ARTÍCULO

CUB@: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

Sitio de la revista: https://cmad.ama.cu Cu-ID: https://cu-id.com/1961/v25e03

EVALUACIÓN DE ESPECIES DE PALMERAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN EFECTIVA DEL ECOSISTEMA EN CANTÓN PORTOVIEJO, MANABÍ

EVALUATION OF PALM TREE SPECIES FOR THE CONSERVATION AND EFFECTIVE RESTORATION OF THE ECOSYSTEM IN THE PORTOVIEJO CANTON, MANABÍ

SHIRLEY ROCIO PINARGOTE MARCILLO*, RODRIGO PAÚL CABRERA VERDEZOTO

Universidad Estatal del Sur de Manabí. Instituto de Posgrado. Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador.

*E-mail: pinargote-shirley4199@unesum.edu.ec

Palabras Claves:

análisis de escenario
conservación y restauración
ecosistema
palmeras
inteligencia artificial
predicción de enfermedades

Resumen

La presente investigación denominada evaluación de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí, tuvo como objetivo evaluar las especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en dicho cantón. Los métodos empleados fueron de nivel teórico, empírico y estadístico - descriptivo, los que favorecieron la evaluación de especies de palmeras. Se obtuvo un inventario de 11 tipos de palmeras pertenecientes a 50 áreas verdes del cantón con este inventario se realizó el análisis de la a la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, empleándose el software Excel para la construcción y análisis de la base de datos y para la clasificación de escenarios el software Weka. Se constataron escenarios fundamentales relativos al número máximo esperado de palmeras resistentes a un medio ambiente lluviosos, donde proliferan hongos y por ende se desequilibra el ecosistema, así mismo se tuvo en cuenta el número de días máximo en espera que haya diagnósticos positivos de hongos que afectan las palmeras y el número máximo de casos de hongos en las palmeras diagnosticados en un día, después de dichas evaluaciones se llevó a cabo una búsqueda heurística para optimizar la evaluación de las especies casos de estudio, lo cual es útil para el apoyo a la toma de decisiones en función de lograr una adecuada conservación y restauración del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí.

Keywords:

scenario analysis
conservation and restoration
ecosystem
palm trees
artificial intelligence
disease prediction

Abstract

The present research called evaluation of palm tree species for the conservation and effective restoration of the ecosystem in the Portoviejo canton, Manabí, aimed to evaluate the palm tree species for the effective conservation and restoration of the ecosystem in said canton. The methods used were theoretical, empirical and statistical - descriptive, which favored the evaluation of palm species. An inventory of 11 types of palm trees belonging to 50 green areas of the canton was obtained. With this inventory, the analysis of the conservation and effective restoration of the ecosystem in the Portoviejo canton was carried out, using Excel software for the construction and analysis of the database. data and for the classification of scenarios the Weka software.

Recibido: 11 de enero de 2025

Aceptado: 03 de febrero de 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses con respecto a la publicación de este artículo.

Contribución de los autores: Conceptualización: Cali - Ligua, K. G y Gras Rodríguez, R. **Curación (o curado) de contenidos y datos:** Cali - Ligua, K. G y Gras Rodríguez, R. **Análisis formal de los datos:** Cali - Ligua, K. G. **Adquisición de los fondos:** Los autores no recibieron fondos para la publicación del trabajo. **Investigación:** Cali - Ligua, K. G. **Metodología:** Gras Rodríguez, R, como tutor de la investigación y desarrollado por Cali - Ligua, K. G como aspirante al grado de Master en Gestión Ambiental. **Administración del proyecto:** Gras Rodríguez, R, como tutor y de Cali - Ligua, K. G como aspirante. **Recursos materiales:** Programa de Maestría en Gestión Ambiental en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. **Software:** Cali - Ligua, K. G. **Supervisión:** Cabrera Verdezoto, R. P. **Validación:** Cali - Ligua, K. G y supervisada por Gras Rodríguez, R, como tutor. **Visualización:** Cali - Ligua, K. G. **Redacción - borrador original:** Cali - Ligua, K. G. **Redacción - revisión y edición:** Cali - Ligua, K. G y supervisada por Gras Rodríguez, R.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Fundamental scenarios were found regarding the maximum expected number of palm trees resistant to a rainy environment, where fungi proliferate and therefore the ecosystem is unbalanced. Likewise, the maximum number of days waiting for positive diagnoses of fungi that affect the environment were taken into account. palm trees and the maximum number of cases of fungus in palm trees diagnosed in one day, after these evaluations a heuristic search was carried out to optimize the evaluation of the case study species, which is useful to support the decision of decisions based on achieving adequate conservation and restoration of the ecosystem in the Portoviejo canton, Manabí.

