

ESTRUCTURA ESPACIAL DEL PAISAJE FORESTAL EN EL MANGLAR DEL SECTOR COSTERO LA SALINA, MUNICIPIO SAN LUIS, PINAR DEL RÍO

SPATIAL STRUCTURE OF THE FOREST LANDSCAPE IN THE MANGROVE OF LA SALINA COASTAL SECTOR, SAN LUIS MUNICIPALITY, PINAR DEL RÍO

Yosviel González-Rodríguez^{1*}, Jorge Ferro-Díaz², Rogelio Sotolongo Sospedra³, Christian Morejón Álvarez⁴

¹Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales ECOVIDA. km 2 ½ carretera a Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba. E-mail: yosvielgon97@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5212-7148>

²Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, ECOVIDA, km 2 ½ carretera a Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba. E-mail: jorge.ferro2011@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-8101-7442>.

³Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca, calle José Martí #300, Pinar del Río, Cuba. E-mail: soto@upr.edu.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0116-4157>

⁴Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, ECOVIDA, km 2 ½ carretera a Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba. E-mail: cristhianmorejonforever@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9013-8275>

*Autor para la correspondencia (e-mail): yosvielgon97@gmail.com
Recibido para su publicación: 14/07/2024 - Aceptado para su publicación: 08/08/2024

Resumen

Los procesos de fragmentación son claves para entender dinámicas de mosaicos en paisajes forestales, y en el caso del ecosistema de manglar tiene relevancia por su destacado papel en la protección costera. El paisaje forestal del sector playa La Salina en el municipio San Luis, por la amplia presencia del bosque de mangle, constituye un escenario importante para la gestión ambiental del territorio. El objetivo del trabajo fue caracterizar la estructura del mosaico del paisaje forestal del manglar en dicho sector costero, y mediante ello evaluar su fragmentación como principal indicador de impacto multifactorial. Para atender el mismo la investigación partió del reconocimiento en campo de la situación general de la cobertura de vegetación, y posteriormente se hicieron análisis cartográficos y documentales, básicamente en el software QGIS, donde se insertaron las imágenes utilizadas y su procesamiento mediante herramientas del análisis espacial. Se obtuvieron manualmente índices para evaluar la fragmentación del bosque: Patton, Vogelmann y Fragmentación. Se construyeron mapas de cobertura vegetal, distribución y formas de parches y nivel de fragmentación. Se obtuvieron valores calculados del Índice de continuidad y de Fragmentación, los que permitieron conformar un análisis de situación sobre la estructura espacial del mosaico, y apuntar criterios que pueden contribuir a futuras acciones de rehabilitación. Se concluye que el manglar del sector playa La Salina es un paisaje forestal fragmentado, con un bosque de baja conectividad y moderada fragmentación, cuyos parches son mayormente irregulares, lo que provoca mayor efecto de borde en los mismos.

Palabras claves: ecología del paisaje, humedal costero, métricas del paisaje, sistema de información geográfica.

Abstract

Fragmentation processes are key to understanding mosaic dynamics in forest landscapes, and in case of the mangrove ecosystem it is relevant due to its prominent role in coastal protection. The forest landscape of La Salina beach sector in San Luis municipality, due to the extensive presence of mangrove forests, constitutes an important scenario for the environmental management of the territory. The objective of the work was to characterize the structure of mangrove forest landscape mosaic in this coastal sector, and through this to evaluate its fragmentation as the main indicator of multifactorial impact. To address this, the research began with the field recognition of the general situation of vegetation cover, and subsequently cartographic and documentary analyses were carried out, basically in the QGIS software, where the images used were inserted and processed using spatial analysis tools. Indexes were manually obtained to evaluate forest fragmentation: Patton, Vogelmann and Fragmentation. Maps of vegetation cover, distribution and shapes of patches and level of fragmentation were constructed. Calculated values were obtained from the Continuity and Fragmentation Index, which allowed for the creation of a situation analysis on the mosaic spatial structure, and to point out criteria that can contribute to future rehabilitation actions. It is concluded that the mangrove in the La Salina beach sector is a fragmented forest landscape, with a forest of low connectivity and moderate fragmentation, whose patches are mostly irregular, which causes a greater edge effect in them.

Keywords: landscape ecology, coastal wetland, landscape metrics, geographic information system

INTRODUCCIÓN

Los bosques encierran múltiples ecosistemas que se asocian, a través de amplias zonas paisajísticas, con la varianza de las pautas edáficas y microclimáticas (Thompson, 2011). Los bosques de mangle a menudo están sometidos a estrés más allá de sus límites de sobrevivencia, por cambio hidrológico, relleno artificial de sedimentos, hundimientos, variabilidad climática, entre otros. Los manglares son uno de los primeros ecosistemas marinos más afectados por los cambios climáticos globales (Wang & Gu, 2021).

Los bosques de mangles cubanos se desarrollan en diferentes tipos de paisajes; el factor geológico-geomorfológico y el régimen hidrodinámico son los principales diferenciadores de los paisajes en las zonas costeras de los territorios insulares (Menéndez, 2013). Esta formación forestal constituye la vegetación arbórea de tipo natural más extensa del país; está presente en casi el 60% de las costas cubanas y ocupan cerca del 5% de la superficie total nacional, lo que representa un 20 % de su cobertura boscosa (CITMA, 2019).

