QGIS 3.10.6 y Microsoft Excel.

Obtenidos los mapas de precipitación promedio para cada mes y precipitación total anual en formato ráster, se aplicó la ecuación del Índice de Fornuier Modificado que caracteriza la agresividad de la precipitación y la ecuación del Índice de erosividad que es el ajuste de regresión entre el factor R calculado por el método USLE y el correspondiente IMF (Rodríguez et al. 2004). Las ecuaciones fueron aplicadas haciendo uso de la calculadora ráster de QGIS 3.10.6, para la obtención del índice de erosividad por lluvia.

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

$$R = 2.56 * IMF^{1.065}$$

Donde:

R = índice de erosividad (J/m² *cm/hr/año)

IFM = índice de Fornuier Modificado (mm)

P_i = precipitación del mes i (mm)

P = precipitación total anual (mm)

Mapa de erodabilidad del suelo (K)

Se obtuvieron las capas de las propiedades del suelo de arena, limo, arcilla y contenido de carbón orgánico a profundidad de 30 cm, a través del Sistema de Soil Grids a 250 m de resolución (Hengl et al. 2017). El procesamiento de la información fue realizado con los softwares de QGIS 3.10.6 y Microsoft Exel.

A continuación, se muestra la ecuación de regresión en función a las variables representativas de las propiedades físicas del suelo, utilizada para el cálculo de erodabilidad del suelo (López Cadenas de Llano y Fernández Tomas 1998; Morales Ascarrunz 2014).

$$K = \frac{[10^{-4} * 2.71 * M^{1.14} * (12 - mo) + 4.2 * (s - 2) + 3.23(p - 3)]}{100}$$

Donde:

K = factor de erodabilidad del suelo [t*m2 *hr/ha*J*cm]

mo = materia orgánica [%]

s = código de la estructura del suelo

p = código de permeabilidad

M = producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias o (%limo+%arena muy fina)*(100-%arcilla)

Mapa de uso del suelo / cobertura (LULC)

El mapa de uso y cobertura de suelo del año 2020 se elaboró con la observación e identificación de puntos en imágenes satelitales Sentinel-2 del año 2020 y del mapa de usos de suelo oficial de la zona correspondiente al año 2012 (como mapa base) provisto por el Ministerio Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA). Dadas las condiciones de nubosidad existentes en las imágenes satelitales Sentinel-2 para el año 2020, fue necesario la aplicación del enmascarado de nubes a través de la mediana haciendo uso de un script en Google Engine (ver Anexo 5). Las imágenes fueron visualizadas en el software QGIS 2.18.24 para la elaboración de los transectos que nos permitieran identificar los tipos de usos y coberturas del suelo del año 2020. Posteriormente, se procedió con el procesamiento de la imagen satelital en RStudio realizando una clasificación supervisada con Support Vector Machine.

Para la creación de los escenarios se asumió para toda la cuenca el escenario de cobertura natural o bosque y el escenario de suelo desnudo (cobertura mínima de pasto natural), con excepción de los cuerpos de agua.

Tabla biofísica

La tabla biofísica, que ofrece el software InVEST del modelo SDR, se ajustó a los usos definidos en el mapa de uso y cobertura de suelo del 2020, identificando los códigos otorgados por la tabla del software a los usos del suelo similares a los que se presentaban en el mapa. El proceso de ajuste de la tabla biofísica fue aplicado a los escenarios de mapa con cobertura natural o bosque y al mapa de suelo desnudo (cobertura mínima de pasto natural) de igual manera que con el mapa de uso y cobertura de suelo del 2020.

Capa de drenaje

Se crea la capa de drenaje haciendo uso del DEM. A continuación, se presentan los pasos realizados:

- 1- Descarga del DEM de la zona de estudio a través de Google Engine (ver cuadro 9)
- 2- Corrección del DEM eliminando depresiones o hundimientos
- 3- Uso de Script en lenguaje Python

- 4- Uso de paquete Pysheds de Python utilizado para delimitación de cuencas y extracción de la red hídrica

2.2.4 Propuesta de actividades de manejo de la cuenca para minimizar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos

Con base en los resultados obtenidos de los ítems 2.2.2 y 2.2.3, en los que se pueden apreciar los principales impactos del flujo de sedimento en la cuenca, sus causas y el efecto del cambio de uso del suelo en la producción de sedimentos, se proponen actividades de manejo con la finalidad de que se vean reducidos los impactos ocasionados por la intervención humana.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Guía de evaluación rápida adaptada a la zona de estudio

Cuadro 11. Guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation* adaptada a la zona de estudio¹¹

Cuenca- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<ul style="list-style-type: none"> a. El río se encuentra fluyendo libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal) b. No existen, ni se están construyendo en la cuenca (conectividad longitudinal) presas que limiten el paso de sedimentos (p. ej. sin salidas de bajo nivel o con grandes razones de almacenamiento a entrada). c. No hay extracción de arena (p. ej. agregados) ni de limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca. d. Al menos la carga de sedimento natural es entregada al delta.
3 Bueno	<ul style="list-style-type: none"> a. Más del 75% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal). b. Existen o están en proceso de construcción algunas presas que limitan el paso de sedimento, pero no en el cauce principal ni en los tributarios con altas contribuciones de sedimentos. c. Mínima extracción de arena y limo o arcilla en la cuenca. d. La carga de sedimentos entregada al delta es similar a la carga normal (>80%).
2 Problemático	<ul style="list-style-type: none"> a. Más del 50% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal). b. Existen o están en proceso de construcción una cantidad moderada de presas que limitan el paso de sedimento, inclusive dentro el cauce principal y/o en los tributarios con altas contribuciones de sedimentos. c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca. d. La carga de sedimentos entregada al delta está reducida significativamente (>60%).
1 Pobre	<ul style="list-style-type: none"> a. Más del 50% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal). b. Existen o están en proceso de construcción una cantidad moderada de presas que limitan el paso de sedimento, inclusive dentro el cauce principal y/o en los tributarios con altas contribuciones de sedimentos. c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca.

¹¹ En la escala de cuenca en su estado físico se observa que para los niveles de puntuación problemático y pobre son los mismos, esto es un error que presenta la guía original: *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation*.

	d. La carga de sedimentos entregada al delta está reducida significativamente (>60%).
Cuenca- Gobernanza	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. Los actores públicos y privados tales como organizaciones de cuenca, agencias del recurso agua, y operadores de presas (si hay) tienen mandatos claros y son funcionales, bien dotados, operando de acorde a planes integrales basados en presupuesto de sedimentos y coordinados.</p> <p>b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas (p. ej. descarga) hacen un uso regular y eficaz de las instalaciones disponibles</p> <p>c. Regulaciones relacionadas con sedimentos (p. ej. permitir la extracción y dragado de la arena) son comprensibles y bien aplicadas</p> <p>d. Está disponible información de línea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo incluye los parámetros, la locación y la frecuencia correctas.</p> <p>e. Participación pública efectiva en el manejo de cuencas, así como confianza pública y acceso a los planes y datos relacionados con los sedimentos.</p>
3 Bueno	<p>a. Los actores públicos y privados tienen algunos vacíos respecto a capacidad, planificación y coordinación.</p> <p>b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas tienen algunos vacíos.</p> <p>c. Regulaciones relacionadas con sedimentos y su aplicación tienen algunos vacíos.</p> <p>d. La información de línea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo tienen algunos vacíos.</p> <p>e. Existen algunos vacíos respecto a la participación pública , confianza y accesibilidad.</p>
2 Problemático	<p>a. Los actores públicos y privados tienen vacíos significativos respecto a capacidad, planificación y coordinación.</p> <p>b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas tienen vacíos significativos.</p> <p>c. Regulaciones relacionadas con sedimentos y su aplicación tienen vacíos.</p> <p>d. La información de línea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo tienen a vacíos significativos.</p> <p>e. Existen vacíos significativos respecto a la participación pública , confianza y accesibilidad.</p>
1 Pobre	<p>a. No existe organización pública con conocimiento y autoridad sobre los problemas de sedimentos, y otros actores, como los operadores de represas, no cuentan con recursos suficientes ni están coordinados.</p> <p>b. Las operaciones de la gestión de sedimentos en presas no son efectivas.</p> <p>c. Regulaciones relacionadas con sedimentos ausentes o no aplicadas (p. ej. Falta de regulación significativa y extracción de arena ilegal).</p> <p>d. Línea base y datos de monitoreo relacionados a sedimentos no confiable.</p> <p>e. No hay participación pública, confianza ni accesibilidad.</p>
Delta- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. El delta se encuentra en un estado casi natural con baja densidad de población y sin conversión neta de vegetación natural como manglares, humedales y pastizales en asentamientos, agricultura, acuicultura u otros usos de la tierra.</p> <p>b. El transporte de sedimentos y nutrientes asociados a través de los distribuidores y hacia las zonas de inundación no son afectados por, entre otras cosas, incisión o dragado del río, regulación de los patrones de inundaciones naturales mediante presas aguas arriba, e infraestructura como presas que cortan las distribuciones, caminos sin alcantarillas, diques sin compuertas para permitir inundaciones temporales, entre otros.</p>

	<p>c. Hay balance entre la deposición de sedimento, subsidencia y aumento del nivel del mar a lo largo de casi toda la longitud de la orilla del río y la costa, con un resultado promedio de al menos mantener el área promedio del delta.</p>
3 Bueno	<p>a. Algo de presión poblacional y conversión local de vegetación natural a otros usos del suelo (<10% en los últimos cinco años).</p> <p>b. Algunas interrupciones locales del transporte de sedimentos y deposiciones (resultando en <15% del área del delta aislado de la reposición de sedimentos a través de inundaciones anuales).</p> <p>c. Pérdida neta del área del delta (<2% en los últimos cinco años).</p>
2 Problemático	<p>a. Presión poblacional y conversión local de vegetación natural a otros usos del suelo significativas (<20% en los últimos cinco años).</p> <p>b. Interrupciones significativas del transporte de sedimentos y deposiciones (resultando en <30% del área del delta aislado de la reposición de sedimentos a través de inundaciones anuales).</p> <p>c. Pérdida neta del área del delta (<5% en los últimos cinco años).</p>
1 Pobre	<p>a. Fuerte presión poblacional y conversión local de vegetación natural a otros usos del suelo (>20% en los últimos cinco años).</p> <p>b. Interrupciones generalizadas del transporte de sedimentos y deposiciones (resultando en >30% del área del delta del de la reposición de sedimentos a través de inundaciones anuales).</p> <p>c. Pérdida neta del área del delta (>5% en los últimos cinco años), a lo largo de casi toda la longitud de la orilla del río y la costa.</p>
Delta- Gobernanza	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. Existe una visión amplia del delta a largo plazo que es compartida por agencias gubernamentales en diferentes niveles y de diferentes sectores, basada en una comprensión científica de los procesos (p. ej. como los presupuestos de aguas subterráneas), expresadas en políticas y planes claros, e implementadas efectivamente.</p> <p>b. Las infraestructuras están bien mapeadas, y sus ubicaciones, diseños y operaciones (p. ej. apertura regular de compuertas) permiten un efectivo transporte de sedimentos y deposición (p. ej. abriendo grandes pólderes para almacenar aguas de inundación).</p> <p>c. Las regulaciones (p. ej. respecto a extracción sostenible de agua subterránea y zonas protegidas de manglar) son comprensibles y bien aplicadas.</p> <p>d. Se encuentran disponibles datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas. Hay participación pública efectiva en el manejo del delta, así como confianza pública y acceso a datos y planes relevantes.</p>
3 Bueno	<p>a. Existen algunos vacíos con respecto a una amplia visión consistente del delta, políticas, planes, y capacidad de implementación.</p> <p>b. Existen algunos vacíos con respecto al mapeo de infraestructuras, ubicaciones, diseños y operaciones.</p> <p>c. Existen algunos vacíos con respecto a las regulaciones y su aplicación.</p> <p>d. Existen algunos vacíos con respecto a datos de línea base y monitoreo.</p> <p>e. Existen algunos vacíos con respecto a la participación, confianza y accesibilidad pública.</p>
2 Problemático	<p>a. Existen vacíos significativos con respecto a una amplia visión consistente del delta, políticas, planes, y capacidad de implementación.</p> <p>b. Existen vacíos significativos con respecto al mapeo de infraestructuras, ubicaciones, diseños y operaciones.</p>

	<p>c. Existen vacíos significativos con respecto a las regulaciones y su aplicación.</p> <p>d. Existen vacíos significativos con respecto a datos de línea base y monitoreo.</p> <p>e. Existen vacíos significativos con respecto a la participación, confianza y accesibilidad pública.</p>
1 Pobre	<p>a. No existe una amplia visión consistente del delta, políticas o planes, y las agencias son de escasos recursos y escasa coordinación.</p> <p>b. Las infraestructuras no están mapeadas y no están ubicadas, diseñadas ni operadas con miras a la gestión de sedimentos.</p> <p>c. Las regulaciones faltan o no se hacen cumplir (p. ej. significativa extracción de agua subterránea no regulada).</p> <p>d. Datos de línea base y monitoreo no confiables.</p> <p>e. No existe la participación, confianza ni accesibilidad pública.</p>
Costa- Estado Físico	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. La presión poblacional y las actividades económicas a lo largo de 200 m de la franja de la costa es baja, y toda la costa consiste en ecosistemas naturales saludables incluyendo playas, dunas de arena, manglares y hierba marina.</p> <p>b. No hay estructuras ingenieriles tales como malecón, puertos, etc. impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa.</p> <p>c. No hay estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios de uso del suelo conduciendo a la compresión de manglares.</p> <p>d. La costa está en progradación o estabilidad neta.</p>
3 Bueno	<p>a. Algo de presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa, pero la mayor parte de la franja de la costa (>80%) aún consiste en ecosistemas saludables y naturales.</p> <p>b. Existen algunas estructuras ingenieriles tales como malecón, puertos, etc. generalmente localizadas y diseñadas para minimizar el impedimento el movimiento de sedimento a lo largo de la costa.</p> <p>c. Existen algunas estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios del uso del suelo conduciendo a la compresión de manglares.</p> <p>d. Existen algunos tramos costeros afectados por la erosión, con algunas actividades locales de protección y nutrición de arena artificial.</p>
2 Problemático	<p>a. Presión poblacional y actividades económicas significativas a lo largo de la costa, con la conversión de vegetación natural en muchas zonas y degradación de ecosistemas naturales significativa.</p> <p>b. Existen una cantidad de estructuras ingenieriles significativas tales como malecón, puertos, etc. impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa.</p> <p>c. Existen una cantidad significativa de estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios del uso del suelo conduciendo a la compresión de manglares.</p> <p>d. La mayor parte de la costa está afectada por erosión, con algo de actividades locales de protección y nutrición de arena artificial.</p>
1 Pobre	<p>a. Fuerte presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa, con la conversión de vegetación natural en la mayoría de las zonas y degradación de ecosistemas naturales significativa.</p> <p>b. Existe un gran número de estructuras ingenieriles tales como malecón, puertos, etc. impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa.</p>