Introducción

En el Ecuador, las palamas que aportan producciones de sus frutos, están concentrada en las provincias de Manabí, Guayas y Loja, provincias con condiciones climáticas cálidas y secas, con baja humedad relativa, lo que permiten un óptimo crecimiento de la palma. Según Sares-Reyes (2024), existe una superficie dedicada a labores de cultivo de palma en la zona rural del cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador que ha alcanzado más de 1 200 hectáreas, dando como resultado una producción estimada de 6 000 toneladas de dátiles.

Refiere el citado autor que, entre las plagas más comunes en el cultivo de la palma se encuentra el picudo negro, conocido como (*Rhynchophorus palmarum* L.), es un insecto perteneciente a la familia Curculionidae que causa daños estructurales, debido a su modo de acción que es perforar los troncos de las palmas, lo que compromete la salud de las mismas y reduce la capacidad productiva.

Adicionalmente el picudo negro funciona como vector de la marchitez letal, misma que es una enfermedad que se desarrolla por la presencia de esta plaga, y con la que se obtiene como resultado la devastación total de plantaciones. La presencia del picudo negro en plantaciones de palmeras datileras, por ejemplo, representa un desafío importante para los productores, debido a que ellos son los responsables de encontrar soluciones eficaces para su control y manejo.

En este estudio para la protección de las enfermedades que mayormente afectan las palmeras se lleva a cabo una focalización de escenario para el manejo integrado de plagas y enfermedades. La focalización de escenarios se realiza utilizando técnicas de Inteligencia Artificial (IA) para la predicción de enfermedades en las palmeras, lo que apoya la evaluación de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema, esto es una tarea que, unido al desarrollo tecnológico, contribuye al apoyo de toma de decisores para que los decisores ambientalistas y de gobierno actúen en consecuencia a la problemática de la conservación del ecosistema. En ese sentido, cuidar y conservar las palmas que de ellas se utilizan frutos para diversos productos en la industria y como nutrientes alimenticios, es de vital importancia (Kosow & Gaßner, 2008).

Los frutos de las palmas poseen propiedades nutritivas y a su vez son una fuente de hidratos de carbono, que aportan energía y en el caso de los dátiles de las palamas datileras o palmera real, (*Phoenix dactylifera* L.) son un alimento ideal para la práctica deportiva o para sobrellevar mejor los trabajos de mucho desgaste físico (Krueger, 2021). Estos frutos poseen un suave efecto laxante por su contenido en fibra, por lo que ayuda a regular el tránsito intestinal y a prevenir el estreñimiento (Rivera et al., 2015).

La detección de enfermedades en las palmeras, deben ser verisímiles, bajo el asesoramiento de zootecnistas, ingenieros agrónomos, fitosanitarios, investigadores ambientales, biólogos y especialistas en innovación tecnológica. Los centros que procesan los frutos de las palmeras deben tener presente que las enfermedades patogénicas están acondicionadas por tres factores principales: el patógeno, el susceptivo y el medio ambiente. Estos tres factores determinan la prevalencia y severidad de la enfermedad y actúan en forma integrada, interactuando el uno con el otro (Vives, 1999).

En este contexto según (Zhao et al., 2012) las enfermedades patogénicas se representarán por el escenario relacionado con las carencias de nutrientes, el susceptivo que se debe a la aclimatación (ambientes muy húmedos y con temperaturas elevadas o en suelos con substrato pesado) y el medio ambiente, que se debe a la presencia de enfermedades donde el escenario se caracteriza por alta prevalencia de enfermedades en épocas de frío.

Dichas enfermedades son hongos de tipo *Fusarium oxysporum*, mismo que se adhiere a las raíces dañadas por roturas ocasionales debidas al trasplante, riego copioso o suelos arcillosos. Otro hongo es el *Phytopthora palmivora*, el cual destruye las raíces y aparece en ambientes muy húmedos y con temperaturas elevadas o en suelos con substrato pesado. El síntoma evidente son las hojas secas que se caen (Hilgert et al, 2020).