La ocupación de este ecosistema ha variado según se refleja en el análisis de la dinámica forestal en conjunto, la que como promedio anual alcanza una ganancia neta de 21 mil 800 hectáreas de bosque (MEP, 2021), no obstante, ha de asumirse que se manifiesten especificidades en tal dinámica para el caso de los manglares por su elevada vulnerabilidad ante los impactos de fenómenos meteorológicos severos como los huracanes. Al respecto González (2018) apuntó que se estima que en Cuba más del 30% de los manglares han sido afectados por impactos naturales y antropogénicos, y esto es un elemento que refuerza el criterio de la elevada dinámica de este tipo de paisaje costero.

Monti (2020) apunta que los paisajes litorales, costero-marinos como fluviales o mixtos, constituyen un desafío de estudio que se sustenta en su situación de interfase física intrínseca a cualquier costa, y sobre los manglares en particular, como elemento de alta prioridad para emprender estudios con enfoques del paisaje, su estructura, y aspectos de la fragmentación que pueden sufrir, Nájera *et al.* (2021) las resaltan entre las coberturas vegetales a considerar para su evaluación como centinelas frente al cambio climático, debido a su adaptabilidad a las variaciones ambientales y a los beneficios que ofrece en el mantenimiento del sistema costero y para el uso humano.

Por lo anterior, la evaluación de cobertura de los manglares y sus causas se ha situado como una actividad científica de vital importancia para garantizar la permanencia de estos ecosistemas y sus servicios (Ruiz-Roldán *et al.* 2023), argumento que ha sido válido para emprender acciones de análisis de la estructura de los mismos en sectores de incidencia del proyecto internacional “Resiliencia al cambio climático en la zona costera de Cuba a través de la Adaptación basada en Ecosistemas – Mi Costa”, y en particular en áreas demostrativas como Playa La Salina, del municipio San Luis, provincia Pinar del Río, propósito que enmarcó el objetivo de presente trabajo de investigación: caracterizar la estructura del mosaico del paisaje forestal del manglar en dicho sector costero, y mediante ello evaluar su fragmentación como principal indicador de impacto multifactorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de trabajo se ubica a 17 km al S de la cabecera municipal de San Luis, y a 6 km al SW del asentamiento rural El Retiro; comprende 3.60 km de la franja litoral (W - E); posee un ancho promedio de 2.8 km (desde la línea de costa hacia el interior), entre las coordenadas $Lat=22.17784^{\circ}$ y $Long=-83.69584^{\circ}$ (punto1) y $Lat=22.17156^{\circ}$ y $Long=-83.72245^{\circ}$, (punto 2) (**Figura 1**)

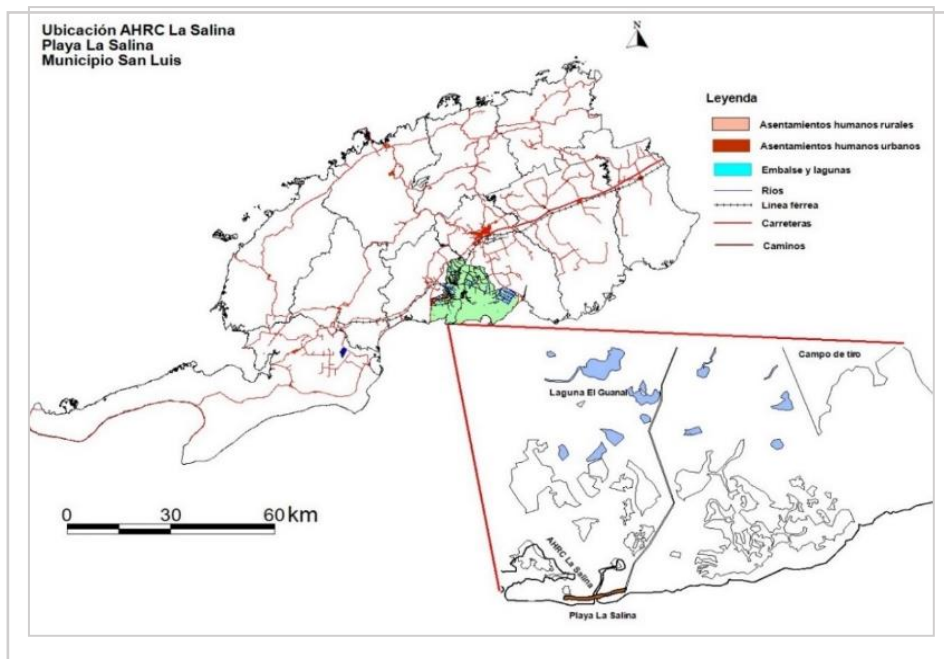


Figura 1. Localización general del área de estudio, con indicación de parches de manglar en el contorno de playa La Salina. Fuente: Documento técnico Dirección de Desarrollo Territorial, CAM San Luis (inédito).

Figure 1. General location of the study area, indicating mangrove patches around La Salina beach. Source: Technical document, Territorial Development Office, CAM San Luis (unpublished).

Según CAM San Luis (inédito), en la evaluación del área con vistas a la gestión territorial del ordenamiento, las condiciones naturales de la playa La Salina están caracterizadas por un basamento geológico conformado por depósitos cuaternarios de materiales limo-arenosos, limo-arcillosos y turbas con material biogénico, el que es ocupado mayormente por el manglar. El tramo del litoral de playa presenta una línea de costa baja bastante regular, en el que predominan los procesos acumulativos, depositándose los sedimentos areno-fangosos en mayor escala que los arenosos propiamente dichos.

