

PAUTAS PARA UN MEJOR MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA MANGLAR EN CUBA

GUIDELINES FOR BETTER MANAGEMENT AND CONSERVATION OF THE MANGROVE ECOSYSTEM IN CUBA

Autores: Julio Ernesto Santana Castillo¹

Laritz González Leiva¹

Julio Valentín Santana Cruz²

Institución:¹Centro de Investigación de Ecosistemas Costeros, Cayo Coco, Cuba

²Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) Florencia, Cuba

Correo electrónico: jscastillo15000@gmail.com

lgleiva94@gmail.com

juliovalentinsantanacruz@gmail.com

RESUMEN

Los manglares son uno de los tipos de bosques más importantes por sus servicios ecosistémicos y roles ecológicos. Representan el 5 % de la tierra emergida de Cuba. Poseen una dinámica que depende críticamente del balance entre el agua dulce y aumento en el nivel del mar. Posen una alta conectividad con otros ecosistemas constituyendo parte de los primeros niveles de energía, aportando refugio a los primeros estadios de vida de animales terrestres y marinos. Sin embargo el manglar se degrada en el archipiélago cubano, se hace necesario estudiar las causas de su mortalidad y alternativas para su recuperación. El objetivo de la revisión es analizar los referentes investigativos del ecosistema manglar, dinámica, conectividad, impactos de la actividad antrópica, factores que influyen en la pérdida de cobertura, iniciativas de manejo y rehabilitación. Los métodos utilizados son teóricos y se destacan el análisis/síntesis y el inductivo/deductivo. Los principales hallazgos teóricos se refieren al carácter destructor de la actividad antrópica y como al mismo tiempo se diseñan metodologías que posibilitan al manglar recuperar su salud, se hace énfasis en la necesidad de conjugar los valores ambientales con el desarrollo socioeconómico de la comunidad adyacente al manglar.

Palabras clave: Conectividad, Dinámica, Mortalidad, Rehabilitación.

ABSTRACT

Mangroves are one of the most important forest types for their ecocystemic services and ecological roles. They represent 5 % of the emerged land of Cuba. They have a dynamic

that depends critically on the balance between fresh water and sea level rise. They have a high connectivity with other ecosystems constituting part of the first energy levels, providing shelter to the first stages of life of terrestrial and marine animals. However, the mangrove is degraded in the Cuban archipelago, it is necessary to study the causes of its mortality and alternatives for its recovery. The objective of the review is to analyze the research referents of the mangrove ecosystem, dynamics, connectivity, impacts of anthropic activity, factors that influence the loss of coverage, management and rehabilitation initiatives. The methods used are theoretical and analysis / synthesis and inductive / deductive stand out. The main theoretical findings refer to the destructive nature of anthropic activity and as at the same time methodologies are designed that allow the mangrove to regain its health, emphasis is placed on the need to combine environmental values with the socioeconomic development of the community adjacent to the mangrove.

Keywords: Connectivity, Dynamic, Mortality, Rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

Los manglares constituyen una de las formaciones vegetales que caracterizan la franja costera tropical y subtropical. No hay duda en ponderar su importancia si se consideran sólo tres de sus funciones principales: ecológica, económica y de protección o resguardo (Begin *et al.* 2014). Y más aún, cuando este ecosistema se encuentra en regiones tales como islas, islotes y cayos, pues aumenta su importancia en insularidades largas y estrechas como se aprecia en el archipiélago cubano dada la protección que brinda a la franja costera (Menéndez y Guzmán, 2005).

Los estudios que se realizan sobre el ecosistema reconocido como manglar son numerosos y evidencian su gran importancia y reafirman que es uno de los más amenazados del mundo (Ellison y Farnsworth, 1996; Valiela, Bowen; York, 2001 y Alongi, 2002). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se restringen al establecimiento de líneas bases y a experiencias particulares, el tema de la rehabilitación se encuentra menos estudiado (Baran y Hambrey 1998; Browning 2016 y Begin 2014)

En Cuba específicamente en las costas norte de Matanzas y Ciego de Ávila las principales afectaciones a los manglares son los cambios en los regímenes hidrológicos provocados por la construcción de viales, canales y represas, vinculadas, en su mayoría al desarrollo del turismo y urbanístico (playa de Cunagua, campismo de Punta Alegre, Martí) (Mugica *et al.*, 2006) . El manglar en la zona norte de Matanzas se ha visto afectado también por el

desarrollo industrial, (petrolera) y portuario (Guzmán et al, 2011), en el norte de Ciego de Ávila, la producción agropecuaria ha sido otro de los elementos que afecta al manglar (Alcolado y Menéndez, 2006). Existen varios intentos en el país de mejorar el estado de los ecosistemas de manglar tal es el caso del intento de recuperación del manglar de en la bahía de Guantánamo (Rodríguez et al, 2018), Proyecto Reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones costeras a través de la adaptación basada en los ecosistemas en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque (Peláez, 2021) y de manera general el país con la tarea vida impulsa cualquier intento de recuperar o mantener los ecosistemas de manglar con la Tarea Vida.