Para la evaluación de especies de palmeras se analizan los factores de patógeno, susceptivo y medio ambiente, donde se focalizan escenarios en diferentes épocas, tanto de frío, como en ambientes muy húmedos y con temperaturas elevadas o en suelos con substrato pesado. Estos plazos están acotados a un corto plazo que se corresponde con un periodo de 5 - 10 años, un mediano plazo, donde se considera un periodo de 10 - 30 años y un largo plazo que establece hasta 100 años (IPCC, 2007).

Entre los plazos establecidos existe una incertidumbre que requiere ser tratada para apoyar la toma de decisiones. Esta incertidumbre con frecuencia se trata con técnicas de Inteligencia Artificial. Dichas técnicas, son aplicaciones de métodos matemáticos y computacionales útiles para la predicción de enfermedades.

El uso de las técnicas de IA para la focalización de escenarios en la predicción de enfermedades de las palmeras es un área de investigación bien trabajada desde diferentes aspectos. Los métodos estadísticos y la modelación físicomatemática han sido de los más empleados con este propósito (Viboud, Simonsen, Chowell, 2016; Chowell, 2017; Chowell, et al., 2019; Tian-Mu, et al., 2020).

Estudios recientes, relacionados con el uso de técnicas de IA, especialmente las orientadas al descubrimiento de conocimiento (aprendizaje automático), tienen una atención especial para este propósito (Zixin et al., 2020b). No obstante, se destaca que, el uso de técnicas de la IA, también, ha sido empleada con otros propósitos, ejemplo de su uso ha sido en estudios de focalización de epidemias, donde se ha puesto en evidencia la extracción de conocimiento para los procesos de diagnóstico (Hayden, Metsky, et al., 2020).

Las técnicas de IA, para la focalización de escenario han mostrado otro enfoque útil (Malik Magdon, 2003). En este contexto, Guoping et al., (2020) plantean que, dado que los parámetros en diferentes periodos son cambiantes, se dificulta las predicciones, y por ello se recomienda realizar diferentes evaluaciones cunado de especies de palmeras, se trata, para la conservación y restauración efectiva de los ecosistemas.

Por su parte, Wu, Leung (2020) muestran diferentes gráficos para el comportamiento la presencia de enfermedades según diferentes escenarios de reducción de la movilidad entre ciudades, Chowell (2017) presenta otro caso, relacionado con el pronóstico en tiempo real de las trayectorias epidémicas usando los conjuntos dinámicos computacionales.

Los elementos antes relacionados destacan que, aunque se han desarrollado varios métodos para la predicción de las variables asociadas a los diagnósticos y pronósticos de enfermedades, todavía los valores inferidos tienen un grado de incertidumbre, lo cual sugiere desarrollar otros enfoques capaces de evaluar las especies de palmeras de forma certera en función de la conservación y restauración efectiva del ecosistema. Estas evaluaciones deben tener en cuenta aspectos relacionados que constituyan variables predictivas y auxiliares para tales estudios.

Basado en lo antes referido, y para la evaluación de especies de palmeras en aras de la conservación y restauración efectiva del ecosistema, se ha de tener en cuenta que las especies de palmeras en diferentes zonas son narrativas de situaciones, y ellas precisan de representaciones gráficas y de cuantificación limitada (Alistair, 2007; Sorousha y Parisa, Bahri, 2009). La evaluación de los ecosistemas con el apoyo de la IA, ayuda a explorar un rango de futuros creíbles y posibles, sigue un proceso sistemático para crear un conjunto de 2 a 5 narrativas creíbles, que describen evoluciones posibles de áreas claves, pero también puede ser de interés que sean en alguna medida sorprendentes o extremos.

En este estudio las evaluaciones de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema se realiza a través de la combinación de valores distintos en diversas variables causales. La elaboración de la evaluación no se encuentra condicionada por la disponibilidad de evidencias que respalden la relación de causalidad de las variables ni el valor de cada una de ellas.

De acuerdo con lo subrayado, resulta importante reconocer que la evaluación de especies no son predicciones del futuro, sino que presentan un rango razonable de potenciales comportamientos (corto, mediano y largo plazo) destacándose aspectos centrales que llaman la atención sobre estos. Específicamente, la evaluación de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema con técnicas de IA, contribuye a operar en ambientes que requieren pensamiento a largo plazo para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre.