En general hay una débil diferenciación del sustrato en el espacio de playa, en porciones existe abundancia de sedimentos limo-arcillosos, predominio de alturas inferiores a 1 m. con presencia de áreas pantanosas, y en otras, más al W, donde en el año 1989 se conformó un perfil artificial de playa, el relieve se comporta como una superficie ligeramente inclinada con dos vertientes: hacia el mar, al sur y hacia el manglar, al norte, (como una berma de playa) que hace función de parteaguas, el que se encuentra entre 80 m y 100 m de la línea de costa, alcanzando una altura máxima de 1,55. Las pendientes son muy suaves tanto la de la vertiente sur (1,5 % - 2 %) como de la Norte (0,5% - 1,5%). el que hoy ya no existe producto a su lenta modificación ante los procesos erosivos naturales y la acción de los usuarios de la playa.

El ecosistema objeto de estudio se distribuye irregularmente en tres subsectores del área definida para la investigación, dos de ellos, en los extremos del paisaje que se evalúa incluidos en el Proyecto de Ordenación Forestal de la Unidad Silvícola Pinar del Río, Empresa Agroforestal Pinar del Río, y otro subsector, al centro, no gestionado forestalmente, empleado para prácticas militares de tiro, en lo que se ha denominado Campo de Tiro (**Figura 2**).

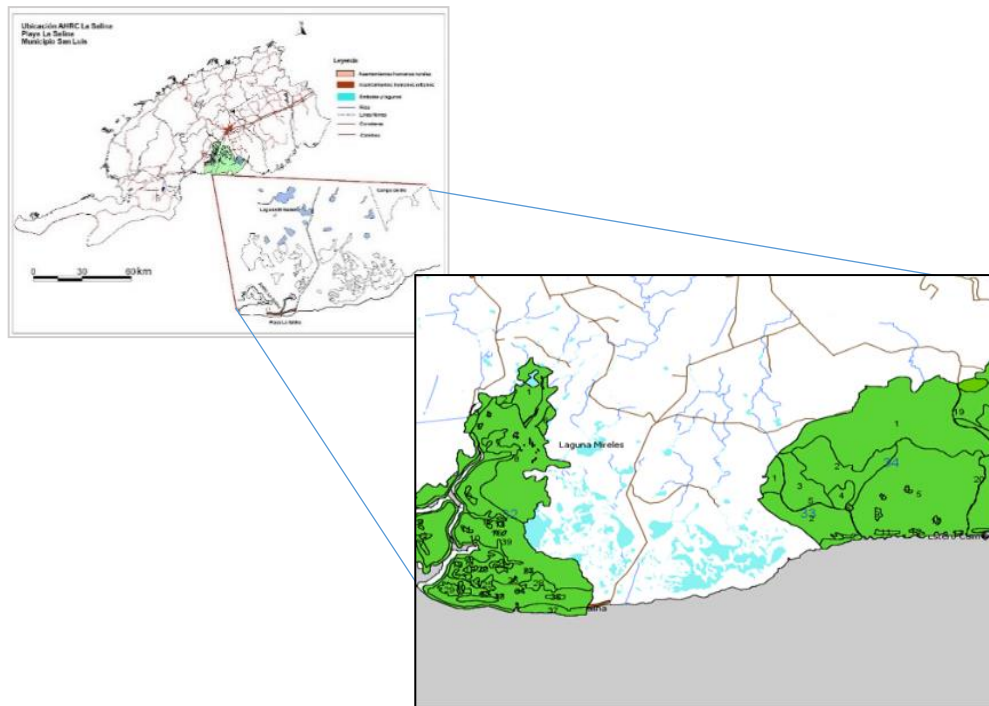


Figura 2. Distribución de subsectores del paisaje forestal en el área de estudio; las áreas en color verde representan a los lotes y rodales de la ordenación forestal (subsectores W y E); y el área intermedia en blanco y azul al subsector del humedal sin administración forestal. **Fuente:** Proyecto de Ordenación Forestal, Empresa Agroforestal Pinar del Río.
Figure 2. Distribution of forest landscape subsectors in the study area; the green areas represent the forest management lots and stands (subsectors W and E); and the intermediate area in white and blue represents the wetland subsector without forest management. **Source:** Forest Management Project, Agroforestry Company Pinar del Río.

En uno de los extremos del área de trabajo definida se encuentra el caserío de veraneo denominada Playa La Salina (**Figura 3**), la que da nombre a este sector costero, y según se pudo conocer en intercambios con pescadores de la base de pesca deportiva, ya casi no quedan habitantes por los daños que tales edificaciones han experimentado en los últimos años por impactos de huracanes, no obstante se mantienen algunas de las viviendas, y llegan veraneantes en épocas favorables para actividades recreativas.



Figura 3. Caserío de Playa La Salina. **Fuente:** Imagen de Dron UEB Silvícola Pinar.
Figure 3. La Salina Beach hamlet. **Source:** Drone image from the Agroforestry Company Pinar del Río.

Para la evaluación de la estructura del mosaico del paisaje del bosque de mangle en cada sector se configuró una matriz seccionada por cada espacio de cobertura del mismo, partiendo de su representación graficada, y haciendo

recorridos exploratorios de campo para confirmación de la expresión gráfica obtenida, como se muestra en la **Figura 4**. Los itinerarios incluyeron puntos estacionarios de observación y análisis visual, los que se fijaron con GPS Garmin, Marca GPSMAP 65S. Estos puntos fueron trabajados en el Software QGIS, Sistema de Información Geográfica, para su representación, y como referencia de análisis ulteriores.



Figura 4. Distribución espacial de los itinerarios de campo exploratorios de análisis de terreno. Las letras y números se corresponden con identidad de los puntos de observación fijados en el GPS. Fuente. Elaboración propia; imagen procesada en QGIS para representar ubicación de coordenadas de punto inicial de cada parcela.