En el último decenio se ha constatado en el área del caribe la mortalidad del manglar, tanto debido a factores antrópicos como naturales, para diseñar sistemas de manejo y lograr la mitigación de los efectos nocivos se requiere la realización de un análisis de las principales investigaciones sobre el tema.

El objetivo del presente artículo de revisión es identificar las pautas para el manejo del manglar. El discurso se organiza siguiendo los criterios de análisis: dinámica de los manglares, conectividad con otros ecosistemas, factores que influyen en la pérdida de cobertura del manglar e iniciativas de manejo y acciones de rehabilitación de manglares en el mundo y Cuba

DESARROLLO

Los bosques de mangle son ecosistemas dinámicos; con periodos donde las áreas de mangle aumentan y otros donde disminuyen. Con frecuencia, estos cambios son parte del ciclo de establecimiento, crecimiento y mortalidad de estos ecosistemas. En otras, se debe a la intervención directa o indirecta de los seres humanos. Conocer la dinámica de cambio - el dónde, cuánto y por qué están cambiando – resulta necesario para la búsqueda e implementación de prácticas que mitiguen la disminución o posible pérdida de mangles y, consecuentemente de los beneficios que estos ofrecen (Escalera García y Rivera López, 2017).

Reconocida la importancia de la dinámica no solo de los manglares sino de cualquier ecosistema, la presente investigación se adhiere a la definición conceptual aportada por El Centro Europeo de Posgrado “Las dinámicas de los ecosistemas son los cambios en la composición y estructura de las comunidades biológicas asociados con el tamaño de la

población, la manifestación de polimorfismo o las fases de desarrollo de los individuos de las distintas especies” (Centro Europeo de Posgrado, 2018, p. 2).

Dinámica de los manglares

El ecosistema de manglar provee diversos bienes y servicios a la humanidad. Los servicios ecosistémicos generados incluyen: refugio para el crecimiento de peces y crustáceos económicamente importantes (especialmente los camarones), así como hábitat para un gran número de moluscos, aves, insectos, mamíferos y reptiles; filtrado y captura de los contaminantes del agua; estabilización de los suelos costeros por captura de sedimentos; protección contra el daño de tormentas; valor estético que les confiere utilidad como lugares de recreación, ecoturismo y espiritualidad; su potencialidad en el secuestro y almacenamiento de carbono atmosférico, que puede ser hasta cinco veces mayor que en los bosques tropicales terrestres (Jiménez, 1994; Danielsen *et al.*, 2005; Alongi, 2008; Laffolley y Grimsditch, 2009; Murdiyarto *et al.*, 2009; Donato *et al.*, 2011).

Además, los manglares representan una fuente económica de la cual dependen casi exclusivamente las comunidades aledañas al valerse de la pesca artesanal (peces crustáceos y moluscos) y de la extracción de madera, carbón, taninos y otros productos no maderables (Bossi y Cintrón, 1990).

Las reconstrucciones paleoecológicas en el Caribe y en gran parte del cinturón tropical y subtropical han permitido establecer los cambios de los manglares y su concordancia con los cambios ambientales, especialmente los cambios en el nivel relativo del mar a diferentes escalas temporales, por medio del análisis de polen en columnas de sedimentos (Rull, 1998; Nyberg *et al.*, 2001; Berger *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2006; Engelhart *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2007; Ellison, 2008).

Investigaciones realizadas en el Caribe colombiano, han mostrado la disminución del área ocupada por manglares debido a fenómenos locales de subsidencia, variaciones en la dinámica fluvial, así como a cambios en el nivel del mar y la actividad antrópica (González *et al.*, 2010).

En el archipiélago cubano los estudios principales del ecosistema de manglar han ido dirigidos a la determinación de la estructura, caracterizaciones cartográficas, identificación de sensores, algunos estudios de productividad primaria y morfometría foliar (Gómez-País, 2005; Guzmán-Menéndez y Menéndez-Carrera, 2013; Denis-Ávila, 2020).

La vida del manglar está relacionada históricamente con el nivel del mar, además el ecosistema depende en gran medida de la llegada de nutrientes mediante el agua dulce (ya sea por causas de ríos deltas o por precipitaciones). El ecosistema de manglar se ve afectado cuando disminuyen las precipitaciones o cuando el nivel del mar se eleva provocando la erosión de la costa.