	<p>c. Existe un gran número de estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios del uso del suelo conduciendo a la compresión de manglares.</p> <p>d. Toda la costa está afectada por erosión.</p>
Costa- Gobernanza	
Puntuación	Criterios e indicadores
4 Excelente	<p>a. Hay liderazgo político y hay agencias capaces, con buenos recursos y coordinadas en diferentes niveles de gobierno responsables del manejo y monitoreo costero (p. ej. gobierno local y provincial, agencias de áreas protegidas, navegación, pesca, protección costera y turismo, observatorios costeros).</p> <p>b. Las infraestructuras costeras están bien mapeadas, y las instalaciones de transporte, protección, recreación, etc. Están ubicadas y diseñadas con una visión que permita el movimiento de sedimentos.</p> <p>c. Las regulaciones (p. ej. con respecto a los retrocesos de los malecones, zonas protegidas de manglares) son comprensibles y bien aplicadas.</p> <p>d. Datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, corrientes, nivel del mar, erosión o acreción de costas y vegetación están disponibles, y el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas.</p> <p>e. Hay participación pública efectiva en el manejo de costa, así como confianza pública y acceso a planes y datos relevantes.</p>
3 Bueno	<p>a. Existen algunos vacíos con respecto a la capacidad de manejo del ancho costero.</p> <p>b. Existen algunos vacíos con respecto al mapeo de infraestructuras, ubicaciones y diseños.</p> <p>c. Existe algunos vacíos con respecto a las regulaciones y su aplicación.</p> <p>d. Existen algunos vacíos con respecto a los datos de línea base y el monitoreo.</p> <p>e. Existen algunos vacíos con respecto a la participación , confianza y acceso público.</p>
2 Problemático	<p>a. Existen vacíos significantes con respecto a la capacidad de manejo del ancho costero.</p> <p>b. Existen vacíos significantes con respecto al mapeo de infraestructuras, ubicaciones y diseños.</p> <p>c. Existen vacíos significativos con respecto a las regulaciones y su aplicación.</p> <p>d. Existen vacíos significativos con respecto a los datos de línea base y el monitoreo.</p> <p>e. Existen vacíos significativos con respecto a la participación , confianza y acceso público.</p>
1 Pobre	<p>a. No hay planes costeros consistentes y las agencias no tienen recursos ni coordinación.</p> <p>b. Las infraestructuras no están mapeadas y no están ubicadas ni diseñadas con una visión hacia el manejo de sedimentos.</p> <p>c. Las regulaciones faltan o no se hacen cumplir (p. ej. degradación del manglar descontrolada).</p> <p>d. Datos de línea base y monitoreo no confiables.</p> <p>e. No existe la participación, confianza ni accesibilidad pública.</p>

3.2 Nivel de afectación por sedimentos del manglar con base en la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation* adaptada a la zona de estudio

Cuadro 12. Resumen general de resultados obtenidos para los criterios evaluados

Resumen General de Resultados			
Escala	Dimensión	Criterio	Puntuación
Cuenca	Estado Físico	a. Más del 75% de los tramos de los ríos en la cuenca fluyen libremente (considerando sólo la conductividad longitudinal).	2 Problemático
		b. Existen o están en proceso de construcción una cantidad moderada de presas que limitan el paso de sedimento, inclusive dentro el cauce principal y/o en los tributarios con altas contribuciones de sedimentos.	2 Problemático
		c. Extracción significativa de arena y limo o arcilla en la cuenca.	2 Problemático
		d. La carga que llega al delta es mayor a la carga natural en aproximadamente un 220%.	N/A
	Gobernanza	a. Los actores públicos y privados tienen vacíos significativos respecto a capacidad, planificación y coordinación.	2 Problemático
		b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas tienen vacíos significativos.	2 Problemático
		c. Regulaciones relacionadas con sedimentos y su aplicación tienen vacíos.	2 Problemático
		d. La información de línea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo tienen a vacíos significativos.	2 Problemático
		e. Existen vacíos significativos respecto a la participación pública, confianza y accesibilidad.	2 Problemático
	Delta	Estado Físico	a. El delta no presenta conversión neta de vegetación natural como manglares, humedales y pastizales en asentamientos, agricultura, acuicultura u otros usos de la tierra, en los últimos 5 años.
c. El transporte de sedimentos y nutrientes asociados a través de los distribuidores y hacia las zonas de inundación no son afectados por, entre otras cosas, incisión o dragado del río, regulación de los patrones de inundaciones naturales mediante presas aguas arriba, e infraestructura como presas que cortan las distribuciones, caminos sin alcantarillas, diques sin compuertas para permitir inundaciones temporales, entre otros.			4 Excelente
d. Hay balance entre la deposición de sedimento, subsidencia y aumento del nivel del mar a lo largo de casi toda la longitud de la orilla del río y la costa, con un resultado promedio de al menos mantener el área promedio del delta.			4 Excelente
Gobernanza		a. Existen vacíos significativos con respecto a una amplia visión consistente del delta, políticas, planes, y capacidad de implementación.	2 Problemático
		b. No hay infraestructuras en el delta.	4 Excelente
		c. Existen vacíos significativos con respecto a las regulaciones y su aplicación.	2 Problemático

		d. No existen datos de línea base o monitoreo en el delta.	1 Pobre
		e. Existen algunos vacíos con respecto a la participación, confianza y accesibilidad pública.	2 Problemático
Costa	Estado Físico	a. Algo de presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa, pero la mayor parte de la franja de la costa (>80%) aún consiste en ecosistemas saludables y naturales.	3 Bueno
		b. No hay estructuras ingenieriles tales como malecón, puertos, etc. impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa.	4 Excelente
		c. Existen algunas estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios del uso del suelo conduciendo a la compresión de manglares.	3 Bueno
		d. La costa está en progradación o estabilidad neta.	4 Excelente
	Gobernanza	a. No hay planes costeros consistentes y las agencias no tienen recursos ni coordinación.	1 Pobre
		b. No hay infraestructuras costeras que impidan el movimiento de sedimentos.	4 Excelente
		c. Existen vacíos significativos con respecto a las regulaciones y su aplicación.	2 Problemático
		d. No existen datos de línea base o monitoreo en la costa.	1 Pobre
		e. Existen algunos vacíos con respecto a la participación, confianza y accesibilidad pública.	2 Problemático

3.2.1 Escala de cuenca en dimensión de Estado Físico

a. ¿Qué porcentaje de los tramos de los ríos que componen la cuenca fluyen libremente?

Los valores longitudinales totales de la masa de agua que compone la cuenca y del agua remansada estimados son de 1,680.53 km y 421.38 km respectivamente, lo que indica que un 74.92% de los tramos de los ríos fluyen libremente (%RFL), lo que equivale a una puntuación de **2 o problemático** para este criterio.

b. ¿Existen o están en proceso de construcción presas que limiten el paso de sedimento?

Actualmente, existen tres presas en la cuenca del río Yuna, las cuales reciben el nombre de Pinalito (18°54'45.2"N 70°37'59.2"W), ubicada dentro de los límites del Parque Nacional Valle Nuevo a 15 km de la ciudad de Constanza, Rincón (19°06'16.2"N 70°24'26.3"W), ubicada a 1.5 km del poblado de Rincón, provincia de La Vega y Hatillo (19°01'59.0"N 70°12'01.7"W), ubicada en la comunidad del mismo nombre, a seis kilómetros al suroeste del municipio de Cotuí, capital de la provincia Sánchez Ramírez. Las presas, a pesar de no encontrarse en el

cauce principal, se encuentran en los tributarios con altas concentraciones de sedimento, lo que equivale a una puntuación de **2 o problemático** para este criterio, ver Figura 6 a continuación.

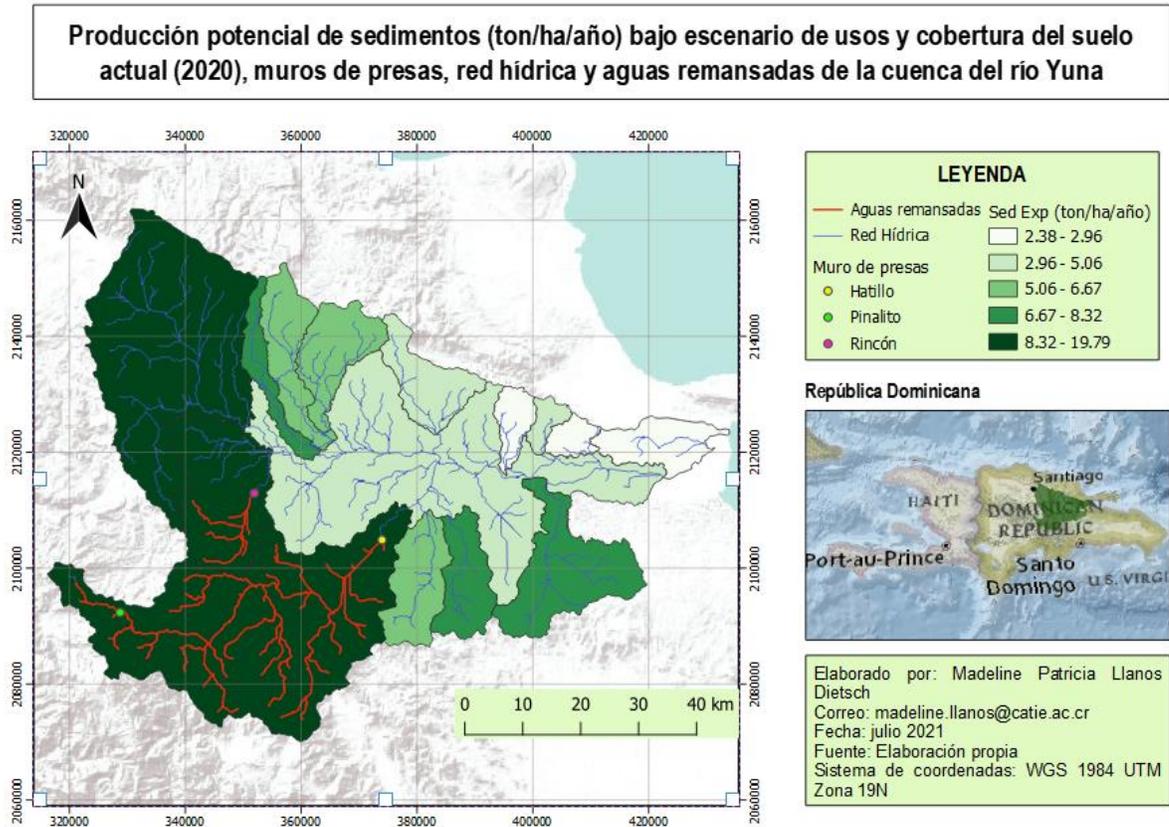


Figura 6. Producción potencial de sedimentos (ton/ha/año) bajo escenario de usos y cobertura del suelo del 2020, muros de presas, red hídrica y aguas remansadas de la cuenca del río Yuna

c. ¿Se extrae arena, limo y/o arcilla del fondo u orilla del río?

Existe extracción de arena, limo y arcilla. Según Osiris de León (2006), el río Yuna se encuentra entre los ríos más afectados por las extracciones de agregados del país para la satisfacción del sector construcción, contando con dos empresas que producen cerca de 1000 m³/día. Se han realizado operativos para evitar la depredación de los afluentes en las que fueron detenidas 18 personas y retenidos 24 camiones en las provincias de Monseñor Nouel, Sánchez Ramírez y Duarte por dedicarse a la extracción de material del cauce de manera ilícita (Rodríguez 2021). A pesar de los esfuerzos y de contar con regulaciones para extracción de material, se sigue extrayendo material del cauce de manera ilícita, razón por la cual se le otorga una puntuación de **2 o problemático**.

d. ¿Qué porcentaje de la carga natural de sedimentos es entregada al delta?

Los resultados obtenidos de la corrida del módulo de Sediment Delivery Ratio (SDR) del software InVEST arrojaron que el potencial de sedimento exportado y que por ende, llega al delta es de 33.51 ton/ha/año para el escenario natural en el que se asume toda la cobertura como bosque y de 107.49 ton/ha/año para el escenario de cobertura correspondiente al año 2020, lo

que significa que al delta llegaría un exceso de sedimentos en un 221% aproximadamente. La estimación tendría una confirmación en la acreción de la costa (Figura 7) y la presencia de eutrofización en algunas zonas mostradas en fotografías del sitio (Sarmiento, G. CEBSE, comunicación personal)¹², que evidencian una mayor salida de sedimentos de la cuenca.



Figura 7. Acreción de la costa del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna en los últimos 30 años

Se observa acreción de la costa principalmente en la salida del río Barracote, el cual en el año 1976 empieza a recibir aguas y sedimentos del río Yuna producto de desvío realizado con la finalidad de controlar la inundación que ocurría en el área del Bajo Yuna. El aporte de sedimento provenientes del río Yuna se ha depositado en el río Barracote ocasionado un aumento de nivel del terreno entre uno y dos metros por encima de lo típico de un sistema de manglar semi-inundado como solía ser el Manglar del Bajo Yuna (Martínez 2016).

A pesar de que los manglares florecen con el sedimento un exceso de este provoca la muerte de los manglares por asfixia. Los datos existentes acerca de los manglares que se han visto afectados por el exceso de sedimentos no son suficiente para establecer tolerancias específicas (Ellison 1999).

¹² Sarmiento, G. 13 mayo. 2021. Presencia de eutrofización en el delta del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna (conversación). Samaná, República Dominicana, CEBSE.

La situación de aumento de la descarga de sedimento invalida el uso de algunos indicadores y limita el uso de la guía *Sediment Flow in the context of mangrove restoration and conservation* debido a que la misma no contempla los casos de aumento de la descarga de sedimento, tal como ocurre en el Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna. Razón por la que **no se calificó el criterio.**

3.2.2 Escala de cuenca en dimensión de Gobernanza

a. ¿Existe organización pública con conocimiento y autoridad sobre los problemas de sedimentos? ¿otros actores, como los operadores de presas, cuentan con coordinación y recursos suficientes?

Los problemas de sedimentos son conocidos y manejados por el MIMARENA y el INDRHI. Por otro lado, los operadores de presas no cuentan con regulaciones ni reglamentos acerca del manejo de los sedimentos (Turbides, J. INDRHI (2021), comunicación personal)¹³. Debido a los vacíos de recursos con los que cuentan los operadores de presas se le otorga al criterio una puntuación de **2 o problemático.**

b. ¿Las operaciones de gestión de sedimentos en presas son efectivas?