Figure 4. Spatial distribution of exploratory field routes for field analysis. Letters and numbers correspond to the identity of the observation points fixed on the GPS. Source. Own elaboration; image processed in QGIS to represent the location of the initial point coordinates of each plot.

En cada punto de observación se anotaban las impresiones visuales sobre presencia y abundancia del arbolado, criterios sobre densidad, cobertura, ocupación del suelo y presencia de cuerpos de agua.

Procesamiento y análisis

A los efectos del análisis espacial se parte de los criterios de Vilá *et al.* (2006), distinguiéndose como elementos del mosaico del paisaje los fragmentos (parches), los corredores y la matriz; así mismo se prioriza como consideración en el análisis que se hace, los propios aportes de los autores citados sobre las categorías: composición del paisaje (la variedad y abundancia de fragmentos en un paisaje) y configuración del paisaje (la distribución espacial de los fragmentos en el paisaje).

Al procesar las imágenes se consideró como uno de los elementos del estado estructural del paisaje forestal en el área de estudio, la presencia o no de superficies expuestas (suelos desnudos), que apunta además al enfoque de fragmentación, siguiendo como criterio un enfoque de uso del suelo expuesto por Escobar-Ocampo *et al.* (2023), con los cuales se obtuvieron índices que evalúan la fragmentación del bosque. Los mapas obtenidos exponen la sistematización de tales análisis y enfoques para interpretar el estado del mosaico del paisaje forestal.

El estudio de fragmentación se realizó mediante las herramientas que ofrece el software libre QGIS V3.28.11, acorde a Chailloux, Chéry & Amsellem, (2019), el cual consta de los plugins FragScape y Lecos; fueron extraídas las bandas de imágenes satelitales pertenecientes a Sentinel 2 con fecha de 27 de mayo del año 2024 a resolución de 10 metros.

Fue necesario durante el proceso de trabajo la reproyección de las imágenes, la creación de zonas de entrenamiento para lograr un mapa de uso del suelo en el que se identificaron, mediante sus firmas espectrales a los bosques de mangle, de ciénaga y demás tipos de vegetación existentes en la zona.

Con el interés de obtener el mapa de suelos desnudos, sirvió de apoyo el análisis del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), el cual además de posibilitar la obtención del estado de salud de la cobertura vegetal, nos permite descubrir suelos desnudos mediante operaciones matemáticas realizadas con las bandas del infrarrojo cercano y el rojo, en donde valores con una baja reflectancia (cerca al -1) indican suelos desnudos. Luego se obtuvieron manualmente los índices para evaluar la fragmentación del bosque; los tres índices utilizados fueron Patton, Vogelmann y Fragmentación. El resto de datos fueron obtenidos mediante los plugins correspondientes.

Para evaluar la fragmentación del bosque se utilizó el índice de Patton (Moser *et al.*, 2007) en el cual se caracteriza a los parches según su forma estructural; aquellos que sean redondos tienen menos perímetro para una misma superficie, que favorece un menor efecto borde; en aquellos parches que sean pequeños ocurre que el efecto borde siempre afectará el hábitat. Este indicador también llamado índice de diversidad, cuando se asemeja a 1, la forma del fragmento semeja un círculo, y a medida que éste va en aumento, la forma se torna más compleja y aumenta el efecto de borde de las áreas circundantes o adyacentes. Esto se aprecia en la siguiente clasificación:

Forma	Valor del Índice
Redondo	< 1,25
Oval redondo	1,25 < 1,50
Oval oblongo	1,5 < 1,75
Rectangular	1,76 < 2
Amorfo o irregular	>2

El Índice de diversidad de forma de Patton se calculó de la siguiente manera:

$$DI = \frac{P}{2 * \sqrt{3.1416} * \sqrt{a}}$$

DI: Índice de diversidad de Patton

P: Perímetro de cada fragmento

a: Área de cada fragmento

Otro indicador usado para los análisis fue el índice de continuidad de Vogelmann (1995), que con su cálculo permite una evaluación de la continuidad espacial del bosque y el grado de conectividad entre fragmentos; matemáticamente relaciona el área con el perímetro total de un tipo de parche en el paisaje. Este índice se define mediante la ecuación $FCI = \ln(\sum A / \sum P)$, donde $\sum A$ = área total de parches de bosque del paisaje (m²) y $\sum P$ = perímetro total de parches de bosque del paisaje (m). Según el autor citado, los valores altos implican mayor continuidad del bosque, mientras que los valores bajos reflejan mayor fragmentación y discontinuidad de los parches.

Por último, el índice de fragmentación, (Moser *et al.*, 2007) aquellos rangos más cercanos a 1.0 se consideran de bosques poco fragmentados. Este índice se halla según la fórmula: Área de parches / Área de bosque originario.

RESULTADOS

El análisis inicial fue respecto a la cobertura vegetal en el sector de estudio (**Figura 5**), sobre la base de la determinación de espacios con y sin cobertura (suelo desnudo), indicando la delimitación del ecosistema de manglar del resto de las coberturas, y constituye punto de partida para otras evaluaciones.