Conectividad con otros ecosistemas

Según investigaciones analizadas se entiende la conectividad de los ecosistemas como la capacidad de los mismos para establecer interacciones, que son visibles cuando los cambios en uno repercuten de forma directa en los otros. Generalmente la conectividad en la ecología se define como los procesos físicos, químicos, biológicos y sus interacciones entre los ecosistemas naturales. Este concepto también incluye el flujo de energía y la migración biológica causadas por el cambio de ambiente externo (Sheaves, 2009; Du *et al*, 2015; LaPoint *et al*, 2015).

La diversidad biológica en su sentido más amplio es la variabilidad de todos los organismos vivientes procedentes de los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos, y las complejidades ecológicas de las cuales ellos son parte: esto incluye la diversidad dentro de una especie, entre especies y de los ecosistemas. La biodiversidad se describe como un atributo de la vida, distinguida desde los recursos biológicos el cual incluye los genéticos, organismos, poblaciones o algún otro componente biótico del ecosistema con un valor para la humanidad por su uso actual o potencial (Armitage, *et al*. 2015).

Al considerar que el planeta es un complejo y sensitivo sistema regulado por procesos físicos, químicos y biológicos e influenciados como nunca antes por los factores humanos, se deriva la importancia de conocer las interacciones de los principales ecosistemas costeros, basado en las funciones y servicios que cada uno de ellos brindan. Los manglares, pastos marinos y arrecifes coralinos tienen en común la presencia de especies capaces de edificar estructuras sólidas colindantes que sirven de refugio, alimento o substrato a otras especies (de forma transitoria o permanente) y cuyo crecimiento consigue modificar las características físicas y ecológicas del ambiente donde se desarrollan. Estos ecosistemas se interrelacionan a través de numerosos y complejos procesos, por lo cual soportan en conjunto una alta biodiversidad de organismos de todos los grupos conocidos en el mar.

La gran diversidad biológica que se puede encontrar en un ecosistema marino-costero suele tener buena parte de su origen en las complejas interacciones entre éste y los ecosistemas vecinos. Las hojas secas y ramas de muchos de los árboles y arbustos que componen el bosque de manglar caen al agua espontáneamente o forzadas por las lluvias y el viento. Allí se disponen entre el enrejado de raíces donde son usadas como sustrato, refugio e ingeridas como alimento por disímiles organismos en todas o algunas de las etapas de su ciclo de vida, hasta ser completamente destruidas con la ayuda de los organismos comedores de depósito, microorganismos y bacterias.

Todo ello permite que estos fondos y los que se extienden a continuación del manglar, sean ricos en nutrientes derivados de la descomposición de la materia orgánica generada por el bosque y los organismos que en él habitan. Estas condiciones favorecen el desarrollo de una alta diversidad biológica. Son frecuentes animales como esponjas, tunicados, moluscos, hidrozooos, cirrípedos, crustáceos, entre otros grupos (Menéndez y Guzmán, 2005).

Las cinco especies de fanerógamas marinas caribeñas pueden hallarse en los canales de mangle y muy cercanas al borde del manglar. Junto a éstas se pueden encontrar frecuentemente especies rizofíticas de algas del orden Bryopsidales, las que pueden alcanzar una talla mayor que en zonas de arenas carbonatadas, donde los nutrientes pueden ser limitados. También es frecuente observar muchas especies de algas rodofíceas del orden Ceramiales, en muchos casos epifitando otras plantas de mayor porte. Esta vegetación marina desempeña un papel fundamental en la producción primaria del ecosistema costero (Menéndez y Guzmán, 2005)

En los últimos años un nuevo factor de tensión ha afectado este ecosistema. La acción antrópica ha demostrado ser un tensor determinante en la mortalidad del manglar.

Factores que influyen en la pérdida de cobertura del manglar

Los manglares del mundo están desapareciendo rápidamente, con una pérdida anual de (1-2) %, debido principalmente a la urbanización, la construcción de carreteras, la contaminación, el turismo y la acuicultura (Hirales-Cota *et al*, 2010). Las actividades antrópicas afectan de manera negativa al manglar en Cuba (Costa-Acosta, *et al.*, 2014). Entre estas actividades se observan: construcción de caminos, tala y extracción de madera, asentamientos humanos, avance de la frontera agrícola y la actividad ganadera. La

ocurrencia de huracanes y otros eventos meteorológicos extremos también afectan este ecosistema (Costa-Acosta, *et al.*, 2014).