Según lo subrayado, para la evaluación de especies de palmeras en el proceso de conservación y restauración efectiva del ecosistema en la zona se puede caracterizar con 5 criterios (Muhammad, et al., 2011):

- Se requieren al menos 2 especies de palmeras para reflejar incertidumbre en función de la conservación y restauración efectiva del ecosistema
- Cada especie de palmera tiene que corresponder a un ecosistema creíble
- Las evaluaciones de especies de palmeras tienen que ser internamente consistentes
- Cada evaluación de especies de palmeras tiene que ser de interés para el decisor
- Las evaluaciones de especies de palmeras tienen que generar perspectivas nuevas y originales sobre la temática en cuestión

La utilidad de la evaluación de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema está dada para cuando se trabaja en ambientes con incertidumbre donde, se requiere que sean posibles varios desarrollos futuros en lugar de uno totalmente cierto. Por tal motivo, se consideran dos enfoques, fundamentales: evaluación hacia adelante y evaluación hacia atrás.

El enfoque de evaluación hacia adelante, crea proyecciones que pueden ocurrir en el futuro, mientras que, en el enfoque de evaluación hacia atrás, se determinan posibles situaciones futuras y se trabaja hacia el presente para identificar las situaciones que permitirían alcanzar esa situación futura. El contenido de las evaluaciones de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema se basa en variables seleccionadas y su interacción, llamadas factores claves (Kosow, Gaßner, 2008).

Para determinados valores de esos factores proyectan escenarios distintos, no uno solo, lo que lleva a la existencia de multiescenarios y, aunque crear numerosos escenarios puede ser más realista, esto generaría más complejidad en su interpretación. No se trata de plasmar todos los escenarios posibles, para la evaluación de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema, su número sería inmanejable y la técnica analítica perdería utilidad. En este sentido la finalidad no es adivinar lo que va a suceder, sino aprender de esos posibles futuros, por lo que es sugerente trabajar de 2 a 5 escenarios.

La focalización de escenario para la evaluación de especies de palmeras en función de la conservación y restauración efectiva del ecosistema, ofrece un enfoque complementario al empleo de los modelos de predicción del comportamiento. Estos modelos generalmente construyen una función para predecir el comportamiento de las enfermedades, incluyendo variables como raíces dañadas, hojas secas que se ven caer en plazos de épocas de frío, ambientes muy húmedos y con temperaturas elevadas o en suelos con substrato pesado.

Al emplear la focalización de escenario para la evaluación de especies de palmeras se pueden visualizar otros comportamientos posibles del desarrollo de enfermedades de acuerdo con los factores claves, como son hongos de tipo *Fusarium oxysporum* y hongos *Phytopthora palmivora*. Concretamente, para la evaluación de especies de palmeras la focalización de escenarios con técnicas de IA se parte de un modelo de predicción útil para construir los escenarios, estos también se desarrollan a partir de valores esperados de los factores claves establecidos según el criterio de expertos o decisores, y visualizar cómo sería el comportamiento de enfermedades en esos supuestos.

En congruencia con lo expuesto, el levantamiento de información primaria para establecer datos de las especies de palmeras permitió contribuir a la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí. En torno a lo señalado, la problemática a tratar en la presente investigación está relacionada con la conservación y restauración de las especies de palmeras en el cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador, por enfrenta varios problemas que deben ser considerados para lograr una efectividad en los esfuerzos de restauración del ecosistema. Algunos de los principales desafíos son; los relacionados con la expansión agrícola y urbana que, ha llevado a la deforestación y fragmentación de los hábitats naturales donde crecen las palmeras. Esto reduce el espacio disponible para estas especies y afecta su regeneración natural.

Por su parte, las variaciones en el clima, como el aumento de temperaturas y cambios en los patrones de precipitación, afectan negativamente la salud y distribución de las palmeras nativas. De igual forma la introducción de especies no nativas compiten con las palmeras locales por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que incide en la disminución de las poblaciones autóctonas.