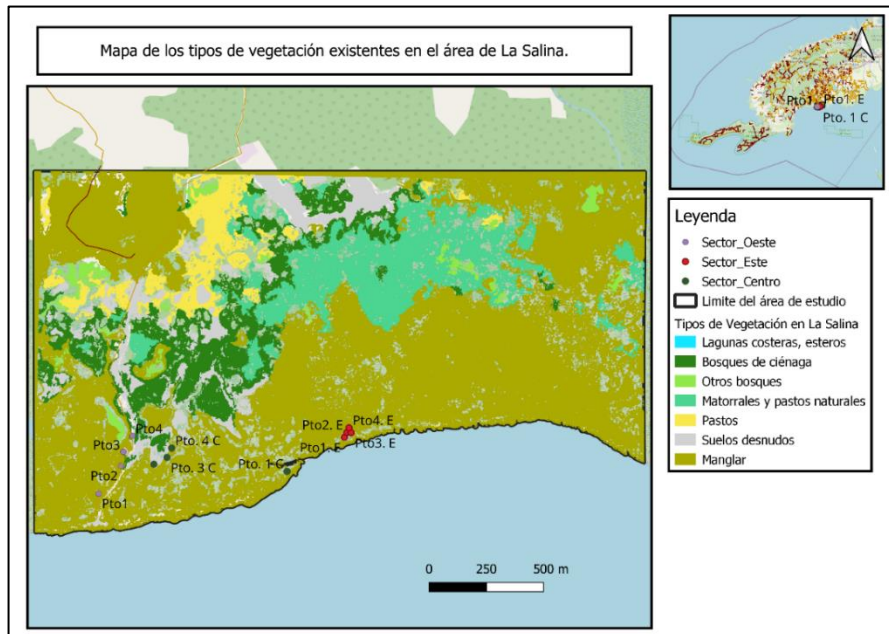


Figura 5. Tipos de cobertura vegetal (tipos de vegetación) en el sector de estudio.
Figure 5. Types of vegetation cover (vegetation types) in the study sector.

Como se aprecia en la **Tabla 1**, una vez delimitada la cobertura del área de bosque de manglar, en dicho ecosistema se definieron un total de 3286 parches, en un área bastante fragmentada y extensa, la que abarca 403.89 ha; el área originaria calculada que representaba la cobertura del paisaje forestal en el sector de estudio es de 2051 ha. Según los análisis, el área promedio para un parche de bosque de manglar es de 175 m².

Tabla 1. Valores obtenidos de las métricas principales del paisaje, mediante el uso del plugin Lecos en QGIS v3.28.11.
Table 1. Values obtained from the main landscape metrics, using the Lecos plugin in QGIS v3.28.11.

Métricas principales	Valores
Cantidad de parches	3286
Área originaria del bosque (m)	20 514 312.07
Área de parches (m)	40 38934.104
Promedio de área por parche (manglar) en m ²	175

El mapa de la **Figura 6** muestra la proyección de la distribución de parches del bosque de mangles en el sector playa La Salina.

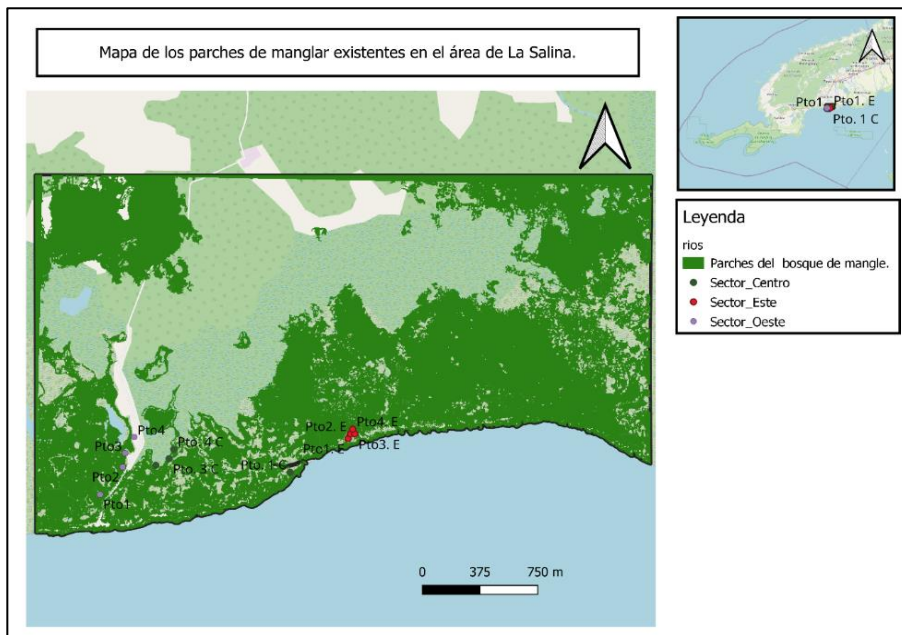


Figura 6. Distribución de parches del bosque de mangle en el área de estudio del sector playa la Salina.
Figure 6. Patch's distribution of mangrove forest in the study area in La Salina beach sector.

Con respecto al análisis de formas de parches de manglar en el sector de estudio se obtuvo, como forma que más se manifiesta, la amorfa o irregular, que abarca la casi totalidad de los parches, incluyendo las propias irregularidades de cada uno de ellos (**Figura 7**); la forma que respecto a la relación perímetro / área, al tener estas formas irregulares, presentan un mayor efecto de borde, aumentando la influencia de la matriz y los factores de disturbios que pueden acontecer, o ya han acontecido, sobre los fragmentos de bosque (parches).