Dado que, los operadores de presas no cuentan con regulaciones ni reglamentos acerca del manejo de los sedimentos, actualmente para la extracción de estos se aprovechan las crecidas importantes del cauce (aumento de caudal) en las cuencas vertientes a los embalses para abrir los desagües de fondo y descargar un poco de los sedimentos atrapados (lavado hidráulico) (Turbides, J. INDRHI (2021), comunicación personal)¹⁴. En cuanto al monitoreo de sedimentos en las presas, se realiza por batimetrías que permiten establecer en qué medida han perdido su capacidad inicial de almacenamiento, para las de Rincón y Hatillo, encontradas dentro del área de estudio y las cuales tienen un período de operación de 43 y 37 años respectivamente, se han realizado 2 batimetrías hasta la fecha (Turbides, J. INDRHI (2021), comunicación personal)¹⁵. Debido a los vacíos expuestos en las operaciones de gestión de sedimentos en presas se le otorga al criterio una puntuación de **2 o problemático.**

c. ¿Existen y son aplicadas y comprensibles regulaciones relacionadas con sedimentos (por ej. extracción y dragado de sedimentos)?

Sí, existen regulaciones relacionadas a sedimentos. La Ley No- 123-71 del 10 de mayo de 1971, regula la extracción, remoción y dragado de los componentes de la corteza terrestre a partir de permisos otorgados por el Poder Ejecutivo y el pago de una tarifa ambiental dependiendo de la cantidad de material extraído, removido o dragado. El artículo 13 designó a la entonces Secretaría de Obras Públicas y Comunicaciones como la encargada de la aplicación de la ley. Luego de la aprobación de la Ley 64-00 de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el MIMARENA se encarga de su cumplimiento (EITI s. f.). Sin embargo, la falta de fiscalización

¹³ Turbides, J. 27 jul. 2021. Solicitud de información de reglamentos relacionados al manejo de sedimentos en las presas de Rincón y Hatillo (correo electrónico). Santo Domingo, República Dominicana, INDRHI.

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ Turbides, J. 11 mar. 2021. Solicitud de información de estudios de batimetrías en las presas de Rincón y Hatillo (correo electrónico). Santo Domingo, República Dominicana, INDRHI.

hace posible la extracción de material de manera ilícita, razón por la que el criterio recibe una puntuación de **2 o problemático**.

d. ¿Existe línea base y datos de monitoreo relacionados a los sedimentos? En caso de que sí ¿son confiables?

Sí existen datos de monitoreo relacionados a los sedimentos, pero cuentan con vacíos de información. Ejemplo, los datos de monitoreo de sedimentos disueltos facilitados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), carecen de puntos de muestreos fijos establecidos, además de no estar debidamente identificados con sus coordenadas, no cuentan con una periodicidad establecida y existe ausencia de datos por períodos de hasta 7 años.

También se nos facilitó información de sedimentación de las presas Rincón y Hatillo. El documento consiste en la comparación de la capacidad de almacenamiento inicial del embalse, año 1978 para el de Rincón y 1984 para el de Hatillo, con la capacidad de almacenamiento para los años 1993 y 2016 para la presa Rincón y 1994 y 2016 para la presa Hatillo, establecida por medio de batimetrías. La información da visibilidad a que la frecuencia con que se mide la capacidad de almacenamiento del embalse por sedimentación es bastante reducida.

Por las razones expuestas en los dos párrafos anteriores se entiende que la información de línea base y monitoreo relacionada con sedimentos cuentan con vacíos, lo que equivale a una puntuación de **2 o problemático**.

e. ¿Existe participación pública, confianza y accesibilidad?

Existen instituciones y/o organizaciones estatales, privadas, no gubernamentales, sin fines de lucro y otras, que permiten mecanismos puntuales y dispersos de Gobernanza, pero no existe una entidad que las articule a todas (De Jesús, I. INTEC (2021) comunicación personal)¹⁶. Entre los actores clave se pueden mencionar: las Juntas de Regantes, las Asociaciones de Productores, juntas de vecinos, iglesias, la Federación de Campesinos hacia el Progreso, el Movimiento de Campesinos Trabajadores Las Comunidades Unidas, Fundación Gautier y Lomas Verdes, CEBSE, Comité Comunitario Sancho (COMUSA), Asociación Comunitaria Ecoturismo Salto del Limón (ACESAL), Asociación de dueños de barcos de Samaná (ASDUBASA), Falconbridge Dominicana (FALCONDO), Barrick Pueblo Viejo, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTEKO), Universidad Católica del Cibao (UCATECI), entre otros.

El 3 de octubre de 2016 bajo el mandato del presidente Danilo Medina fue emitido el decreto No. 265-16 que crea la Mesa de Coordinación del Recurso Agua. El Decreto No. 265-16 (2016) en sus artículos 1 y 2 establece que:

Artículo 1. Se crea la Mesa de Coordinación del Recurso Agua como instancia de coordinación intersectorial encargada de la elaboración y la aprobación de una estrategia integral de manejo del agua en el país, a los fines de preservar la calidad y la cantidad de los recursos hídricos que requiere el desarrollo sostenible de la nación.

¹⁶ De Jesús, I. 13 ago. 2021. Participación pública y Gobernanza en la cuenca del río Yuna (zoom). Santo Domingo, República Dominicana, INTEC.

Artículo 2. La Mesa de Coordinación del Recurso Agua queda integrada por los responsables institucionales de los siguientes organismos:

- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, que la presidirá.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA)
- Ministerio de Salud Pública
- Ministerio de Agricultura
- Ministerio de Energía y Minas
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)
- Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA)
- Consejo Nacional de Cambio Climático
- Empresa de Generación Hidroeléctrica (EGEHID)
- Corporaciones locales de aguas potables y alcantarillados
- Liga Municipal Dominicana
- Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU)
- Una persona u organización designada por los Comités de las Cuencas Hidrográficas del Yaque del Norte, Yaque del Sur, Ozama-Nizao, Yuna, Atlántico y Cuenca del Este

A partir de la creación de la Mesa de Coordinación del Recurso Agua se iniciaron los intentos de crear un comité de cuenca para la cuenca del río Yuna, sin resultado. El decreto 265-16 fue derogado por el decreto 521-20 en el gobierno actual del presidente Luis Abinader. En la actualidad, existe un gabinete de agua compuesto por las instituciones estatales del INDRHI, INAPA, MIMARENA, EGEHID y las corporaciones locales de agua potable y alcantarillado, creado bajo el decreto 498-20.

Según Pérez, F. (2021), comunicación personal¹⁷:

Para lo que sirve el gabinete es para procesar intereses de particulares que tienen ofertas de propuestas para proyectos que desean hacer con el gobierno. El efecto neto es un debilitamiento de la institucionalidad porque ese grupo de personas ocupa el lugar que deberían ocupar los incumbentes y técnicos de las instituciones.

El proceso de Gobernanza más real se ha logrado en el INDRHI que instituyó en el periodo 2010-2012 el observatorio del agua, donde cada semana (cada miércoles para ser específico) se reúnen todas las instituciones que son stakeholders o actores claves en el tema de manejo del agua de los embalses. Eso incluye al INDRHI, EGEHID, INAPA, CAASD, CORAASAN y otras corporaciones locales de agua potable y alcantarillado. Incluye también los representantes de las Juntas de Regantes que son los usuarios organizados. Eso es lo más cerca de un proceso de Gobernanza que ha existido y existe en el país, pero, se concentra en cómo se distribuye entre los usuarios el agua disponible en los embalses y no maneja temas como acciones de manejo de cuenca.

En conclusión, no existe Gobernanza del tipo que se describe con la participación pública. La única Gobernanza es el gobierno central a través de sus instituciones. Estas

¹⁷ Pérez, F. 16 ago. 2021. Participación pública y Gobernanza en la cuenca del río Yuna (correo electrónico). Santo Domingo, República Dominicana.

utilizan el método de planificar, casi siempre sin que exista una consulta pública a no ser que sea para llenar una casilla, decidir y anunciar cuando están listos a ejecutar las intervenciones sobre las cuales ya han tomado una decisión.

Por las razones expuestas anteriormente se califica este criterio con **2 o problemático**.

3.2.3 Escala de delta en dimensión de Estado Físico

a. ¿Existe presión poblacional al delta? ¿Ha habido conversión local de vegetación natural a otros usos de suelo en los últimos 5 años? En caso de que haya habido conversión local de vegetación natural a otros usos de suelo, ¿qué porcentaje del delta representan estos?

Sí, existe presión poblacional en el delta, pero, según observación de imágenes satelitales Landsat correspondientes a los años 2016 y 2021, no ha habido conversión local de vegetación natural a otros usos del suelo en los últimos 5 años, aunque si se aprecian intervenciones previas. Según Martínez (2016) existen zonas de las costas identificadas como Caiman-Barraquito y Zona de las Cejas que presentan conversión de mangle a plantaciones de coco (*Cocos nucifera*) a lo largo de la costa desde hace alrededor de 20 y 30 años.

Sí existe presión poblacional y ha habido conversión de mangle a otros usos, pero no en los últimos 5 años (Martínez, P. CEBSE (2021), comunicación personal)¹⁸. Es decir que la conversión local a otros usos del suelo en los últimos cinco años es de 0% y por ende, se le otorga al criterio una puntuación de **4 o excelente**.

b. ¿Existen interrupciones locales del transporte de sedimento que imposibilite la reposición de sedimento al delta? En caso de ser así, ¿qué porcentaje del delta se encuentra aislado?

No existen interrupciones locales del transporte de sedimento, lo que equivale a una puntuación de **4 o excelente** para este criterio.

c. ¿Ha habido pérdida del delta en los últimos cinco años producida por falta de sedimentos? En caso de que sí, ¿En qué porcentaje?

Dado que al manglar llega más sedimento que el que debería llegar en condiciones naturales, debido a los cambios de usos del suelo, la costa se encuentra en visible acreción y con ella el área del delta, razón por la cual se califica al criterio con una puntuación de **4 o excelente**.

3.2.4 Escala de delta en dimensión de Gobernanza

a. ¿Existe una visión amplia del delta, políticas, planes y capacidad de implementación?

El Parque cuenta con un Plan de Conservación elaborado en el 2012 por el MIMARENA, CEBSE, TNC y la USAID, con el objeto de contar con un instrumento de manejo para el parque (USAID *et al.* 2012). A pesar de los esfuerzos realizados para la elaboración del plan de conservación, no fueron ejecutadas las actividades de estrategias de conservación y monitoreo

¹⁸ Martínez, P. 28 jul. 2021. Presión poblacional en el delta del Parque Nacional Manglares del bajo Yuna (zoom). Samaná, República Dominicana, CEBSE.

que servirían como base al plan de manejo (Martínez P. CEBSE (2021), comunicación personal)¹⁹. Según la USAID et al. (2012), los recursos disponibles para la implementación del plan en el año 2012 en cuanto a personal capacitado, equipos, apoyo comunitario y financiamiento eran bajas y debían ser enfrentadas antes de iniciar las acciones propuestas en el Plan de Conservación.

El 29 de agosto de 2017 fue suscrito el acuerdo de co-manejo entre el MIMARENA, TNC, CEBSE y la Fundación Propagas en el cual todos se comprometen a apoyar los esfuerzos de conservación del PNMBY.

Actualmente, está en proceso de elaboración de un plan de manejo para el Parque a cargo del MIMARENA, CEBSE y TNC (Martínez P. CEBSE (2021) comunicación personal)²⁰, por las razones expuestas en el primer párrafo fue otorgado al criterio una puntuación de **2 o problemático**.

b. ¿Las infraestructuras, si las hay, están bien mapeadas, y sus ubicaciones, diseños y operaciones permiten la deposición y transporte de sedimentos?

No hay infraestructuras en el delta, lo que equivale a una puntuación de **4 o excelente** para este criterio.

c. ¿Las regulaciones respecto a extracción de aguas subterráneas y zonas protegidas del manglar son comprensibles y bien aplicadas?

Sí, son comprensibles. En cuanto a las regulaciones a la extracción de aguas subterráneas se cuenta con la Ley 487-69 sobre control de la explotación y conservación de las aguas subterráneas, y de la norma de calidad de aguas subterráneas y de descargas al subsuelo, la cual expone que antes de la explotación de un pozo o cualquier otra obra de extracción deben realizarse los estudios previos y obtenerse el permiso otorgado por la entonces Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA) actualmente Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2004).

Mientras que para las zonas protegidas existe la Ley 64-00 de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la cual establece normas para el manejo de los recursos costeros y marinos, entre estos los manglares (Ley General Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64 2000) y la Ley Sectorial de Áreas Protegidas No. 202-04, cuya finalidad es garantizar la protección, conservación, permanencia y optimización de los ecosistemas y de los servicios que brindan para ser aprovechados por la generaciones presentes y futuras. La ley sectorial contiene el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) dentro del cual se encuentra la zona de estudio en la categoría de Parque Nacional (Ley Sectorial de Áreas Protegidas No.202 2004).

A pesar de contar con leyes, se observa la alteración del parque por medio de actividades de cambios de usos del suelo para el desarrollo de agricultura y ganadería, lo que denota falta de

¹⁹ *Id.* 28 jul. 2021. Plan de Conservación del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna (zoom). Samaná, República Dominicana, CEBSE.

²⁰ *Id.* 28 jul. 2021. Plan de Manejo del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna (zoom). Samaná, República Dominicana, CEBSE

fiscalización. Por lo expresado anteriormente, fue otorgada al criterio una puntuación de **2 o problemático**.

d. ¿Existen datos de línea base y monitoreo?

No existen datos de línea base ni monitoreo de sedimentos en el delta, lo que equivale a una puntuación de **1 o pobre** para el criterio.

e. ¿Existe participación pública, confianza y accesibilidad?

Sí, existe participación pública. Dentro del área protegida PNMBY USAID et al. (2012) identifican a los siguientes actores clave: Juntas de regantes Bajo Yuna, Empresas privadas - productores, Granceras, Asociación de pescadores la Fe, Asociación de pescadores de atarraya y cordel, asociación de cangrejos y desmasadores de cangrejos, Asociación de pipioteros por un Sánchez mejor, Asociación de pipioteros el esfuerzo de Sánchez, Asociación de agricultores desamparados los Haitises, Asociación Campo Verde, Iglesias, Partidos políticos, Clúster de Turismo de Samaná (CTS), Centro para la Conservación y desarrollo de la Bahía de Samaná (CEBSE), Asociación para el desarrollo de las Garitas y juntas de vecinos.

UICN y MIMARENA (2010:13) indican que:

La Ley 64-00, crea la base legal para la Gobernanza en la gestión de áreas protegidas. La ley 202-04 deja a discrecionalidad del MIMARENA la participación pública en la declaración de las unidades, la elaboración de los planes de manejo, la administración o prestación de servicios en las unidades pertenecientes al SINAP, exceptuando las privadas. Esta discrecionalidad puede dificultar la Gobernanza dependiendo del interés del ministro de turno, si le interesa o no involucrar a las comunidades, independientemente de que la misma ley establece unos parámetros para la participación de las organizaciones y las comunidades en las áreas protegidas.