Entre tanto, la recolección excesiva de palmas para usos comerciales, como la producción de artesanías o la extracción de frutos, presenta un declive en las poblaciones. Existe falta de información sobre las especies de palmeras nativas, su ecología y su papel dentro del ecosistema, lo que dificulta la implementación de estrategias efectivas de conservación.

Además, la falta de conciencia y educación ambiental en las comunidades locales conlleva a prácticas que dañan el ecosistema, como la quema de áreas naturales o la recolección indiscriminada. Por tal motivo, resulta importante la evaluación propuesta para lograr la conservación del ecosistema de las palmeras que se encuentra vulnerado por las diversas deficiencias referidas.

La zona rural del cantón Portoviejo, Manabí, se localiza a 355 km de distancia de Quito, la capital del Ecuador, y a 35 km del perfil costanero, tiene una extensión total de 967 km2 (96.756 has) que representan el 5,12 % del área total de la provincia, está ubicada en la zona central de la costa ecuatoriana, al noroeste del país, en las coordenadas geográficas 10º 04' de latitud sur y 80º 26' de longitud oeste. Limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con las provincias de Santa Elena y Guayas, al este con las provincias de Guayas, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, y al oeste con el océano Pacífico.

Dicha zona, se encuentran caracterizada por la presencia de vivero, árboles introducidos, áreas palmáceas, cactáceas, bosque húmedo tropical, bosque seco, área de animales recuperados y campamentos, en cada una de ellas se realizan investigaciones integrales las cuales contribuyen a la preservación del medio ambiente.

También en las áreas más alejadas se encuentran manglares, ecosistemas únicos que albergan una gran diversidad de especies vegetales adaptadas a condiciones de suelo salino, bosques secos tropicales con especies como el guayacán, el algarrobo, el ceibo y diferentes tipos de cactus. En las playas y dunas cercanas a la costa es común encontrar plantas adaptadas a la salinidad y a los vientos fuertes, como la uña de gato, la uva de playa y la hierba de la playa.

En las zonas más elevadas, es posible encontrar especies vegetales propias de climas más frescos y húmedos, como helechos, bromelias y orquídeas. En el contexto, antes descrito, con una rica diversidad biológica y paisajística se precisa de la implementación de medidas de protección y manejo adecuado para garantizar la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo. Por lo señalado, es importante evaluar las especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí y estimar de forma efectiva el ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí en diferentes escenarios, por las ventajas que ofrece la conservación de los ecosistemas para contrarrestar los efectos del cambio climático.

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo descriptivo - evaluativo, mediante paradigmas cualitativos y cuantitativos, a partir del estudio de las características de las especies de palmeras de la zona rural del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador.

El área de estudio se encuentra ubicado en la zona urbana del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. (Figura 1).

En la zona de estudio predomina un clima de transición entre el clima semiárido cálido (BSh) y el clima de sabana típico (Aw), tendiendo más al primero.

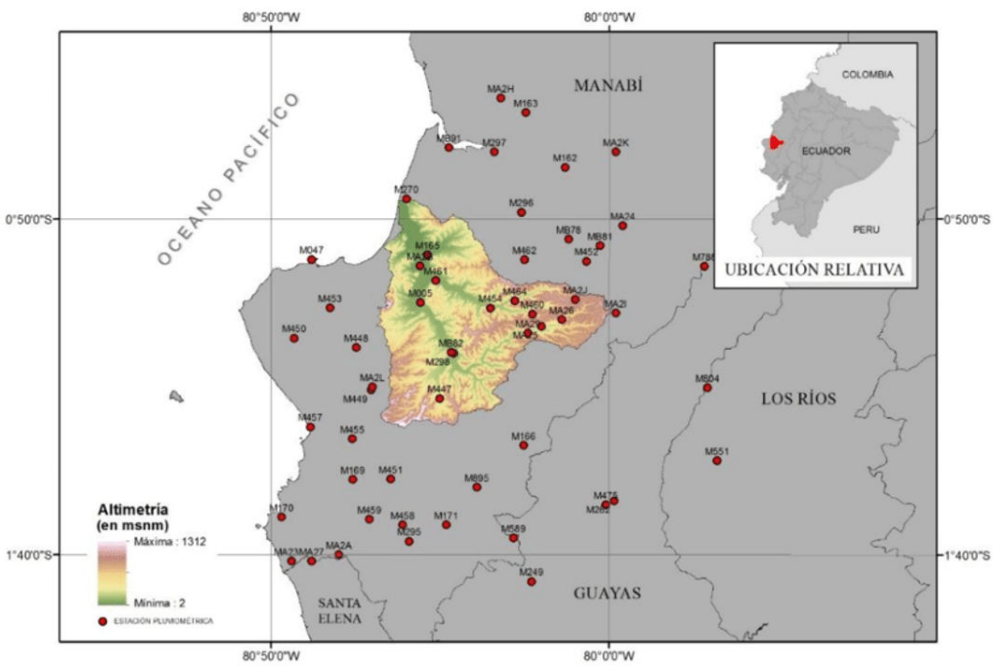
Se confeccionó un registro de datos que contempló únicamente las dos zonas de estudio. El registro de información de las especies de palmeras se realizó a través de las visitas a cada uno de los parques plazas y boulevard, lo que permitió realizar un inventario en 50 áreas verdes, el registro se llevó a cabo mediante la observación directa, ficha técnica (Catagua-Durán & Cabrera-Verdezoto, 2023).