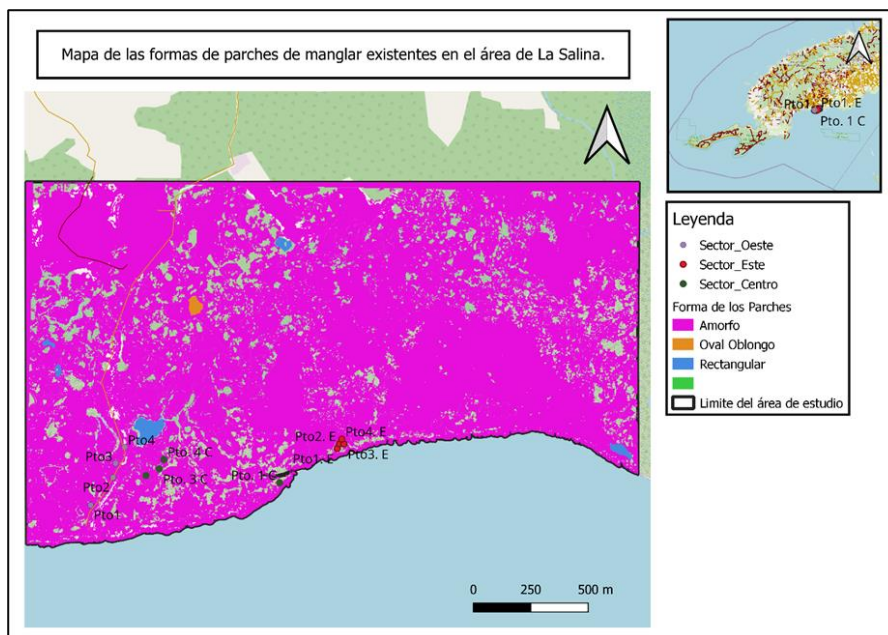


Figura 7. Representación de las formas de los parches del bosque de mangle del sector de estudio playa La Salina.
Figure 7. Representation of the patch forms from the mangrove forest of the study area in La Salina beach sector.

El análisis de la continuidad espacial de los parches del manglar expone como valor del índice de continuidad FCI=3.33, mientras que valor del Índice de Fragmentación fue $F = 0.75$; que se clasifica como fragmentación moderada, lo que queda representado en el mapa derivado de la aplicación del plugin FragScape, obteniéndose una capa de resultados que contiene un valor de indicadores por unidad (**Figura 8**). En el mapa se observan en verde los espacios menos fragmentados y con mayor conectividad, mientras que en rojo los espacios más fragmentados con una forma más compleja y con mayor efecto borde.

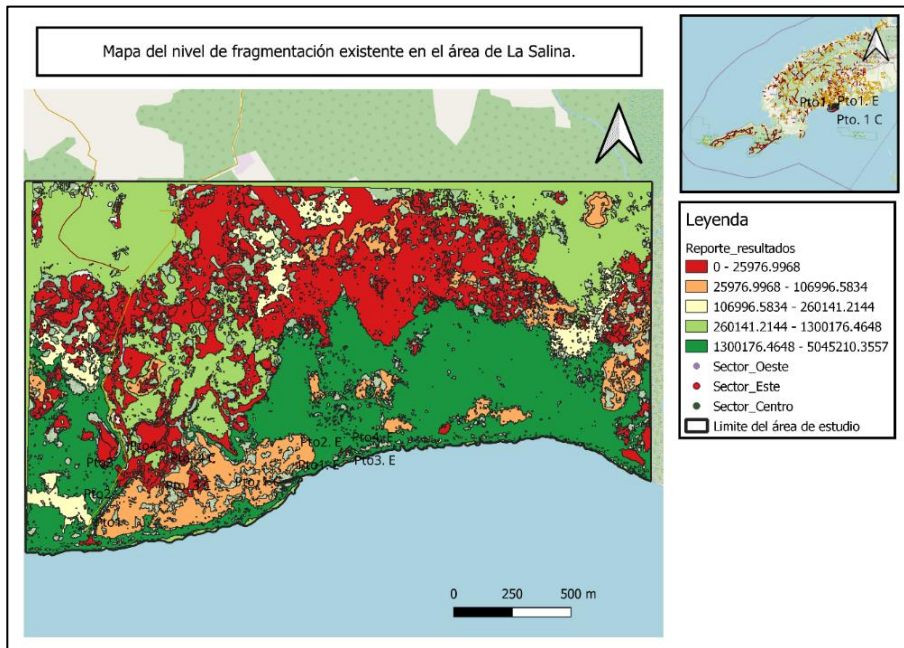


Figura 8. Niveles de fragmentación del paisaje forestal en el sector de estudio playa La Salina.
Figure 8. Fragmentation levels of the forest landscape in the study sector La Salina Beach.

Las evaluaciones directas en campo, con las que se pudo aportar a las confirmaciones, muestran elementos claves que se asumen entonces como factores de disturbios, tributando a reforzar evidencias fragmentadas (**Figura 9 A y B**), considerando que la reconstrucción del vial y falta de mantenimiento del único paso de agua, generan impactos y acentúan pérdida de hábitat, traducida a intensificación de aislamiento de parches.



Figura 9. Vial de acceso reconstruido, donde se expone la situación del único paso de agua para conectar el escurrimiento de sector W (A), con el del E (B). Fotos. Yosviel González Rodríguez

Figure 9. Reconstructed access road, showing the situation of the only water passage to connect the runoff from sector W (A) with that from sector E (B). Photos. Yosviel González Rodríguez

DISCUSIÓN

El mosaico del paisaje en el área de estudio, como se aprecia en la **Figura 5**, está dominado por tres tipos de cobertura, el manglar que es la más extendida, el bosque de ciénaga y una formación arbustiva que se representa como matorrales y/o pastos naturales (herbazales a estos efectos). El paisaje forestal está mejor representado, como se ha indicado por la formación bosque de mangles, la que a pesar de ser dominante, muestra una cobertura de solo el 19.7% del área original estimada.

En general, estudios semejantes de cobertura han sido aplicados por otros autores (Nájera *et al.*, 2021; Toosi, Soffianian, Fakheran & Waser, 2022) tanto a escala nacional como regional, donde han presentado la delimitación y clasificación de distintos tipos de cobertura, incluidos los manglares, los que han permitido definir de manera satisfactoria las diferencias entre tipos de vegetación y coberturas.