Debido a la debilidad que representa que esté bajo la discrecionalidad del MIMARENA la participación pública, confianza y accesibilidad se le otorga una puntuación al criterio de **2 o problemático**.

3.2.5 Escala de costa en dimensión de Estado Físico

a. ¿Existe presión poblacional y/o actividades económicas a lo largo de 200 m de la franja de la costa? En caso de que sí, ¿qué porcentaje de la costa aún consiste en ecosistemas saludables (playas, dunas de arena, hierba marina y manglares)?

Sí existe presión poblacional y actividades económicas a lo largo de 200 m de la franja de la costa. Se observa cambios de uso del suelo de mangle a coco ocupando un área de 0.28 km² de los 3.48 km² correspondientes a los 200 m de la franja de la costa, lo que indica una ocupación de un 8.05 % y por ende una permanencia de ecosistemas saludables de un 91.95% lo que equivale a una puntuación de **3 o bueno** para este criterio.

b. ¿Existen estructuras ingenieriles (malecón, puertos, etc.) impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa?

No existen estructuras ingenieriles tales como malecón, puertos, entre otras, impidiendo el movimiento de sedimento a lo largo de la costa, lo que equivale a una puntuación de **4 o excelente** para el criterio.

c. ¿Existen estructuras ingenieriles (diques marinos, carreteras, etc.) y cambios de uso del suelo conduciendo la compresión de manglares?

Sí, existen estructuras ingenieriles. En cuanto a los cambios de uso del suelo se observa la intervención por parte de lugareños quienes han talado zonas de manglar para la implementación de plantaciones de coco, ganadería, arrozales, entre otros. También se aprecia la presencia de bermas y caminos rurales que son utilizados por los lugareños para acceder a la zona del manglar y que por ende facilitan la compresión de este. Bajo estas condiciones el criterio recibe una puntuación de **3 o bueno**.

d. ¿Existen tramos costeros afectados por la erosión con actividades locales de protección y nutrición artificial de arena?

No existen tramos costeros afectados por erosión ni actividades locales de protección y nutrición artificial de arena. La costa se encuentra en progradación, lo que equivale a una puntuación de **4 o excelente** para el criterio.

3.2.6 Escala de costa en dimensión de Gobernanza

a. ¿Existen planes costeros y agencias capaces, con recursos y coordinadas responsables del manejo y monitoreo?

No existen planes costeros. La responsabilidad de manejo y monitoreo según la Ley 64-00 de Medio Ambiente y Recursos Naturales recae sobre el MIMARENA, pero no existen datos de línea base y monitoreo, razón por la cual se le otorga una calificación de **1 o pobre** al criterio.

b. ¿Las infraestructuras costeras, si las hay, están bien mapeadas, y sus ubicaciones y diseños, permiten la deposición y transporte de sedimentos?

No existe infraestructuras en la costa, lo que equivale a una puntuación de **4 o excelente** para el criterio.

c. ¿Las regulaciones con respecto a retrocesos de malecones, zonas protegidas de manglares, etc., son comprensibles y bien aplicadas?

No existen regulaciones con respecto al retroceso de malecones. En cuanto a la protección de la costa existe la Ley 64-00 de Medio Ambiente y Recursos Naturales, establece normas para el manejo de los recursos costeros y marinos. Las regulaciones de las zonas protegidas de manglares fueron expuestas en el criterio c de la escala de delta en la dimensión de Gobernanza y son comprensibles, aunque su cumplimiento es cuestionable dada la visible afectación del manglar, que denota falta de fiscalización, razón por la cual fue otorgada al criterio una puntuación de **2 o problemático**.

d. ¿Existen datos de línea base y monitoreo?

No existen datos de línea base ni monitoreo de sedimentos en la costa, lo que equivale a una puntuación de **1 o pobre** para el criterio.

e. ¿Existe participación pública, confianza y accesibilidad?

Dado que la costa forma parte del área protegida del PNMBY, el criterio se responde con la misma respuesta otorgada al criterio e en la escala de Delta en la dimensión de Gobernanza. Otorgándosele la calificación de **2 o problemático**.

Cuadro 13. Resumen de resultados y problemas claves para cada escala-dimensión presentados con los principios de moda y valor mínimo

Escala	Dimensión	Problemas claves	Moda	Precaución
Cuenca	Estado Físico	Extracción de arena, limo y/o arcilla del lecho del río de manera ilegal Exceso de sedimentos	2 Problemático	2 Problemático
	Gobernanza	Inexistencia de regulaciones y/o reglamentos para los operadores de presas relacionadas con la gestión de sedimentos Monitoreos de sedimentos en las presas poco frecuentes Extracción de agregados del cauce de manera ilegal Muestreo de sedimentos con frecuencias reducidas y ausencia de coordenadas	2 Problemático	2 Problemático
Delta	Estado Físico	No se identifican	4 Excelente	4 Excelente
	Gobernanza	Inexistencia de Plan de Manejo Baja capacidad de implementación de Plan de Conservación existente por ausencia de recursos económicos, personal capacitado, equipos y apoyo comunitario Cambios de uso del suelo de manera ilícita Falta de fiscalización Ausencia de línea base	2 Problemático	1 Pobre
Costa	Estado Físico	Cambios de uso del suelo de mangle a plantaciones de coco de manera ilegal Caminos rurales conduciendo a la compresión del manglar	4 3	3 Bueno
	Gobernanza	Ausencia de plan costero Falta de fiscalización Ausencia de línea base	1 2	1 Pobre

Como se menciona anteriormente, en la sección de metodología ítem 2.2.2, los resultados fueron agrupados bajo los principios de moda y de precaución. Aquellos casos, en el que en el principio de moda coincide dos calificaciones con igual cantidad de repeticiones se conoce como bimodal, en este caso vemos como la escala de costa en ambas dimensiones presenta esta situación.

Resumen de resultados bajo el principio de moda

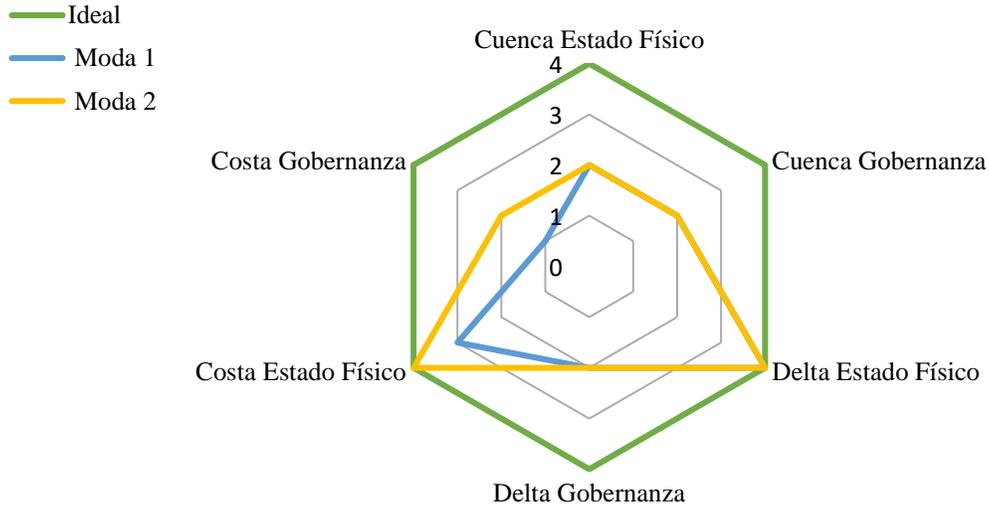


Figura 8. Nivel de afectación por sedimentos del manglar con base en la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation* adaptada a la zona de estudio, resumen de resultados agrupados bajo el principio de moda

Resumen de resultados bajo el principio de precaución

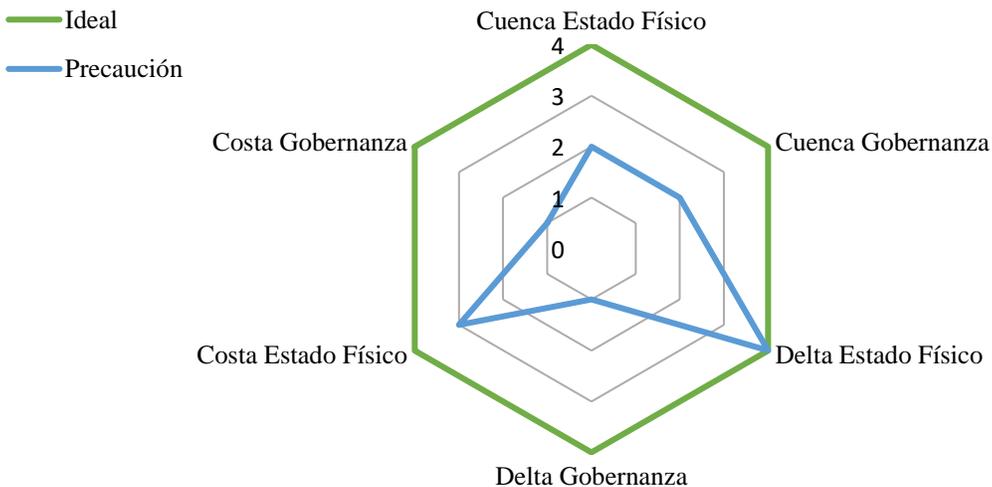


Figura 9. Nivel de afectación por sedimentos del manglar con base en la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation* adaptada a la zona de estudio, resumen de resultados agrupados bajo el principio de precaución

Cabe mencionar que, en el caso del delta, en Estado Físico, aunque el resultado para la guía haya sido excelente bajo los principios (moda y precaución), no significa que no existan problemas a tratar en la escala, solo significa que los criterios que propone la guía no están orientados a identificar los problemas que existen. Lo último debido a que la guía para la escala de delta busca identificar interrupciones en el flujo de sedimento que llega al manglar, la pérdida del delta por falta de sedimentos y la conversión local de mangle a otros usos del suelo en los últimos 5 años. La situación que se presenta actualmente en el delta es de recepción de sedimentos mayor a la natural y no conversión local de mangle a otros usos en los últimos 5 años, aunque sí hay conversiones previo a este período.

3.2.7 Fortalezas y limitaciones de la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the context of Mangrove Restoration and Conservation*

Como fortalezas de la guía se pueden mencionar las siguientes:

- Es una guía de evaluación rápida.
- Permite discusión acerca de los puntos críticos, vacíos de información y vacíos de Gobernanza de la zona de estudio a 4 escalas (cuenca, delta, costa y sitio).
- Sirve como base para generar información.

Como limitaciones de la guía se puede mencionar las siguientes:

- La guía evalúa la afectación del flujo de sedimento por el ser humano solo para casos en los que la cantidad de sedimentos que llega al delta es menor a la natural.
- Existencia de criterios, en su mayoría, evaluables de manera subjetiva lo que dificulta la comparación de resultados entre evaluaciones dado que los resultados dependen del criterio del evaluador.
- La guía no establece o recomienda la metodología a utilizar para responder aquellos criterios de carácter cuantitativo, lo que deja a criterio del evaluador la elección de la herramienta y nueva vez dificulta la comparación con otras evaluaciones.
- Los criterios presentados para la escala de cuenca, en la dimensión de Estado Físico, correspondientes a las calificaciones de problemático y pobre son exactamente los mismos, lo que dificultaría la elección de una u otra calificación en caso de contar con las características que expresan estos criterios.

3.3 Escenarios de cambio de uso del suelo en la cuenca y su impacto en el flujo de sedimentos

Como resultado de la corrida del módulo *Sediment Delivery Ratio* (SDR) del modelo InVEST se obtiene que el escenario más favorable fue con cobertura natural o bosque, donde la capacidad de retención de sedimentos potencial es de 5,198.09 ton/ha/año, el sedimento exportado de 33.51 ton/ha/año y la cantidad de suelo erosionado de 724.18 ton/ha/año, en comparación con la cobertura del año 2020, donde se obtuvo disminución de la capacidad de retención del suelo por los cambios en los usos y coberturas de un 1.42% para una capacidad de retención de 5,124.10 ton/ha/año, incremento en la cantidad de sedimento exportado, y que por ende, llega al manglar, a 107.49 ton/ha/año para un aumento de un 220.80% e incremento

en la cantidad de suelo erosionado a 1,610.38 ton/ha/año equivalente a un 122.37%. Por último, el caso más desfavorable fue el escenario de suelo desnudo con cobertura mínima de pasto natural, donde se obtuvo disminución, en comparación con la cobertura natural, de la capacidad de retención del suelo por los cambios en los usos y coberturas de un 2.88% para una capacidad de retención de 5,048.56 ton/ha/año, incremento en la cantidad de sedimento exportado, y que por ende llega al manglar, a 183.04 ton/ha/año para un aumento de un 446.26% e incremento en la cantidad de suelo erosionado a 2,462.20 ton/ha/año equivalente a un 240.00%.

En la figura 10 se puede visualizar cuáles son las subcuencas con mayor aportes de sedimentos bajo cada escenario.

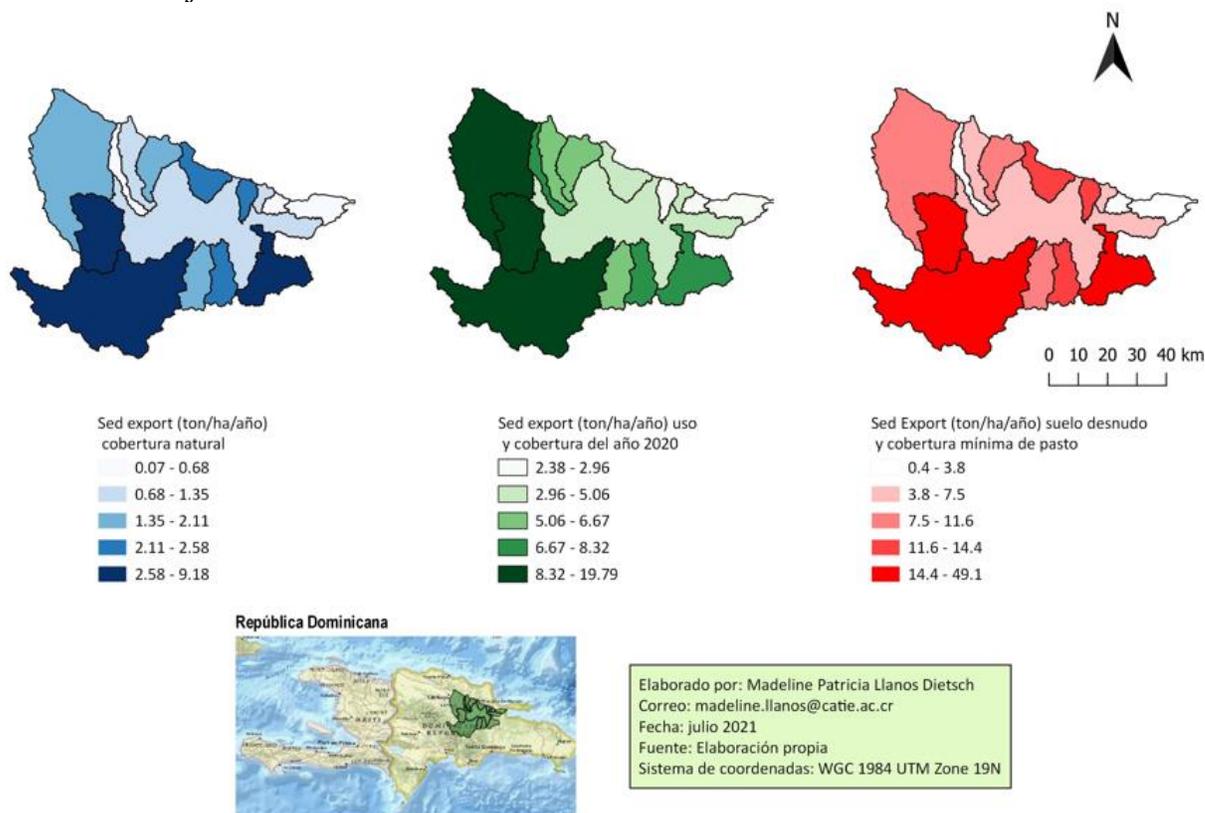


Figura 10. Potencial de sedimento exportado de la cuenca del río Yuna bajo los escenarios de uso y cobertura de suelo del año 2020, cobertura natural o bosque y escenario de suelo desnudo con cobertura mínima de pasto natural

Como se puede observar en la figura 10, la mayor cantidad de sedimento es producida en la parte alta de la cuenca para todos los escenarios, siendo equivalente a un 43.79% del total para el escenario de cobertura natural, un 46.28% para el escenario de usos y cobertura del año 2020 y un 42.98% para el escenario de suelo desnudo y cobertura mínima de pasto.