Cuba se encuentra entre los primeros países del mundo en cuanto a extensión relativa de sus manglares, que se estiman en 450 000 ha aproximadamente (5 % de la superficie del país), representando alrededor del 11 % del área boscosa (Roman, 2018). Estos ocupan el 77 % de su ecozona potencial, lo cual sugiere un alto grado de conservación. Sin embargo, el 45 % de la superficie de Cuba está enfocada en la producción agropecuaria y la forma geográfica de la isla hace que las descargas agrícolas fluyan rápidamente hacia los manglares costeros. Además, el gran número de represas y embalses creadas para abastecer la agricultura y consumo humano han reducido marcadamente el flujo de agua dulce hacia las zonas costeras, con un efecto negativo en los manglares (Galford *et al.*, 2018).

La fragmentación del bosque ya sea por viales o infraestructura hotelera es la principal fuente de daños en las zonas turísticas del norte de Ciego de Ávila y Matanzas (Menéndez y Guzmán, 2005).

En el caso específico de la cayería norte de Ciego de Ávila en Cuba, se debe plantear que las reservas de agua dulce del manglar provienen casi exclusivamente de las lluvias. En el último decenio las sequías han sido más recurrentes y largas y su causa está dada porque Cuba se ubica en la región intertropical o sea en la zona de los grandes desiertos, su carácter de isla larga y estrecha provoca que las nubes cargadas de humedad no descarguen en la tierra y lo hagan en el mar. Los vientos alisios del noreste que venían cargados de humedad, lo hacen en menor medida debido al aumento de la temperatura a nivel global (Uribe y Urrego, 2009).

El manglar como ecosistema pantropical presenta una cobertura de aproximadamente 152000 km² y se distribuye en 123 territorios a lo largo de las costas de África, América, Asia y Australia (Spalding *et al.*, 2010). Es considerado uno de los ecosistemas más productivos y a su vez, uno de los más amenazados del mundo. Se calcula que el 35 % de los manglares ha desaparecido en las dos últimas décadas. Existen varios factores naturales que contribuyen a la degradación y/o pérdida de los manglares. Entre estos factores se encuentran la incidencia de huracanes (Kovacs *et al.*, 2004), los procesos geomorfológicos, la reducción en las descargas de los ríos, los cambios en los regímenes de marea, las sequías y las altas tasas de sedimentación. La manifestación de esos

agentes naturales ocasiona cambios en la salinidad, fertilidad y grado de anoxia en los manglares (McKee, 1996; Day *et al*, 1987).

Urrego *et al*, (2018) asocian la pérdida de manglar con el paso de los años en el Caribe colombiano a una combinación de factores antropogénicos y ambientales. Dichos autores consideran que la erosión costera y/o el efecto combinado del aumento regional en las sequías y en la salinidad fueron los causantes de tal deterioro en la cobertura de manglar. Cardona y Botero (1998) también encontraron que la mortalidad masiva y la biomasa de los bosques de mangle en la costa caribeña de Colombia están relacionadas con el factor suelo, específicamente con aumentos de la salinidad.

Krauss *et al*, (2018) plantean que la mortalidad del manglar en Isla Marco está impulsada por cambios estructurales del suelo subterráneo durante la alteración hidrológica de las mareas. Harris *et al*, (2017) expresan la posibilidad de que la muerte de mangle en el Golfo de Carpentaria se debió a una combinación de factores climáticos que con el tiempo crearon un ambiente altamente estresante. Los factores en consideración fueron: disminución del nivel del mar, las precipitaciones y posiblemente también el flujo de corriente, la salinidad y la humedad.

Lovelock *et al*, (2017) en un estudio de 16 años de monitoreo en los manglares del norte de Australia Occidental documentaron dos eventos de muerte, coincidiendo con períodos de disminución del nivel del mar que se asociaron con aumento de la salinidad del suelo del 20 % - 30 % por encima de los niveles previos al evento. Hoppe-Speer *et al*, (2011) realizaron experimentos de laboratorio controlados para evaluar la respuesta de las plántulas de la especie *Rhizophora mucronata* Lam. a la salinidad y la inundación. Estos autores midieron respuestas morfológicas y fisiológicas de las plántulas y obtuvieron que el aumento de la salinidad provoca disminución de la altura de la planta, de la biomasa y de la producción de hojas. Además, las plántulas en agua de mar sin inundación y con hipersalinidad mostraron síntomas de estrés, con un aumento de necrosis de las hojas.

Lewis, (2016) plantea que la causa principal del estrés de los manglares en muchos sitios del mundo está relacionada con la reducción de flujos de mareas y los intercambios pues con el bloqueo de flujo de agua puede aumentar la salinidad y disminuir el sedimento. Alcolado y Menéndez (2006) en un estudio sobre la mortalidad masiva de manglares al norte de Cuba en el año 1978 sugieren que tal muerte se debió a elevaciones inusuales y crónicas de la salinidad a causa de la prolongada sequía. Los manglares sobrelavados no

habrían podido adaptarse a esos cambios por la limitación de la disponibilidad de nutrientes necesaria para afrontar fisiológicamente la nueva situación.