Este resultado concuerda con evaluaciones recientes en diferentes sectores de costa baja con manglares en Cuba, y resaltado por Menéndez (2013), cuando asevera que en muchos sitios del territorio cubano se observa claramente una reducción a límites muy estrechos de las franjas de bosques de mangles, lo que afecta sensiblemente a su desarrollo estructural y la composición florística, las que están muy relacionadas con las condiciones ecológicas de cada sitio. Esta condición es particularmente frecuente en áreas con ecosistema de manglar en la costa sur del occidente cubano, incluso relativamente próximas al sector La Salina, lo cual fue reportado por González (2018) para la desembocadura del Río San Cristóbal, donde se detecta allí un manglar deteriorado en más del 85% de su estructura, y con una reducción considerable de su cobertura original.

Tal situación puede estar en dependencia de la ubicación continental o insular de sectores con manglares, pues por ejemplo, en áreas de la costa venezolana, Ruiz-Roldán *et al.* (2023) señalan un período de estabilidad en el porcentaje de cobertura de manglar, que promedia valores superiores al 58% de cobertura desde 2019 a 2021, y en general una situación estable de la misma en un período mayor de análisis.

En la Salina también se reconoce otra problemática de la estructura espacial actual del paisaje forestal que representa el bosque de mangle, y es la que se refiere a la distribución irregular de los parches que fueron identificados, como se muestra en la **Figura 6**, apreciándose por el análisis de resolución de imágenes y sus procesamiento, una matriz con severos impactos por diferentes tipos de actividades como la explotación de la salinera, construcción de viales, talas de aprovechamiento, etc., la que avanza al centro y hacia el borde litoral.

También la distribución irregular de parches que se presenta en el mapa de la **Figura 6** refleja efectos de disturbios, lo que se complementa con la abundancia de espacios con cobertura cero (superficies de suelo desnudo), que representan a los efectos del mosaico, rompimientos en la continuidad y acentuación del efecto matriz.

De manera general, en la distribución de parches de manglar, la forma que más se observa es la amorfa o irregular (**Figura 7**), que abarca la casi totalidad de los parches, lo que significa que el bosque es más susceptible a los procesos que se generan por el "efecto de borde", dichos procesos básicamente son la pérdida de especies y la acción de la matriz circundante. Un incremento en el perímetro de estos fragmentos beneficia a algunas especies a costa de

otras; por lo cual especies de condiciones ecológicas del interior del bosque pueden verse perjudicadas y se estaría favoreciendo a especies heliófilas o exóticas que competirían con las especies nativas (Montenegro, 2001).

En el caso del mosaico del paisaje forestal que ocupa el manglar de La Salina, los fragmentos de bosque tienen una relativa baja continuidad espacial ($FCI = 3.33$) y conectividad, según refleja el Índice de continuidad calculado. Aquí ha de notarse también que el aislamiento entre parches boscosos es otra consecuencia del proceso de fragmentación; a medida que avanza el proceso, la distancia entre parches aumenta (León-Alfaro, 2019). Los resultados que confronta la autora citada dan valores de $FCI = 3.19$ y 3.10 , y sobre ello apunta que reflejan un patrón discontinuo del bosque, el que presenta una matriz con menor cantidad de hábitats remanentes y más distanciados, y esto confirma lo obtenido para el sector costero de playa La Salina.

No obstante, lo expuesto sobre la discontinuidad detectada, el valor del Índice de Fragmentación ($F = 0.75$) indica un mosaico de bosque moderadamente fragmentado (**Figura 9**). Como expresara De la Cruz (2023), diferentes estudios se han centrado en la conectividad, fragmentación y configuración de los manglares (Suyadi, Lundquist, & Schwendenmann, 2018; Liu *et al.*, 2020). Estas investigaciones han mostrado las relaciones con los flujos de nutrientes, protección costera y calidad de agua. Además, las métricas de tamaño proporcional brindan información sobre la complejidad y configuración de los parches de manglar (Suyadi, Lundquist, & Schwendenmann, 2018).

CONCLUSIONES

Los análisis realizados nos permiten concluir que:

El manglar del sector playa La Salina es un paisaje forestal moderadamente fragmentado, que retiene bajo porcentaje de bosque de mangle remanente, con baja conectividad entre parches, siendo los mismos mayormente irregulares, lo que causa predominancia de hábitat de borde en el paisaje, con efectos negativos sobre la biodiversidad nativa.

ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del manuscrito declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del mismo; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras que se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo que se ha recibido del Proyecto Internacional “Resiliencia al cambio climático en la zona costera de Cuba a través de la adaptación basada en Ecosistemas – Mi Costa”, y la financiación del Proyecto PT122PR002-011 “Apoyando soluciones de adaptación al cambio climático con base en ecosistemas y comunidades, en municipios de Pinar del Río incluidos en el tramo costero de incidencia Mi Costa”. También al equipo del Centro de Gestión del Desarrollo Territorial del municipio San Luis y a la Especialista del CITMA municipal Lic. Mailyn Sánchez Rodríguez, por su apoyo para la realización de los trabajos de campo.