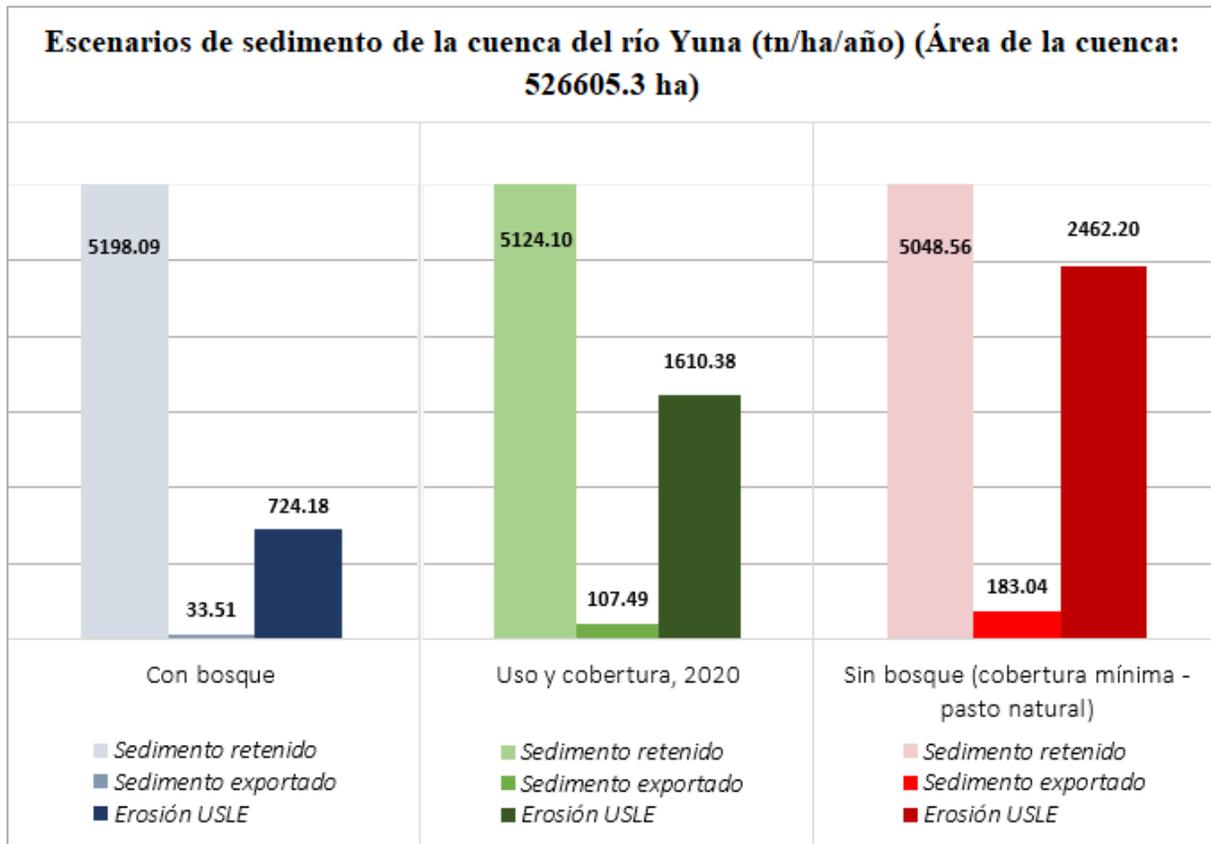


Figura 11. Potencial de sedimento retenido, exportado y erosión USLE de la cuenca del río Yuna bajo los escenarios de uso y cobertura de suelo del año 2020, cobertura natural o bosque y suelo desnudo con cobertura mínima de pasto natural

Los resultados confirman la relación directa que existe entre la cobertura y usos del suelo con la producción de sedimentos y, por ende, la importancia de hacer cambios de usos del suelo con previa planificación y adoptando prácticas que interfieran en la menor manera posible en el curso de la naturaleza. Resultados similares fueron obtenidos por (Restrepo y Syvitski 2006), quienes haciendo uso de datos diarios de agua y sedimentos en suspensión e imágenes satelitales identificaron un incremento de la cantidad de suelo erosionado para el período del 1986 al 2006 que puede ser explicado por la deforestación de un 40% de la cuenca en un periodo de 20 años, así como el incremento de actividades de agricultura y pastos en un 65%, mala conservación de usos del suelo, prácticas mineras y las tasas crecientes de urbanización.

Según Walling y Fang (2003) existe evidencia de registros de carga de sedimentos a largo plazo que indican que los flujos de sedimentos de los ríos son sensibles a muchas influencias, causando un menor flujo de sedimentos en aquellos en los que se presentan construcción de embalses, medidas de conservación de suelo y agua y programas de control de sedimentos, como también, causan un mayor flujo de sedimentos en aquellos en los que se presentan actividades de deforestación y cambio de uso del suelo, actividad minera y producto del cambio climático. A pesar de que la cuenca en estudio cuenta con 3 embalses ubicados en las subcuencas con mayor aporte de sedimentos, es notable que la cantidad de sedimento retenido no representa una obstrucción de sedimento que signifique un menor aporte de

sedimentos al delta, lo que puede confirmarse por medio de la observación de imágenes satelitales.

3.3.1 Supuestos y limitaciones del módulo *Sediment Delivery Ratio* (SDR) del modelo InVEST

Entre los supuestos y limitaciones del módulo SDR, se mencionan:

- Asume que el medio ambiente se encuentra en un estado estable o constante y que todo el sedimento que llega a la corriente llegará a la salida de la cuenca en el mismo año que entra (Leon et al. 2015).
- Está parametrizado por diferentes ecuaciones donde cada una describe un proceso estocástico, su aplicabilidad a regiones que no comparten características similares a las regiones para las que fueron creadas puede representar una limitación en la capacidad del modelo para hacer estimaciones precisas y significativas. Además, la interface del modelo no permite la manipulación de las ecuaciones internas (Leon et al. 2015).
- Depende de la ecuación USLE/RUSLE (Renard *et al.* 1997) que solo considera el sedimento producido por procesos de erosión laminar y en surcos, ignorando las pérdidas de suelos por quebradas, vientos o labranza, erosión en masa y erosión de las riberas (Ozcan et al. 2008; Leon *et al.* 2015; Hamel *et al.* 2015; Sharp *et al.* 2018).
- Los procesos deposicionales aún están siendo investigados y los modeladores reconocen grandes incertidumbres en la representación de estos procesos (Wilkinson *et al.* 2014; Leon *et al.* 2015; Hamel *et al.* 2015).
- La ecuación USLE / RUSLE se creó para sistemas de manejo y cultivos seleccionados en parcelas agrícolas con pendiente baja o nula (Ozcan *et al.* 2008; Leon *et al.* 2015).
- La relación entre la intensidad de la lluvia y la energía cinética propuesta en el modelo USLE / RUSLE podría no aplicar en las parcelas de tierra montañosa porque fue diseñada para su uso en las Grandes Llanuras de Estados Unidos (Leon *et al.* 2015).
- La ecuación USLE/RUSLE solo considera los efectos individuales de cada variable, ignorando el potencial de los efectos acumulativos en el espacio y el tiempo (Leon *et al.* 2015).
- El modelo es muy sensible a los parámetros k e IC_0 , los cuales no están basados en lo físico (Sharp *et al.* 2018).

3.4 Actividades de manejo de la cuenca para minimizar el impacto de la intervención humana en el flujo de sedimentos

Luego de identificadas las problemáticas existentes en torno al flujo de sedimento producto de la intervención humana en la cuenca del río Yuna y su impacto en el PNMBY, se procedió a proponer las siguientes actividades con la finalidad de mitigarlas.

Actividades propuestas

- Creación de Plan de Manejo para el PNMBY y la cuenca del río Yuna

Se conoce como plan de manejo al documento que busca solventar las problemáticas identificadas en un área, por medio de políticas, estrategias y programas de manejo de los

recursos naturales, que permitan una gestión integral de estas. La creación e implementación de planes de manejo da paso al aprovechamiento de los recursos naturales, de manera sostenible, para la satisfacción de las necesidades del ser humano (CATIE 2017).

- Creación de comité de cuencas

Se conoce como comité de cuencas a la entidad multisectorial conformada por el sector público, privado y la sociedad civil, que permite responder a las necesidades medioambientales de la cuenca. La importancia de la entidad reside en la necesidad de integrar a la sociedad en el manejo de los recursos naturales, creando un ambiente donde exista la participación pública, confianza y acceso a la información relacionada a los recursos naturales.

- Campañas de concientización

Campañas de concientización ambiental dirigidas a niños, adolescente y adultos a través de charlas educativas en las escuelas, colegios y por medio comunicados vía radio y televisión, así como talleres en los que se involucren a actores claves. Las campañas permitirían dar a conocer la importancia del medio ambiente y su cuidado y por ende dar paso a una nueva cultura medioambiental.

- Creación de herramienta de gestión de sedimentos para los operadores de presa

Elaborar un documento que permita establecer la frecuencia con las que deben ser medidos los sedimentos en las presas, así como cada que tiempo deben ser abiertas las compuertas para permitir el paso de sedimentos y que permita la creación de una base de datos en torno a la gestión de sedimentos.

- Establecer puntos de muestreo

Contar con puntos de muestreo debidamente identificados por medio de coordenadas para la medición de sedimentos disueltos. Además, realizar mediciones con una frecuencia que permita establecer el comportamiento del flujo de sedimentos a lo largo del año según la estacionalidad y/o ante la presencia de fenómenos naturales, que sirva como línea base a futuras investigaciones en torno al flujo de sedimento de la cuenca.

- Capacitación de técnicos que se encarguen de velar por el cumplimiento de lo establecido en los planes de manejo

Capacitación de los lugareños simultáneamente de la elaboración del plan de manejo, que permita que una vez el plan de manejo se haya concretado su implementación sea posible.

- Fortalecer la fiscalización

Crear grupos encargados a velar por el cumplimiento de la ley dentro de la cuenca, para lograr identificar de manera rápida aquellas apropiaciones de terrenos dentro de las zonas protegidas para la implementación de actividades productivas. Identificar las zonas que han sido intervenidas de manera ilícita y castigar a los responsables de manera que sirva como ejemplo para la sociedad y se discontinúen estas prácticas.

4. CONCLUSIONES

La guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation* busca dar visibilidad a vacíos de información, necesidades de investigación y temas de reflexión existentes a escalas de cuenca, delta, costa y sitio. Para fines de la presente investigación solo fueron evaluadas las escalas de cuenca, delta y costa, por considerarse la escala de sitio como redundante por los autores, además de las limitaciones de tiempo y recursos con las que se contaban. Los problemas encontrados para la zona de estudio se pueden resumir en incumplimiento de la ley, falta de conciencia social, debilidad institucional, ausencia de planes de manejo y regulaciones, ausencia de línea base y monitoreo, recursos limitados, aumento de sedimentos por cambios de usos del suelo, falta de gobernanza, entre otras.

Haciendo uso del software InVEST bajo los escenarios de cobertura y uso del año 2020 y cobertura natural o bosque, además de comparaciones de imágenes satelitales Landsat correspondiente a los años 1991 y 2021, se pudo identificar que en caso del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, la afectación que se ha producido por la intervención humana, específicamente por los cambios de uso del suelo, corresponde a una recepción de sedimentos mayor a la carga que recibiría bajo condiciones naturales. Por esta razón, en los casos específicos de las escalas de delta y costa en dimensión de Estado Físico de la guía de evaluación rápida *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation*, se obtuvo una calificación de excelente y bueno, puesto que los problemas que aquejan a las zonas no corresponden a interrupciones de sedimentos y/o recepción de sedimentos menor que la natural, que provoque la erosión y/o retroceso de la costa y por ende, la pérdida del manglar, que son las problemáticas que busca evaluar la guía.

Ahora bien, a pesar de que la cantidad de sedimento que llega al manglar es mayor que la natural en aproximadamente un 221% según resultados obtenidos del software InVEST y de que la costa se encuentra en progradación, existe presión poblacional que ha provocado la disminución del área de manglar según las observaciones realizadas a las imágenes satelitales Landsat correspondientes a los años 1991 y 2021, en las cuales se aprecia cambios de cobertura del suelo desde las zonas internas del manglar (al oeste del manglar), en la costa y a los laterales de los cauces y caños, que permiten una mayor accesibilidad al manglar y conducen a la compresión de los manglares.

El incremento de la cantidad de sedimentos trae consigo consecuencias como eutrofización de las aguas en algunas zonas, además aunque se encuentre en progradación la costa y el manglar se reproduzca al habitar estas nuevas áreas, las áreas internas del manglar se empiezan a colmatar, porque el espesor de sustrato se engrosa dada la cantidad de sedimentos que llega al manglar, matándolos. Es decir, así como el déficit de sedimento tiene consecuencias negativas, ya que trae consigo nutrientes necesarios para la estabilidad del manglar y para mantener en equilibrio el sustrato que se puede ver afectado por la resuspensión causada debido al oleaje, el exceso de éste también podría tener consecuencias negativas, más aún si la cantidad de sedimento es tan excesiva que colmata a los manglares internos a una velocidad mayor, que la que estos toman para reproducirse y poblar las nuevas áreas de costa en progradación.