Lovelock *et al*, 2009 asocian el aumento de la mortalidad de los manglares al enriquecimiento de nutrientes. Plantean que el enriquecimiento de nutrientes favorece el crecimiento de brotes relacionados con las raíces, por tanto, mejora la tasa de crecimiento, pero aumenta la vulnerabilidad a las tensiones ambientales que afectan adversamente las relaciones hídricas. Tensiones que se pueden manifestar son el aumento de la salinidad y disminución de la humedad. Adams y Human (2016) realizaron una investigación sobre la mortalidad de los manglares en el estuario de Santa Lucía, Sudáfrica. Dichos autores tomaron medidas de las categorías etarias y características de los sedimentos en cuatro sitios en los años 2010, 2013 y 2014. Demostraron que la supervivencia y reclutamiento general de los manglares está en dependencia de las diferencias específicas del sitio.

Rossi (2018) expresó que la muerte de *Rhizophoramangle*L. (mangle rojo) en la Isla de Ábaco en Las Bahamas puede deberse a una combinación de patógenos fúngicos, pastoreo y estrés hídrico. Esta autora encontró la presencia del hongo *Pestalotiopsis* sp en las hojas de mangle y alta densidad del grillo herbívoro nocturno activo *Tafilascaeleuthera* en áreas muertas. Puede que el pastoreo facilite la infección por hongo, además de encontrar elevada salinidad en agua de sedimentación. Romero *et al*, (2014) realizaron un estudio sobre la incidencia de insectos xilófagos en la muerte del mangle en El Salvador. Estos autores encontraron 37 familias de insectos asociados al mangle, de las cuales 13 eran xilófagos. Estos xilófagos eran oportunistas que se aprovechaban del estado de salud del árbol por lo que determinaron que la causa de muerte fue por influencia multifactorial de variables ambientales. Cissell y Steinberg (2018) realizaron un mapeo de 40 años de tendencias de la cobertura de manglares en la Ciénaga de Zapata y expresaron que la disminución más importante en la extensión del manglar ocurrió en noviembre del 2001 cuando el huracán Michelle golpeó esa área, reduciendo el área de mangle en un 5,56 %.

El ecosistema de manglar puede sufrir pérdidas de sus poblaciones debido a un aumento de los índices de salinidad, aumento de la temperatura, alteración de nutrientes disueltos, alta incidencia de mareas (sobrelavado), fuertes vientos (huracanes). Debido a la conectividad que presenta es necesario prestar atención a los cambios de los ecosistemas circundantes puesto que también puede afectar críticamente al manglar.

Iniciativas de manejo y acciones de rehabilitación de manglares en el mundo y Cuba

Los manglares no están exentos de los impactos que provoca la necesidad de aumentar la seguridad alimentaria, impulsar las economías nacionales y mejorar los niveles de vida, por lo que muchos gobiernos a nivel mundial han alentado el desarrollo de la camaronicultura, piscicultura, agricultura, producción de sal y arroz, urbanización, turismo y usos forestales en las zonas de manglar (Valiela, Bowenj. y York, 2001; FAO, 2007).

Debido al impacto de la actividad humana sobre los ecosistemas del humedal y a la degradación progresiva de los mismos, se hace imprescindible llevar a cabo acciones de recuperación y rehabilitación de estos ecosistemas. Particularmente en el caso de los manglares, su recuperación es indispensable para mantener la salud ecológica de los ecosistemas asociados (pastos marinos y arrecifes coralinos) y la provisión de los servicios ambientales que benefician a las comunidades locales.

El proceso de restauración de los ecosistemas de manglar va a depender del tipo y magnitud de las perturbaciones que lo han afectado (Milbrandt y Tinsley 2006), además de las condiciones particulares de cada lugar. La restauración de zonas de manglar impactadas o degradadas se ha tratado por diversos autores (Valiela, Bowenj. y York, 2001; Lewis, 2005; FAO, 2007).

Una acción generalizada que se pone en práctica en los procesos de restauración de manglares a nivel mundial es la reforestación. Sin embargo, en la mayoría de los casos esta acción se realiza sin el diagnóstico previo ni adecuación del sitio, en consecuencia, no tiene el éxito esperado. En el caso de los manglares hay dos factores fundamentales que deben mejorarse para una restauración efectiva: la hidrología y los estresores, que son los que determinan la salud del ecosistema y su capacidad de recuperación (Rivera-Arriaga *et al*, 2020).