REFERENCIAS

- Chailloux, M., Amsellem, J., & Chéry, J. P. (2019). FragScape v2. 03. Disponible en: https://admin.tvb.espaces-naturels.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/fragscape_userguide_fr.pdf Acceso: 17 noviembre de 2023
- De la Cruz, F. (2023). Procesos de cambio de la cobertura del ecosistema de manglar en la llanura costera del Golfo de México. Tesis sometida para optar al grado de Doctor en *Philosophy* en Manejo y conservación de bosques tropicales y biodiversidad. Programa de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 128 pp. Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4588/Caracterizacion_morfologica_de_37_accesiones_de_yuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acceso: 16 de marzo de 2024
- Dirección de Desarrollo Territorial San Luis. (inédito). Diagnóstico ambiental y sócio-cultural del municipio San Luis. Documento técnico de trabajo Consejo de la Administración Municipal (CAM) de San Luis, Pinar del Río, Cuba.
- Escobar-Ocampo, M.C., Castillo-Santiago, M.A., Escobar-Flores, R.E. y Chanona-Pérez, S.P. 2023. Cambios en el uso del suelo y su impacto en la conectividad del paisaje en el corredor Selva El Ocote-Finca El Corinto. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94 (2023): e945151. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.5151> Acceso: 14 de enero de 2024
- González, F. (2018). Metodología para monitoreo de la recuperación del manglar en la desembocadura del río San Cristóbal. *CEFORES* Vol. 6(2):240-256. Disponible en: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/326/> Acceso: 17 enero 2024
- León-Alfaro, Y. (2019). Análisis de fragmentación y conectividad del bosque en la subcuenca del río Tapezco, Costa Rica: conectando el bosque para proteger el agua. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 28 (1): 102-120. doi: <https://www.10.15446/rcdg.v28n1.67969> Acceso: 16 de marzo de 2024
- Liu, S; Li, X; Chen, D; Duan, Y; Ji, H *et al.* (2020). Understanding Land use/Land cover dynamics and impacts of human activities in the Mekong Delta over the last 40 years. *Global Ecology and Conservation* 22:e00991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00991> Acceso: 17 de noviembre de 2023
- Menéndez, L. M. (2013). El ecosistema de manglar en el archipiélago cubano. Bases para su gestión. Tesis doctorales, Universidad de Alicante. 172 p. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/35983/1/tesis_ledamiguelina_menendez.pdf Acceso: 6 diciembre 2023
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-CITMA. (2019). Sexto Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica. República de Cuba. 470 p. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/nr/nr-06/cu-nr-06-p1-es.pdf> Acceso: 20 de marzo de 2023
- Ministerio de Economía y Planificación –MEP. 2021. I Informe Nacional Voluntario de Cuba 2021. Grupo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030. Informe de país en línea. Disponible en:

- https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/280872021_VNR_Report_Cuba.pdf Acceso: 25 noviembre 2023
- Montenegro, L. (2001). Dinámica temporal y espacial de la fragmentación del bosque nativo en el sur de Chile. *Colombia forestal*, Vol. 7 (4): 71-84. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/2256201X.3209> Acceso: 17 de noviembre de 2023
- Monti, A. (2020). Introducción a la Geografía de los espacios litorales: aportes para el análisis de casos patagónicos. Número Temático. *Párrafos Geográficos*. Volumen 19, N° 2 – 2020. Disponible en: <https://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/parrafosgeograficos/article/download/762/618> Acceso: 8 de febrero 2024
- Moser, G., Hertel, D., & Leuschner, C. (2007). Altitudinal change in LAI and stand leaf biomass in tropical montane forests: a transect study in Ecuador and a pan-tropical meta-analysis. *Ecosystems*, 10, 924-935. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-007-9063-6> Acceso: 17 de noviembre 2023
- Nájera, A., Carrillo, F. M., Morales, J.C., Nájera, O. (2021). Cambio de cobertura y uso de suelo en la llanura costera asociados a procesos antropogénicos: caso San Blas, Nayarit. *Madera y Bosques* vol. 27, núm. 1, e2712104 Primavera 2021. Disponible en: <https://www.doi:10.21829/myb.2021.2712104> Acceso: 7 de abril de 2024
- Ruiz-Roldán, J.J., Blanco-Libreros, J.F., López-Rodríguez, S.R. 2023. Mapeo de manglares utilizando cómputo en la nube y un índice espectral específico para apoyar acciones de manejo: un caso del Caribe Colombiano semiárido. *Ecosistemas* 32(3):2599. Disponible en: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2599> Acceso: 9 de diciembre de 2023
- Suyadi, J. G., Lundquist, C.J. & Schwendenmann, L. (2018). Characterizing landscape patterns in changing mangrove ecosystems at high latitudes using spatial metrics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 215, 2018. 1-10 pp. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771418301082> Acceso: 16 de marzo de 2024
- Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasyha* 238, Vol. 62, 25 – 30 pp. 2011/2 Disponible en: <https://pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/documentos/i2560s.pdf#page=27> Acceso: 16 marzo, 2024
- Toosi, N. B., Soffianian, A. R., Fakheran, S., Waser, L. T. (2022). Mapping disturbance in mangrove ecosystems: Incorporating landscape metrics and PCA-based spatial analysis. *Ecological Indicators*, Volume 136, marzo 2022, 108718. ISSN 1470-160X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22001893> Acceso: 13 de diciembre 2023
- Vila, J., Varga, D., Llausàs, A., Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (*landscape ecology*). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anàl. Geogr.* 48, 2006 151-166 p. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/pub/dag/02121573n48/02121573n48p151.pdf> Acceso: 23 octubre de 2023
- Vogelmann, J.E. (1995). Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. *Conservation Biology* 9 (2):439-449. Disponible en:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1523-1739.1995.9020439.x> Acceso: 19 de octubre de 2023

Wang, S., & Gu, J. (2021). Ecological responses, adaptation and mechanisms of mangrove wetland ecosystem to global climate change and anthropogenic activities. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62, 105248. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2021.105248> Acceso: 16 de diciembre 2023