Evaluando los escenarios de cobertura y uso del año 2020, cobertura natural o bosque y suelo desnudo con cobertura mínima de pasto por medio del módulo *Sediment Delivery Ratio* del software InVEST, se obtiene que se presenta un aumento en la producción de sedimentos

en un 221% aproximadamente para el escenario de cobertura y uso del suelo del año 2020 y un 446% para el escenario de suelo desnudo y cobertura mínima de pasto, en comparación con los resultados obtenidos del escenario bajo condiciones de cobertura natural o bosque. Por igual pasa con la cantidad de suelo erosionado, donde se presenta un aumento de 122% aproximadamente para el escenario de cobertura y uso del suelo del año 2020 y un 240% para el escenario de suelo desnudo y cobertura mínima de pasto. En el caso de la capacidad de retención de sedimentos, presenta una tendencia a disminuir, para el escenario de cobertura y uso del suelo del año 2020 disminuye en un 1% aproximadamente y para el escenario de suelo desnudo y cobertura mínima de pasto disminuye en un 3%.

El seguimiento de las problemáticas que se presentan en la cuenca, así como establecer un protocolo de monitoreo que permita conocer como las actividades humanas que están afectando el flujo natural de sedimentos y por ende, a la salud del manglar son de suma importancia para mejorar las condiciones actuales en torno al flujo de sedimentos de la cuenca, por lo que se propone la elaboración de un plan de manejo para la cuenca del río Yuna así como para Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, la creación de un comité de cuencas, realizar campañas de concientización, entre otras actividades, que permitan el aprovechamiento óptimo de los recursos a la vez que se vela por su permanencia en el tiempo.

La información obtenida con la aplicación de la guía *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation* y del software InVEST podría servir como base para elaborar el plan de manejo para la cuenca del río Yuna así como del Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, además de que la replicación de la metodología funcionaría como monitoreo y permitiría establecer una línea base.

5. RECOMENDACIONES

Para el uso de la guía *Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation* es recomendable determinar previamente de manera rápida por medio de imágenes satelitales o información secundaria, si el manglar se está viendo afectado por falta de sedimentos, es decir, si la cantidad de sedimentos que llega al manglar se sospecha que es menor a la que llegaría sin intervención humana o en estado natural. Si al hacer la determinación previa se identifica una mayor cantidad a la normal de sedimentos que llega al manglar, se recomienda hacer uso de la dimensión de Gobernanza de la guía que no se ve afectada por esta condición, utilizarla completa a sabiendas de que los resultados estarán sujetos a una evaluación que no aplica para la situación que se presenta en su zona de estudio o utilizar otra guía o instrumento que si evalúe el flujo de sedimentos en casos en los que la cantidad de sedimento que llega al manglar es mayor a la que llegaría en condiciones naturales.

Es preferible la aplicación de la guía en cuencas pequeñas, o en su defecto, con recursos humanos, económicos y disposición de tiempo significativos, que permitan la aplicación de esta en su totalidad.

Aplicar la guía de evaluación a la zona de estudio cada 4 años como monitoreo, lo que permitirá medir en qué nivel afectan las actividades realizadas en la cuenca de manera más precisa, crear una línea base y determinar si las actividades propuestas, en caso de ser realizadas, están dando resultados o necesitan ser modificadas.

6. LITERATURA CITADA

- Agencia Efe. 2019. República Dominicana cuida sus manglares ante cambio climático (en línea). El Comercio. Disponible en <https://www.elcomercio.com/tendencias/republica-dominicana-cuida-manglares-clima.html>.
- Anthony, E; Goichot, M. (2019). Sediment Flow in the Context of Mangrove Restoration and Conservation. s.l., s.e.
- Asociaciones de suelo. 2016. Asociaciones de suelo (en línea, sitio web). Consultado 1 oct. 2020. Disponible en <https://geocatie.maps.arcgis.com/home/item.html?id=77f90ff67a0946fea8c4a572f268b8d9>.
- Borselli, L; Cassi, P; Torri, D. 2008. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena* 75(3):268-277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.006>.
- Calderón, C; Aburto, O; Ezcurra, E. 2009. El valor de los manglares. *Biodiversitas* (82):1-6.
- CATIE. 2017. UNIDAD I: INTRODUCCIÓN AL MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. s.l., s.e. p. 0-60.
- Chowdhury, RR; Uchida, E; Chen, L; Osorio, V; Yoder, L. 2017. Anthropogenic drivers of mangrove loss: Geographic patterns and implications for livelihoods. *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services* :275-300. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_9.
- Decreto No. 265-16. 2016. República Dominicana, La Gaceta Oficial.
- EITI. 2021. Marco Normativo de Minería (en línea, sitio web). Consultado 4 ago. 2021. Disponible en <https://eitird.mem.gob.do/informe-eiti-rd/regulacion-del-sector-extractivo/marco-juridico-de-la-industria-extractiva/marco-juridico/>.
- Ellison, JC. 1999. Impacts of sediment burial on mangroves. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):420-426. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00122-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00122-2).
- Global Mangrove Alliance. 2020. MANGROVES (en línea, sitio web). Consultado 17 may 2020. Disponible en <http://www.mangrovealliance.org/mangrove-forests/>.
- Gómez De Travesedo, N; Saenz Ramírez, P. 2009. VI Plan de Acción DIPECHO para El Caribe Análisis de riesgos de desastres y vulnerabilidades en la República Dominicana Documento de contribución al Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta a Desastres (en línea). Disponible en http://ec.europa.eu/echo/files/funding/opportunities/interest_dipecho7_Rep_Dominicana.pdf.
- Grill, G; Lehner, B; Thieme, M; Geenen, B; Tickner, D; Antonelli, F; Babu, S; Borrelli, P; Cheng, L; Crochetiere, H; Ehalt Macedo, H; Filgueiras, R; Goichot, M; Higgins, J; Hogan, Z; Lip, B; McClain, ME; Meng, J; Mulligan, M; Nilsson, C; Olden, JD; Opperman, JJ; Petry, P; Reidy Liermann, C; Sáenz, L; Salinas-Rodríguez, S; Schelle, P; Schmitt, RJP; Snider, J; Tan, F; Tockner, K; Valdujo, PH; van Soesbergen, A; Zarfl, C. 2019. Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature* 569(7755):215-221. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>.
- Hamel, P; Chaplin-Kramer, R; Sim, S; Mueller, C. 2015. A new approach to modeling the sediment retention service (InVEST 3.0): Case study of the Cape Fear catchment, North Carolina, USA (en línea). *Science of the Total Environment* 524-525:166-177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.027>.
- Hayashi, SN; Souza-Filho, PWM; Nascimento, WR; Fernandes, ME. 2019. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast.

- PLoS ONE 14(6):1-20. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217754>.
- Hayashi, SN; Souza-Filho, PWM; Nascimento, WR; Fernandes, MEB. 2018. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. PLoS ONE 14(6):1-20. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217754>.
- Hengl, T; De Jesus, JM; Heuvelink, GBM; Gonzalez, MR; Kilibarda, M; Blagotić, A; Shangguan, W; Wright, MN; Geng, X; Bauer-Marschallinger, B; Guevara, MA; Vargas, R; MacMillan, RA; Batjes, NH; Leenaars, JGB; Ribeiro, E; Wheeler, I; Mantel, S; Kempen, B. 2017. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *s.l., s.e., vol.12.* 1-40 p. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>.
- Heredia, F. 2010. Manejo integrado costero marino en la República Dominicana (en línea). Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio. (September 2010):121-144. Disponible en [http://hum117.uca.es/ibermar/Resultados y descargas/publicaciones/republicadominicana](http://hum117.uca.es/ibermar/Resultados_y_descargas/publicaciones/republicadominicana).
- Hoque, MZ; Cui, S; Islam, I; Xu, L; Tang, J. 2020. Future impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the lower meghna river estuary, Bangladesh. Sustainability (Switzerland) 12(5):1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12052112>.
- El Jazouli, A; Barakat, A; Ghafiri, A; El Moutaki, S; Ettaqy, A; Khellouk, R. 2017. Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). Geoscience Letters 4(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40562-017-0091-6>.
- Lavieren, H Van; Spalding, M; Alongi, DM; Kainuma, M; Clüsener-godt, M; Adeel, Z. 2012. Securing the future of mangroves. A Policy Brief. DOI: <https://doi.org/http://www.inweh.unu.edu>.
- Leon, F; Johnson, S; Marcon, J; Phares, N. 2015. Watershed Management To Address Sedimentation of Ecuador ' s Rio Chone Estuary. *s.l., University of California.* 1-102 p.
- Ley General Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales No.64. 2000. República Dominicana, La Gaceta Oficial.
- Ley Sectorial de Áreas Protegidas No.202. 2004. República Dominicana, La Gaceta Oficial.
- López Cadenas de Llano, F; Fernández Tomas, G. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión : ingeniería medioambiental. Madrid, Tragsa : Tragsatec.
- Martínez, P. (2016). Programa Caribeño de Conservación de la Biodiversidad Marina: Evaluación de la Situación Actual del Manglar del Bajo Yuna. *s.l., s.e.*
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2020. Áreas Protegidas (en línea, sitio web). Consultado 10 jul. 2020. Disponible en <https://ambiente.gob.do/areas-protegidas/>.
- Morales Ascarrunz, MC. 2014. Estimación de la erosión laminar y sedimentación con modelos hidrológicos para la selección de prácticas de conservación de suelos y cambios de cobertura en la Unidad Hidrográfica de Aquin/Saint-Louis Du Sud- Haití. *s.l., s.e. .*
- Oficina Nacional de Estadísticas. 2013. IX CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010 Características Económicas VOLUMEN V. .
- Osiris de León, R. 2006. Problemática ambiental de la extracción de agregados fluviales en la República Dominicana y propuesta de alternativas. Boletín Geológico y Minero 117(4):747-762.
- Ozcan, AU; Erpul, G; Basaran, M; Erdogan, HE. 2008. Use of USLE / GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Indagi Mountain Pass—C, ankırı, Turkey. :1731-1741. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0779-6>.
- Piman, T; Shrestha, M. 2017. Stockholm Environment Institute, Project Report 2017-03 Case

- study on sediment in the Mekong River Basin: Current state and future trends (en línea). Disponible en www.sei-international.org.
- Renard, K; Foster, G; Weesies, G; McCool, D; Yoder, D. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation. s.l., s.e. 404 p.
- Restrepo, JD; Syvitski, JPM. 2006. Assessing the effect of natural controls and land use change on sediment yield in a major Andean River: The Magdalena Drainage Basin, Colombia. *Ambio* 35(2):65-74. DOI: [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2006\)35\[65:ATEONC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2006)35[65:ATEONC]2.0.CO;2).
- Robinson, H. 2009. Flood Prediction using Distributed Hydrologic Modeling in the Dominican Republic by A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE Master of Science (en línea). (July). Disponible en <https://scholarship.rice.edu/bitstream/handle/1911/62216/1485988.PDF?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rodríguez, MF; Florentino, A; Gallardo, J; García, R de A. 2004. Sistemas de Inmación geográfica en la evaluación de la erosión hídrica en badajoz-españa aplicando la metodología usle . s.l., scielon , vol.54. p. 391-410.
- Rodríguez, TV. 2021. Retienen 28 camiones extraían arenas de ríos (en línea). Santo Domingo, s.e.; 23 mar. Disponible en <https://elnacional.com.do/retienen-28-camiones-extraian-arenas-de-rios/>.
- Sadio, S. 2008. Assesment of Enviromental Post Disaster Needs in Dominican Republic (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://afenconsult.com/doc/assement_env_domrep.pdf.
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004. Reglamento para la aplicacion de la Ley 487-69 sobre control de la explotación y conservación de las aguas subterráneas, y de la norma de calidad de aguas subterráneas y de descargas al subsuelo (en línea). República Dominicana, s.e. Disponible en http://www.cedaf.org.do/globalgap/guia_globalgap_rd/leyes_reglamentos/Reglamento-para-la-Calidad-de-Descargas-de-Aguas-Subterráneas.pdf.
- Sharp, R; Tallis, H.; Ricketts, T; Guerry, A.; Wood, S.; Chaplin-Kramer, R; Nelson, E; Ennaanay, D; Wolny, S; Olwero, N; Vigerstol, K; Pennington, D; Mendoza, G; Aukema, J; Foster, J; Forrest, J; Cameron, D; Arkema, K; Lonsdorf, E; Kennedy, C; Verutes, G; C.K, K; Guannel, G; Papenfus, M; Toft, J; Marsik, M; Bernhardt, J; Griffin, R; Glowinski, K; Chaumont, N; Perelman, A; Lacayo, M; Mandle, L; Hamel, P; Vogl, A.; Rogers, L; Bierbower, W; Denu, D; Douglass, J. 2018. InVEST 3.7.0 User's Guide (en línea). s.l., s.e. 1-155 p. Disponible en <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest#helper-tools>.
- Syvitski, JPM; Kettner, A. 2011. Sediment flux and the anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369(1938):957-975. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0329>.
- Syvitski, JPM; Vörösmarty, CJ; Kettner, AJ; Green, P. 2005. Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science* 308(5720):376-380. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1109454>.
- UCSC; IH Cantabria; TNC; Beck, MW; Narayan, S; Losada, IJ; Hermosa, AE; Ortega, ST; UWI; Mandal, A; Smith, R-A; Edwards, T; Kinlocke, R; Mitchell, S; Webber, M; Trench, C; Francis, P; Spence, A; Edwards, PET. 2019. Forces of bature. s.l., s.e. 95 p.
- UICN; MIMARENA. 2010. Áreas protegidas y cambio climático : Perspectivas legales y acciones de gestión en República Dominicana. :20.

- USAID; TNC; CEBSE; MIMARENA. 2012. Plan de Conservación Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna. República Dominicana, s.e. 67. p.
- Vieira, JGMS; Salgueiro, J; Soares, AMV da M; Azeiteiro, U; Morgado, F. 2019. An integrated approach to assess the vulnerability to erosion in mangroves using GIS models in a tropical coastal protected area. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 11(2):289-307. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2017-0110>.
- Vigiak, O; Borselli, L; Newham, LTH; McInnes, J; Roberts, AM. 2012. Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio (en línea). *Geomorphology* 138(1):74-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.026>.
- Walling, DE; Fang, D. 2003. Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. *Global and Planetary Change* 39(1-2):111-126. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00020-1).
- Wilkinson, SN; Dougall, C; Kinsey-henderson, AE; Searle, RD; Ellis, RJ; Bartley, R. 2014. Science of the Total Environment Development of a time-stepping sediment budget model for assessing land use impacts in large river basins ☆ (en línea). *Science of the Total Environment, The* 468-469:1210-1224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.049>.
- Zambrano, J. 2015. Estimación de la producción y transporte de sedimentos en cuencas urbanas pequeñas a escala de evento mediante un modelo de base física basado en SIG (en línea). TDX (Tesis Doctorals en Xarxa) :295. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95706?show=full>.