En Cuba se han llevado a cabo algunos estudios en base a la recuperación del manglar. Según Roig Villariño (2013) los ecosistemas de manglar afectados por la actividad de desarrollo urbanístico, turístico y agropecuario son muy difíciles de remover, sin embargo, este autor detectó otros factores estresantes para el manglar que son posibles de tratar. Entre estos se encuentran el vertimiento de desechos, la introducción de especies no típicas en las fronteras del manglar, el vertimiento de aguas residuales, la entrada de personas en áreas del manglar, la apertura de la boca del río Itabo y la existencia de

edificaciones sobre la línea de costa. Aunque es válido tener en cuenta que la remoción total o parcial de estas acciones no asegura la reversión total de los problemas.

Otro ejemplo de rehabilitación de manglar en Cuba es el llevado a cabo por Torres-Cala (2018) en playa Cajío. Este estudio identificó las áreas con mayor deterioro y las distribuyó en 62 parcelas. Se estableció la rehabilitación de la red hídrica mediante la construcción de un canal y, posteriormente, la reforestación siguiendo su zonación, con escalas espaciales y temporales, cumpliendo lo establecido en el instructivo técnico a tales efectos, con gestión integrada y participación comunitaria (Rodríguez y Samón, 2014). La colocación de empalizadas en lugares donde el oleaje es más intenso es otra de las medidas de mitigación que se pueden aplicar para reducir el impacto negativo de factores naturales y antrópicos en los humedales.

CONCLUSIONES

Las pautas identificadas para un mejor manejo, conservación y recuperación del manglar, luego de la revisión bibliográfica realizada son las siguientes. Detección de la disminución o muerte del manglar, caracterización de las variables bióticas y abióticas, identificación de las causas de muerte o reducción de la cobertura de manglar, identificación de los actores relacionados, sensibilización de estos actores, erradicación o mitigación del problema y elección de la técnica de recuperación adecuada al caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J.B. y HUMAN, L.R.D. (2016). Investigation into the mortality of mangroves at St. Lucia Estuary, South African. *Journal of Botany*, No. 8, p. 24-33.
- ALCOLADO, P.M y MENÉNDEZ, L. (2006). Mortalidad masiva de manglares: un caso en el norte de Cuba. En MENÉNDEZ L. y GUZMÁN, J.M. (Eds.). *Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano. Estudios y experiencias enfocados a su gestión*. La Habana: Ed. Academia. 320 p.
- ALONGI, D. M. (2008). The effect of small-scale logging on stand characteristics and soil biogeochemistry in mangrove forests of Timor Leste. *Orest. Ecology and Management*. Vol. 255, No. 3-4, pp. 1359-1366.
- ALONGI, D.M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, No. 29, pp. 331-349.

- BEGIN, C...[et al.] (2014). Increase in sediment loads over coral reefs in Saint Lucia in relation to changes in land use in contributing watersheds. *Ocean and Coastal Management*. Vol. 95, p. 35-45.
- BERGER, U...[et al.] (2006). Modelling secondary succession of neotropical mangroves: Causes and consequences of growth reduction in pioneer species. *Perspec. Plant. Ecol.* Vol. 7, pp. 243-252.
- BOSSI, R. y CINTRÓN G. (1990). Manglares del Gran Caribe: hacia un manejo sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUMA). p. 35.
- BROWNING, T.N ...[et al.] (2016). Linking land & sea: watershed evaluation and mineralogical distribution of sediments in eastern St. John, USVI. *Caribbean Journal of Science*.
- CARDONA, P. y BOTERO, L. (1998). Soil Characteristics and Vegetation Structure in a Heavily Deteriorated Mangrove Forest in the Caribbean Coast of Colombia. *Biotropica*. Vol. 30, No. 1, p. 24-34.
- CARVALHO, Amaral...[et al.] (2006). Late Holocene development of a mangrove ecosystem in southeastern Brazil (Itanhaém, state of Sao Paulo). *Palaeogeogr., Palaeocl., Palaeoecol.* Vol. 241, pp. 608-620.
- CENTRO EUROPEO DE POSGRADO (2018). La definición conceptual de dinámica de ecosistemas [En línea]. Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/que-son-las-dinamicas-de-los-ecosistemas.html>. Visitado el 26 de enero de 2020.
- CISSELL, J.R. y STEINBERG, M.K. (2018). Mapping forty years of mangrove cover trends and their implications for flats fisheries in Ciénaga de Zapata, Cuba. *Environmental Biology of Fishes*. Vol. 4, No. 7, p. 1-11.
- COSTA-ACOSTA, J. ...[et al.] (2014). Caracterización y estado de salud del manglar en el refugio de fauna El Macío, Granma, Cuba. *Ciencia en su PC*. Vol. 4, p. 2-19.
- DANIELSEN, F. ...[et al.] (2005). The Asiantsunami: a protective role for coastal vegetation. *Journal Science*. Vol. 10, pp. 643-678.
- DAY, John W...[et al.] (1987). The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, México. *Aquatic Botany*. Vol. 27, pp. 267-284.
- DENIS, Dennis. 2020. Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, a través de sensores remotos. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 68, No. 1, pp. 321-335.