ANEXOS

ANEXO 1. Antecedentes del Impacto de la intervención humana en la salud del manglar y la Modelación de sedimentos en cuencas

Dada la importancia que representan los servicios brindados por los ecosistemas de manglar, se han realizado investigación en torno al impacto de la intervención humana sobre estos ecosistemas a nivel mundial, ejemplo de estas son las siguientes:

- *The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast*, en la investigación se buscaba determinar cuáles actividades o intervenciones humanas conducían a la degradación del manglar, haciendo uso de los Sistemas de Información geográfica (SIG) e imágenes de RapidEye. Se encontró que la principal causa de degradación había sido las vías pavimentadas por el cambio de uso del suelo que implica su construcción, la facilidad de acceso al manglar que brindan, la promoción de asentamientos humanos cercanas a las vías por la facilidad de transporte, entre otras; también se menciona la influencia de los factores económicos, sociales y políticos en la pérdida del manglar (Hayashi *et al.* 2018).
- *Anthropogenic Drivers of Mangrove Loss: Geographic Patterns and Implications for Livelihoods*, en esta investigación, fueron determinadas las causas fundamentales de pérdida del manglar a nivel global por medio a revisión de 43 casos de estudios distribuidos en África, Asia y América Latina. Las causas fundamentales identificadas fueron: el desarrollo de infraestructuras, cambios de uso del suelo por agricultura o acuicultura y extracción de madera, estando presente el desarrollo de infraestructuras en 20 de los 43 casos y los cambios de uso de suelo y extracción de madera en 29 de los 43 casos (Chowdhury *et al.* 2017).
- *Future Impact of Land Use/ Land Cover changes on Ecosystem Services in the Lower Meghna River Estuary, Bangladesh*, en esta investigación, haciendo uso de imágenes satelitales y SIG, fueron propuesto los escenarios de uso y cobertura de suelo de desarrollo de negocio como de costumbre, prioridad de desarrollo económico, prioridad de protección ecológica y prioridad de repoblación forestal con los que se predijo el efecto de estos en los servicios ecosistémicos para el año 2038 (Hoque *et al.* 2020).

Por otro lado, es sabido que los procesos erosivos y sedimentarios juegan un papel de importancia en la disponibilidad del recurso hídrico y la conservación de ecosistemas como los manglares, razón por la cual se han venido estudiando a nivel mundial haciendo uso de modelos y SIG. Ejemplo de esto son las siguientes investigaciones:

- Estimación de la producción y transporte de sedimentos en cuencas urbanas pequeñas a escala de evento mediante un modelo de base física basado en SIG, la cual consistió en la elaboración de un modelo para la estimación de la producción y transporte de sedimento en cuencas, que se compone de un modelo hidrológico y un modelo sedimentológico, además, de hacer uso de la herramienta SIG, el modelo fue calibrado y validado en las cuencas de Masdeu y Goodwin Creeck la cuales cuentan con condiciones totalmente distintas (Zambrano 2015).

- *Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco)*, esta investigación fue desarrollada haciendo uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, USLE por sus siglas en inglés, de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de índices espectrales, como resultado obtuvo la pérdida potencial del suelo para la zona y fue identificado el grado de degradación con que contaban las áreas que componen la cuenca (El Jazouli et al. 2017).
- *Watershed management to address sedimentation of Ecuador's Rio Chone estuary*, en esta investigación fue identificado cuál de los procesos erosivos que ocurren en la cuenca era la mayor contribución de sedimentos, se contabilizó la cantidad de sedimentos producidos por la erosión de la superficie a causa de escorrentía y fueron modelados escenarios de distintos usos del suelo para estimar como estos afectan a la tasa de erosión. Como resultado se obtuvo que el proceso erosivo que producía mayor cantidad de sedimentos para la cuenca es la erosión laminar, en comparación con los resultados de erosión obtenidos bajo los procesos de erosión del cauce y erosión por vías no pavimentadas, y que la implementación de estrategias de conservación en parcelas de cultivos y actividades de reforestación en zonas degradadas tienen el potencial de disminuir este tipo de erosión. Para el desarrollo de la investigación fueron utilizados los SIG e InVEST (Leon et al. 2015).
- *Case study on Sediment in the Mekong River Basin: current state and future trends*, la finalidad del reporte fue la de identificar los problemas en el manejo sostenible de sedimentos en la cuenca Mekong, la cual presenta vulnerabilidades dado el rápido desarrollo y al cambio climático. Se encontró que entre las principales problemáticas está la retención de sedimentos por presas, deforestación, desarrollo de llanuras de inundación y minería en el río. En el reporte se resume la información de la situación actual, así como, la tendencia de sedimentos, y los principales desafíos que se presentan para lograr un adecuado manejo de sedimentos. Los modelos utilizados para cumplir estos objetivos fueron: PRECIS y SWAT. La información resultante puede ser útil para los elaboradores de políticas, así como para donadores externos interesados en dar apoyo con la finalidad de lograr un adecuado manejo de sedimentos (Piman y Shrestha 2017).

ANEXO 2. Población

Cuadro 14. Porcentaje de área de los municipios que corresponden a la cuenca del río Yuna y su población

Municipios	% de área correspondiente a la cuenca	Población	Municipios	% de área correspondiente a la cuenca	Población
San Francisco de Macorís	55.57%	188,118.00	Villa Tapia	100.00%	24,871.00
Arenoso	88.99%	14,062.00	Sánchez	25.18%	24,509.00
Castillo	98.19%	15,709.00	Cotuí	97.34%	76,554.00
Pimentel	100.00%	17,864.00	Cevicos	99.56%	13,759.00
Villa Riva	82.72%	33,663.00	Fantino	100.00%	22,117.00
Las Guráνας	100.00%	14,661.00	La Mata	100.00%	38,962.00
Eugenio María de Hostos	100.00%	5,497.00	Santiago	5.51%	691,262.00
Moca	67.83%	179,829.00	Licey al Medio	100.00%	25,539.00
Cayetano Germosén	100.00%	6,911.00	Tamboril	84.84%	51,695.00
La Vega	94.54%	248,089.00	Puñal	85.00%	46,516.00
Constanza	22.69%	59,052.00	Bonao	99.76%	125,338.00
Jarabacoa	13.71%	56,803.00	Maimón	97.99%	18,952.00
Jima Abajo	100.00%	30,261.00	Piedra Blanca	93.66%	20,934.00
Nagua	1.51%	40,611.00	Monte Plata	2.85%	46,723.00
El Factor	2.72%	13,557.00	Sabana Grande de Boyá	29.78%	31,096.00
Puerto Plata	0.30%	158,756.00	Peralvillo	2.60%	20,900.00
Salcedo	52.49%	39,557.00	Rancho Arriba	9.00%	10,299.00
Tenares	23.10%	27,765.00	Población Total		2,440,791.00

ANEXO 3. Porcentaje de personas económicamente activas en la cuenca

Cuadro 15 .Porcentaje de personas económicamente activas involucradas en las actividades desarrolladas en la cuenca del río Yuna

Actividad Productiva	% de personas económicamente activas involucradas en las actividades	Actividad Productiva	% de personas económicamente activas involucradas en las actividades
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	24.55%	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	3.31%
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	13.53%	Servicios sociales y de salud	3.06%
Industrias manufactureras	12.00%	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	2.91%
Construcción	6.98%	Hoteles y restaurantes	2.71%
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	6.82%	Intermediación financiera	1.61%
Hogares privados con servicio doméstico	6.04%	Suministro de electricidad, gas y agua	0.77%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	5.59%	Explotación de minas y canteras	0.43%
Enseñanza	4.78%	Pesca	0.12%
No declarada	4.78%	Organizaciones y órganos extraterritoriales	0.01%

ANEXO 4. Encuestas completadas por expertos para adaptación de la guía

Encuesta de validación para la guía: Sediment Flow in the context of mangrove restoration and conservation

Datos del encuestado

Nombre: Indhira De Jesús

Estudios: Maestría en ingeniería ambiental

Correo: indhira.dejesus@intec.edu.do

Cuenca- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Flujo libre del río (según la definición en Grill <i>et al.</i> Nature, 2019)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Construcciones en la cuenca (conectividad longitudinal) de presas que limiten el paso de sedimentos (p. ej. sin salidas de bajo nivel o con grandes razones de almacenamiento a entrada)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Extracción de arena (p. ej. agregados), limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Obstrucciones de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (conectividad lateral)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Erosión limitada a las orillas del río o incisión en el lecho del río, atribuida a procesos naturales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f. Al menos la carga de sedimento natural es entregada al delta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique</p>			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Los actores públicos y privados tales como organizaciones de cuenca, agencias del recurso agua, y operadores de presas (si hay) tienen mandatos claros y son funcionales, bien dotados, operando de acorde a planes integrales basados en presupuesto de sedimentos y coordinados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas (p. ej. descarga) hacen un uso regular y eficaz de las instalaciones disponibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Regulaciones relacionadas con sedimentos (p. ej. permitir la extracción y dragado de la arena) son comprensibles y bien aplicadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Está disponible información de línea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo incluye los parametros, la locación y la frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública efectiva en el manejo de cuencas, así como confianza pública y acceso a los planes y datos relacionados con los sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Delta- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Estado del delta, densidad poblacional y conversión neta de vegetación natural como manglares, humedales y pastizales en asentamientos, agricultura, acuicultura u otros usos de la tierra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Salud del ecosistema de manglar, y presiones bajo las que se encuentra (p. ej. desbaste de madera, pesca, sequías, fuegos u otras presiones)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Afectación del transporte de sedimentos y nutrientes asociados por, entre otras cosas, insición o dragado del río, regulación de los patrones de inundaciones naturales mediante presas aguas arriba, e infraestructura como presas que cortan las distribuciones, caminos sin alcantarillas, diques sin compuertas para permitir inundaciones temporales etc	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Balance entre la deposición de sedimento, subcidencia y aumento del nivel del mar a lo largo de la longitud de la orilla del río y la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Delta- Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Visión del delta a largo plazo, expresada en políticas, planes y capacidad de implementación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Mapeo, ubicación, diseño y operación de infraestructuras, para el efectivo transporte y deposición de sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas. Existencia de participación pública efectiva en el manejo del delta, así como confianza pública y acceso a datos y planes relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Costa- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Estructuras ingenieriles tales como groyne, puertos, etc. que pudieran intervenir en el movimiento de sedimento a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios de uso del suelo que pueden conducir a la compresión de manglares	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Progradación y erosión de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Existencia de liderazgo político y agencias capaces, responsables del manejo costero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Mapeo, ubicación y diseño de infraestructuras	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública en el manejo de la costa, y confianza y accesibilidad pública a planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique</p>			

Sitio - Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Salud del manglar, evidencia de etapas de crecimiento y vida silvestre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Existencia de infraestructuras tales como espigones o malecones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Uso humano del manglar (p. ej. Para el desbaste de madera, pesca, extracción de sedimentos, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Sitio - Govenanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Manejo del sitio, y existencia de responsabilidades claras, planes adecuados y recursos suficientes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales en el sitio tales como topografía y bati metría, corrientes, mareas y olas, substrato y vegetación y acreción/erosión de la costa y existencia de monitoreo con parámetros, ubicaciones y frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Conciencia comunitaria, participación en la gestión del sitio, confianza y accesibilidad a los planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Encuesta de validación para la guía: Sediment Flow in the context of mangrove restoration and conservation

Datos del encuestado

Nombre: JOSE FIDEL PEREZ DURAN
 Estudios: Ph.D. Ing. Civil (Hidrología) Brigham Young University, Utah
 Correo: jfidelp@yahoo.com

Cuenca- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Flujo libre del río (según la definición en Grill <i>et al.</i> Nature, 2019)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Construcciones en la cuenca (conectividad longitudinal) de presas que limiten el paso de sedimentos (p. ej. sin salidas de bajo nivel o con grandes razones de almacenamiento a entrada)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Extracción de arena (p. ej. agregados) , limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Obstrucciones de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (conectividad lateral)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Erosión limitada a las orillas del río o incisión en el lecho del río, atribuida a procesos naturales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f. Al menos la carga de sedimento natural es entregada al delta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique LA FUENTE DE SEDIMENTO ES LA EROSION DE LAS CUENCAS, Y NO PARECEN HABERSE TOMADO EN CUENTA. LOS INCISOS a. HATA EL f. SE REFIEREN TODOS AL CAUCE Y NO A LA CUENCA. ESTOS PUNTOS APLICAN TODOS AL TRANSPORTE Y DESPOSICION DE SEDIMENTOS, PERO NINGUNO ES DE LA CUENCA. FACTORES COMO LA COBERTURA DE SUELOS, EL TIPO DE USO, EL TIPO DE SUELOS, LA PENDIENTE DE LA CUENCA, Y LA PENDIENTE DEL CAUCE. NINGUNO HA SIDO INCLUIDO EN LA LISTA</p>			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Los actores públicos y privados tales como organizaciones de cuenca, agencias del recurso agua, y operadores de presas (si hay) tienen mandatos claros y son funcionales, bien dotados, operando de acorde a planes integrales basados en presupuesto de sedimentos y coordinados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mas que no aplica es que eso no existe en RD
b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas (p. ej. descarga) hacen un uso regular y eficaz de las instalaciones disponibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No se hace en RD
c. Regulaciones relacionadas con sedimentos (p. ej. permitir la extacción y dragado de la arena) son comprensibles y bien aplicadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se controla muy poco o nada en el pais. La industria de construcción tiene mucho peso, y pesos
d. Está disponible información de linea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo incluye los parametros, la locación y la frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Es importante, pero no existe monitoreo de ningún tipo
e. Participación pública efectiva en el manejo de cuencas, así como confianza pública y acceso a los planes y datos relacionados con los sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No se hace en RD
<p>¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique LA EXISTENCIA DE REGULACIONES ERICTAS DE REHABILITACION DE TRAMOS DE RIOS A SU ESTADO ORIGINAL , Y DECOMISION DE PRESAS Y EMBALSES (ELIMINACION) CUANDO ESTAS HAN CUMPIDO SU ROL O CUANDO YA REPRESENTAN UN PROBLEMA.</p>			