- DONATO, D...[et al.] (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics (en línea). *Nature Geoscience*. Vol. 4, p. 293-298. Disponible en <http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/MangroveCarbonStorage.pdf>. Visitado el 26 enero de 2021.
- DU J.G. ...[et al.] (2015). Progress and prospects of coastal ecological connectivity studies. *Acta Ecol Sin*. Vol. 35, pp. 6923-6933.
- ELLISON, J.C. (2008). Long-term restrospection on mangrove development using sediment cores and pollen analysis: A review. *Aquat. Bot*. Vol. 89, pp. 93-104.
- ELLISON, A.M., y Farnsworth, E.J. (1996). Anthropogenic disturbance of Caribbean mangrove ecosystems: past impacts, present needs, and future predictions. *Biotropica*, No. 28, pp. 549-565.
- ENGELHART, S...[et al.] (2007). Mangrove pollen of Indonesia and its suitability as a sea-level indicator. *Mar. Geol*. Vol. 242, pp. 65-81.
- ESCALERA GARCÍA, I. A. y RIVERA LÓPEZ, C. F. (2017). Mortalidad de mangles en Cabo Rojo, Puerto Rico. *Centro Interdisciplinario de Estudios del Litoral. Mayagüez, PR: Universidad de Puerto Rico*, 9.
- FERREIRA, T...[et al.] (2007). Are mangrove forest substrates sediments or soils? A case study in southeastern Brazil. *Catena*. Vol.70, p. 79-91.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2007). The world's mangroves 1980-2005. FAO, Rome. FAO Forestry Paper. 153.
- GALFORD, G...[et al.] L, (2018). Cuban land use and conservation, from rainforests to coral reefs. *Bulletim of Marine Science*. Vol. 94, No. 2. DOI: 10.5343/bms.2017.1026.
- GÓMEZ PAÍS, G (2005). Valoración económico-ambiental de recursos naturales seleccionados en la cuenca del río Guanabo. La Habana: Instituto de Geografía Tropical.
- GONZÁLEZ, C...[et al.], (2010). Late Holocene mangrove dynamics in the Colombian Caribbean: a history of human and natural disturbances. *The Holocene*.
- GRIMSDITCH, G (2009). Complex root structure of *Rhizophoramucronata* stand, Gazi Bay, Kenya © Steven Bouillon, KU Leuven. Page 21: Mangrove forest on the west coast of New Caledonia© Dan Laffoley/ IUCN.

- GUZMÁN MENÉNDEZ, J. M. y MENÉNDEZ CARRERA, L. (2013). Protocolo para el monitoreo del ecosistema de manglar. 1a ed. La Habana: Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- HARRIS, Tood ...[et al.] (2017). Climate drivers of the 2015 Gulf of Carpentaria mangrove dieback. *Earth Systems and Climate Change Hub Technical Report NESP Earth Systems and Climate Change Hub, Australia No. 2*, pp. 345-394.
- HIRALES COTA, M...[et al.]. (2010). Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast México. *Ciencias Marinas*. Vol. 36, No.2, pp. 147-159.
- HOPPE SPEER, Sabine ...[et al.]. (2011). The response of the red mangrove *Rhizophoramucronata* Lam. to salinity and inundation in South Africa. *Aquatic Botany*. Vol. 95, p. 71-76.
- JIMÉNEZ, J. A.(1994). Los manglares del pacífico centroamericano. Heredia Costa Rica: Ed Fundación UNA.
- KOVACS, John M. ...[et al.] (2004). Estimating leaf area index of a degraded mangrove forest using high spatial resolution satellite imagery. *Aquatic Botany*. Vol. 80, p. 13-22.
- KRAUSS, Ken W ...[et al.] (2018). Ghost forest of Marco Island: Mangrove mortality driven by belowground soil structural shifts during tidal hydrologic alteration. *Science*. Vol. 212, p. 51-62.
- LAFFOLLEY D. A. y GRIMSDITCH, G. (2009). The Managemen of Natural Coast Carbon Sinks. *UICN, Gland, Switzerland*. Vol. 43, No. 34, p. 53.
- LAPOINT, S...[et al.] (2015). Ecological connectivity research in urban areas. *Funct Ecol*. Vol. 29, pp. 868-878.
- LEWIS, Roy (2005). Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forest. *Ecological Engineering*. Vol. 24, pp. 403-418.
- LEWIS R. R. (2016). Stress in mangrove forests: Early detection and preemptive rehabilitation are essential for future successful worldwide mangrove forest management. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 109, No. 2, pp. 764-771.
- LOVELOCK, Catherine ...[et al.] (2009). Nutrient Enrichment Increases Mortality of Mangroves. *PLoS ONE*. Vol. 4, No. 5, p. 1-4.
- LOVELOCK Catherine ...[et al.] (2017). Mangrove dieback during fluctuating sea levels. *Scientific Reports*. Vol. 7, p. 1-8.