Delta- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Estado del delta, densidad poblacional y conversión neta de vegetación natural como manglares, humedales y pastizales en asentamientos, agricultura, acuicultura u otros usos de la tierra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Salud del ecosistema de manglar, y presiones bajo las que se encuentra (p. ej. desbaste de madera, pesca, sequías, fuegos u otras presiones)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Afectación del transporte de sedimentos y nutrientes asociados por, entre otras cosas, insicisión o dragado del río, regulación de los patrones de inundaciones naturales mediante presas aguas arriba, e infraestructura como presas que cortan las distribuciones, caminos sin alcantarillas, diques sin compuertas para permitir inundaciones temporales etc	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Balance entre la deposición de sedimento, subcidencia y aumento del nivel del mar a lo largo de la longitud de la orilla del río y la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Visión del delta a largo plazo, expresada en políticas, planes y capacidad de implementación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aplica si la metodología incluye escenarios en los cuales pueda inlcuirse analisis para el estado de la cuenca y el cauce a largo plazo
b. Mapeo, ubicación, diseño y operación de infraestructuras, para el efectivo transporte y deposición de sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NO existen en RD
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas. Existencia de participación pública efectiva en el manejo del delta, así como confianza pública y acceso a datos y planes relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No existen en RD datos de sedimentos medidos en los cauces, si existe datos en línea de caudales
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Costa- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Estructuras ingenieriles tales como groyne, puertos, etc. que pudieran intervenir en el movimiento de sedimento a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios de uso del suelo que pueden conducir a la compresión de manglares	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Progradación y erosión de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique ANALISIS DE OLEAJE A LO LARGO DE LA COSTA ANTES Y DESPUES DE LA DESEMBOCADURA DEL CAUCE AL MAR. ALGUNAS FORMACIONES GEOGRAFICAS AYUDAN A DEPOSICION DE SEDIMENTOS Y FORMACION DE PLAYAS, A VECES EL OLEAJE LA DISTRIBUYE Y HASTA TAPA O BLOQUEA LA BOCA DE RIO.</p>			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Existencia de liderazgo político y agencias capaces, responsables del manejo costero	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	El liderazgo politico no aplica, lo de agencias capaces solo aplica si se analizan escenarios
b. Mapeo, ubicación y diseño de infraestructuras	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de linea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública en el manejo de la costa, y confianza y accesibilidad pública a planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El publico puede poner alguna presion a los tomadores de decision
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Sitio - Estado Físico

	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Salud del manglar, evidencia de etapas de crecimiento y vida silvestre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Existencia de infraestructuras tales como espigones o malecones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Uso humano del manglar (p. ej. Para el desbaste de madera, pesca, extracción de sedimentos, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique EL TIPO DE SEDIMENTO QUE FINALMENTE LLEGA AL SITIO ESPECIFICO			

Sitio - Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Manejo del sitio, y existencia de responsabilidades claras, planes adecuados y recursos suficientes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales en el sitio tales como topografía y batimetría, corrientes, mareas y olas, substrato y vegetación y acreción/erosión de la costa y existencia de monitoreo con parámetros, ubicaciones y frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No se mide sedimentos en RD
c. Conciencia comunitaria, participación en la gestión del sitio, confianza y accesibilidad a los planes y datos relevantes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Encuesta de validación para la guía: Sediment Flow in the context of mangrove restoration and conservation

Datos del encuestado

Nombre: Pedro Martinez

Estudios: Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Correo: pmartinez57@uasd.edu.do

Cuenca- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Flujo libre del río (según la definición en Grill <i>et al.</i> Nature, 2019)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Construcciones en la cuenca (conectividad longitudinal) de presas que limiten el paso de sedimentos (p. ej. sin salidas de bajo nivel o con grandes razones de almacenamiento a entrada)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Extracción de arena (p. ej. agregados), limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Obstrucciones de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (conectividad lateral)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Erosión limitada a las orillas del río o incisión en el lecho del río, atribuida a procesos naturales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f. Al menos la carga de sedimento natural es entregada al delta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Los actores públicos y privados tales como organizaciones de cuenca, agencias del recurso agua, y operadores de presas (si hay) tienen mandatos claros y son funcionales, bien dotados, operando de acorde a planes integrales basados en presupuesto de sedimentos y coordinados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas (p. ej. descarga) hacen un uso regular y eficaz de las instalaciones disponibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Regulaciones relacionadas con sedimentos (p. ej. permitir la extracción y dragado de la arena) son comprensibles y bien aplicadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Está disponible información de linea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo incluye los parametros, la locación y la frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública efectiva en el manejo de cuencas, así como confianza pública y acceso a los planes y datos relacionados con los sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Delta- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Estado del delta, densidad poblacional y conversión neta de vegetación natural como manglares, humedales y pastizales en asentamientos, agricultura, acuicultura u otros usos de la tierra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Salud del ecosistema de manglar, y presiones bajo las que se encuentra (p. ej. desbaste de madera, pesca, sequías, fuegos u otras presiones)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Afectación del transporte de sedimentos y nutrientes asociados por, entre otras cosas, insicición o dragado del río, regulación de los patrones de inundaciones naturales mediante presas aguas arriba, e infraestructura como presas que cortan las distribuciones, caminos sin alcantarillas, diques sin compuertas para permitir inundaciones temporales, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Balance entre la deposición de sedimento, subcidencia y aumento del nivel del mar a lo largo de la longitud de la orilla del río y la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Delta- Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Visión del delta a largo plazo, expresada en políticas, planes y capacidad de implementación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Mapeo, ubicación, diseño y operación de infraestructuras, para el efectivo transporte y deposición de sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas. Existencia de participación pública efectiva en el manejo del delta, así como confianza pública y acceso a datos y planes relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Costa- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Estructuras ingenieriles tales como groyne, puertos, etc. que pudieran intervenir en el movimiento de sedimento a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios de uso del suelo que pueden conducir a la compresión de manglares	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Progradación y erosión de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Costa- Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Existencia de liderazgo político y agencias capaces, responsables del manejo costero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Mapeo, ubicación y diseño de infraestructuras	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública en el manejo de la costa, y confianza y accesibilidad pública a planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Sitio - Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Salud del manglar, evidencia de etapas de crecimiento y vida silvestre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Existencia de infraestructuras tales como espigones o malecones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Uso humano del manglar (p. ej. Para el desbaste de madera, pesca, extracción de sedimentos, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Sitio - Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Manejo del sitio, y existencia de responsabilidades claras, planes adecuados y recursos suficientes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales en el sitio tales como topografía y batimetría, corrientes, mareas y olas, substrato y vegetación y acreción/erosión de la costa y existencia de monitoreo con parámetros, ubicaciones y frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Conciencia comunitaria, participación en la gestión del sitio, confianza y accesibilidad a los planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Encuesta de validación para la guía: Sediment Flow in the context of mangrove restoration and conservation

Datos del encuestado

Nombre: José Alarcon Mella
 Estudios: Ingeniero agronomo con maestría en suelos y agua
 Correo: alarconmella@gmail.com

Cuenca- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Flujo libre del río (según la definición en Grill <i>et al.</i> Nature, 2019)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Construcciones en la cuenca (conectividad longitudinal) de presas que limiten el paso de sedimentos (p. ej. sin salidas de bajo nivel o con grandes razones de almacenamiento a entrada)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Extracción de arena (p. ej. agregados) , limo y arcilla (p. ej. para la producción de ladrillos) del fondo u orillas del río, o islas de la cuenca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Obstrucciones de intercambios naturales entre el lecho del río y zonas de inundación (conectividad lateral)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Erosión limitada a las orillas del río o incisión en el lecho del río, atribuida a procesos naturales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f. Al menos la carga de sedimento natural es entregada al delta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Cuenca- Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Los actores públicos y privados tales como organizaciones de cuenca, agencias del recurso agua, y operadores de presas (si hay) tienen mandatos claros y son funcionales, bien dotados, operando de acorde a planes integrales basados en presupuesto de sedimentos y cordinados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Las operaciones de gestión de sedimentos en las presas (p. ej. descarga) hacen un uso regular y eficaz de las instalaciones disponibles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Regulaciones relacionadas con sedimentos (p. ej. permitir la extacción y dragado de la arena) son comprensibles y bien aplicadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Está disponible información de linea base relacionada a sedimentos, y el monitoreo incluye los parametros, la locación y la frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública efectiva en el manejo de cuencas, así como confianza pública y acceso a los planes y datos relacionados con los sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Delta- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Estado del delta, densidad poblacional y conversión neta de vegetación natural como manglares, humedales y pastizales en asentamientos, agricultura, acuicultura u otros usos de la tierra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Salud del ecosistema de manglar, y presiones bajo las que se encuentra (p. ej. desbaste de madera, pesca, sequías, fuegos u otras presiones)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Afectación del transporte de sedimentos y nutrientes asociados por, entre otras cosas, insición o dragado del río, regulación de los patrones de inundaciones naturales mediante presas aguas arriba, e infraestructura como presas que cortan las distribuciones, caminos sin alcantarillas, diques sin compuertas para permitir inundaciones temporales, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Balance entre la deposición de sedimento, subsidencia y aumento del nivel del mar a lo largo de la longitud de la orilla del río y la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique CREO QUE EN ESTA CUENCA ES IMPORTANTE TOMAR EN CUENTA EL CULTIVO DE ARROZ DE FORMA ESPECIAL</p>			

Delta- Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Visión del delta a largo plazo, expresada en políticas, planes y capacidad de implementación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Mapeo, ubicación, diseño y operación de infraestructuras, para el efectivo transporte y deposición de sedimentos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas. Existencia de participación pública efectiva en el manejo del delta, así como confianza pública y acceso a datos y planes relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Costa- Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Presión poblacional y actividades económicas a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Estructuras ingenieriles tales como groyne, puertos, etc. que pudieran intervenir en el movimiento de sedimento a lo largo de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Estructuras ingenieriles tales como diques marinos, carreteras y cambios de uso del suelo que pueden conducir a la compresión de manglares	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Progradación y erosión de la costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Existencia de liderazgo político y agencias capaces, responsables del manejo costero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Mapeo, ubicación y diseño de infraestructuras	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Existencia de regulaciones comprensibles y aplicables	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales tales como topografía y barimetría, efluentes, sedimento, nutrientes, niveles de las aguas subterráneas, y vegetación; el monitoreo incluye los parámetros, ubicaciones y frecuencias correctas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Participación pública en el manejo de la costa, y confianza y accesibilidad pública a planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Sitio - Estado Físico

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Salud del manglar, evidencia de etapas de crecimiento y vida silvestre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Existencia de infraestructuras tales como espigones o malecones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Uso humano del manglar (p. ej. Para el desbaste de madera, pesca, extracción de sedimentos, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

Sitio - Gobernanza

De los siguientes criterios e indicadores, ¿Cuáles considera usted que son importantes para analizar el estado físico de la cuenca con respecto a el flujo de sedimentos?			
	Aplica	No aplica	Por qué?
a. Manejo del sitio, y existencia de responsabilidades claras, planes adecuados y recursos suficientes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
b. Disponibilidad de datos de línea base en condiciones naturales en el sitio tales como topografía y batimetría, corrientes, mareas y olas, substrato y vegetación y acreción/erosión de la costa y existencia de monitoreo con parámetros, ubicaciones y frecuencia correctas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c. Conciencia comunitaria, participación en la gestión del sitio, confianza y accesibilidad a los planes y datos relevantes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Entiende usted que hace falta algún indicador que debe ser tomado en cuenta? ¿Cuál es? Justifique			

ANEXO 5. Script de función para enmascarar nubes usando la banda de control de calidad Sentinel-2 en Google Earth Engine

```
////////////////////////////////////
/**
 * Function to mask clouds using the Sentinel-2 QA band
 * @param {ee.Image} image Sentinel-2 image
 * @return {ee.Image} cloud masked Sentinel-2 image
 */
function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');

  // Bits 10 and 11 are clouds and cirrus, respectively.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  // Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

  return image.updateMask(mask).divide(10000);
}

var dataset = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterDate('2020-01-01', '2020-12-31')
  .filterBounds(geometry)
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',10))
  .map(maskS2clouds);

var visualization = {
  min: 0.0,
  max: 0.3,
  bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
};

//Map.setCenter(83.277, 17.7009, 12);

//Map.addLayer(dataset.median(), visualization, 'RGB');

////////////////////////////////////
// Ubicar la zona de interes - cuenca Yuna
Map.addLayer(table, {}, 'extension_cuenca_Yuna4326', true);
// clip de la imagen con el cuadro
var clip = dataset.median().clipToCollection(table);

Map.addLayer(clip, visualization, 'RGB');
////////////////////////////////////
// Create an arbitrary rectangle.
//var geometry = ee.Geometry.Rectangle([-70.84077, 18.59425, -69.60029,
19.58477]);
```

```
//Exportamos la imagen incorporando las bandas deseadas, un nombre de
archivo de salida y una resolución
Export.image.toDrive({
  image: clip.select("B2", "B3", "B4", "B8","B11", "B12"),
  description: 'Imagen_CYuna_S2',
  scale: 10,
  maxPixels: 1e13,
  region: geometry,
  fileFormat: 'GeoTIFF'
});
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

ANEXO 6. Fotografías de recorridos realizados

Anexo 6.1 Presa Pinalito



Visita a presa Pinalito en fecha 01 de marzo de 2021. De derecha a izquierda operador de maquinaria Merejildo Pérez e ingeniera Madeline Llanos



Muro de presa Pinalito



Embalse de la presa Pinalito



Cola de presa Pinalito

Anexo 6.2 Presa rincón



Muro de presa Rincón



Embalse de presa Rincón

Anexo 6.3 Presa Hatillo



Casa de maquinas de presa Hatillo



Planta de tratamiento de presa Hatillo



Embarcaciones en embalse de presa Hatillo



Muro de presa Hatillo

Anexo 6.4 Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, recorrido vía tierra



Zona dentro del área protegida del PNMBY talada de manera ilícita por lugareños para el desarrollo de actividades productivas



Zona dentro del área protegida del PNMBY talada de manera ilícita por lugareños para el desarrollo de actividades productivas



Zona dentro del área protegida del PNMBY talada de manera ilícita por lugareños para el desarrollo de actividades productivas



Desechos sólidos que llegan al área protegida del PNMBY



Vertedero dentro de los límites del área protegida PNMBY



Vertedero dentro de los límites del área protegida PNMBY



Estanque para cría de peces y camarones en baja densidad. Creado por la Asociación de pescadores la Fe, dentro del área protegida PNMBY. Existen 22 estanques con dimensiones de 18 x 80 m

Anexo 6.5 Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna, recorrido vía mar



Propágulos de mangle rojo y negro utilizados para proyecto de regeneración por el CEBSE



De derecha a izquierda brotes de mangle rojo, negro y blanco producto de intervenciones de regeneración por el CEBSE



Brotos de mangle rojo, negro y blanco producto de intervenciones de regeneración por el CEBSE



Brotos de mangle rojo, negro y blanco producto de intervenciones de regeneración por el CEBSE



Brotos de mangle rojo, negro y blanco producto de intervenciones de regeneración por el CEBSE



Acreción de la costa por la llegada de mayor cantidad de sedimentos



Acreción de la costa por la llegada de mayor cantidad de sedimentos



Desechos sólidos que llegan al manglar arrastrados por la corriente del cauce



Desechos sólidos que llegan al manglar arrastrados por la corriente del cauce



Desechos sólidos que llegan al manglar arrastrados por la corriente del cauce