- MCKEE, Karen (1996). Mangrove ecosystems: definitions, distribution, zonation, forest structure, throphic structure, and ecological significance. En FELLER, I y SITNIK M(Eds.). *Mangrove Ecology: A manual for a fieldcourse*. Washington: Instituto Smithsonian. p. 1-6.
- MENÉNDEZ CARRERA, L. y GUZMÁN, J., M. (2006). Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano Estudios y experiencias enfocados a su gestión. La Habana: Ed Academia.
- MILBRANDT, E.C. y TINSLEY, M.N. (2006). The role of saltwort (*Batis maritima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests. *Hydrobiology*. Vol. 568, pp. 369-377.
- MURDIYARSO, D. ...[et al.] (2009). Carbon storage in mangrove and peatland ecosystems: A preliminary account from plots in Indonesia. Center for International Forestry Research Center for International Forestry Research CIFOR. Bogor Barat, Indonesia. p. 37.
- NYBERG, J. ...[et al.] (2001). Late Holocene Changes in Precipitation and Hydrography Recorded in Marine Sediments from the Northeastern Caribbean Sea. *Quaternary Res.* Vol. 56, p. 87-102.
- PELÁEZ, O. (2021). ¿Cómo avanza la Tarea Vida y cuáles son los nuevos retos que nos impone el clima? *Granma* La Habana p. 4.
- RIVERA ARRIAGA ...[et al.] (2020). Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones. Universidad Autónoma de Campeche, Ricomar. p. 894.
- RODRÍGUEZ, G. y SAMÓN, R. (2014). Instructivo técnico: Reforestación de manglares. 2014. S.I.: INAF.
- RODRÍGUEZ LEYVA ...[et al.] (2018). Propuesta de acciones para recuperar el bosque de manglar en la bahía de Guantánamo, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Forestales (CEFORES)* Vol. 6, No. 2, pp. 224-239.
- ROIG VILLARIÑO ...[et al.] (2013). Resiliencia de manglares en los paisajes naturales protegidos Rincón de Guanabo y Laguna del Cobre-Itabo, Ciudad de la Habana, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. Vol. 215, No. 1, p. 61-74.
- ROMAN, J. (2018). The ecology and conservation of Cuba's coastal and marine ecosystems. *Bulletin of Marine Science*. Vol.94, No. 2, p. 149-169.

- ROMERO, Flores ...[et al.] (2014). Insectos xilófagos y su influencia en la muerte de mangle en Barra Salada, del Área Natural Protegida “Los Cóbano”, Sonsonate y Bahía de Jalisco, Usulután, El Salvador. Ingeniería en Agronomía. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Protección Vegetal. p. 97.
- ROSSI, Elizabeth (2018). The Role of Multiple Stressors in a Mangrove Die-off: A Case Study in The Bahamas Archipelago. EEUU 225 p Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Doctorado. Centro de Estudios Marinos Cabo Cañaveral.
- RULL, V (1998). Modern and Quaternary palynological studies in the Caribbean and Atlantic coasts of northern South America: a paleoecological-oriented review. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos*. Vol. 23, p. 5-24.
- SHEAVES, M. (2009). Consequences of ecological connectivity: the coastal ecosystem mosaic. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 391, p. 107-115.
- SPALDING, Mark ...[et al.] (2010). World atlas of mangroves. The Nature Conservancy. *International Society for Mangrove Ecosystems*. Vol 1, No. 2, p.1-304.
- TORRES CALA, Y. (2018). Acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad de un sector de manglar al sur de la provincia de Artemisa, Cuba. *Poeyana*. Vol.6, No. 2, p. 162-171. Disponible en <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/337/>.
- URIBE, P.J. y URREGO, L.E. (2009). Gestión ambiental del ecosistema de manglar. Una aproximación al caso colombiano. *Rev. Gestión y ambiente*. Vol. 12, No. 2, p. 57-72.
- URREGO, Ligia ...[et al.] (2018). Colombian Caribbean mangrove dynamics: anthropogenic and environmental drivers. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Vol. 11, No. 12 p. 133-145.