La toma de datos se realizó en las delimitaciones de los puntos de muestreo construyendo de esta manera una base informativa acorde al nombre común, nombre científico, especie, cantidad de individuos. Se realizó la evaluación de especies de palmeras a través de un procedimiento para la focalización de escenario en el manejo integrado de plagas y enfermedades en las palmeras.

La zona rural del cantón Portoviejo, Manabí, se caracteriza por las temperaturas altas, su temperatura promedio anual es de 25,5 °C; con un promedio de 26,7 °C, abril es el mes más cálido, mientras agosto es el mes más frío, con 24,2 °C en promedio. Si bien la temperatura real no es extremadamente alta, la humedad hace que la sensación térmica se eleve hacia los 36 °C o más. Es un clima isotérmico, con una amplitud térmica anual inferior a 3 °C entre el mes más frío y el más cálido. Las lluvias alcanzan 692,7 mm por año, con una diferencia de apenas 160,6 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos; marzo (18 días) tiene los días más lluviosos por mes en promedio, mientras la menor cantidad de días lluviosos se mide en agosto (3 días).

Para evaluar de forma efectiva el ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí se delimitaron diferentes escenarios, definidos por los factores claves siguientes:

- MaxAcum: número máximo esperado de palmeras susceptivo con un medio ambiente lluviosos donde proliferan hongos que afectan las palmeras y por ende se desequilibra el ecosistema
- Días: número de días máximo en que se espera que haya diagnósticos positivos; de hongos que afectan las palmeras.
- MCD: número máximo de casos de hongos en las palmeras, diagnosticados en un día.



Fuente: Autores

Source: Authors

Figura 1. Localización geográfica de las zonas de estudio

Figure 1. Geographical location of studies zone

Se utiliza la Inteligencia Artificial para realizar una búsqueda heurística que utiliza la metaheurística "Optimización basada en Partículas" (en inglés, Particle Swarm Optimization, PSO) (Kennedy, Eberhart, 1995) como método para optimizar el diseño de la función para evaluar el ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí en los escenarios antes mencionados.

Se implementó un mecanismo de Análisis Inteligente de los Datos, para la limpieza de los mismos (cleaning) y así mejorar la exploración del método, con el cual se mantiene una cierta diferencia entre los datos que se generan; es decir, se busca la función f en forma de trapecio o campana que describe los escenarios definidos por los factores MaxAcum, Días y MCD que son los que se evalúan de forma efectiva para el equilibrio del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí.

El análisis matemático - estadístico utiliza la estadística descriptiva mediante barras de frecuencias y ecuaciones de cálculo en la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí, el software empleado fue el Excel y Weka para la construcción y análisis de la base de datos y clasificación de escenarios.

Resultados

En la identificación de las especies de palmeras en la zona rural del cantón Portoviejo, provincia de Manabí para la conservación y restauración efectiva del ecosistema se evidenció diversas especies de palmeras que son características de la región y que se adaptan bien a su clima tropical. Concretamente existen 8 especies que son las más comunes, sus características se describen a continuación:

1. *Cocos nucifera* (Cocotero): Esta palma es ampliamente cultivada en las zonas costeras de Ecuador. Es conocida por sus frutos, el coco, que tiene múltiples usos alimenticios y comerciales.
2. *Elaeis guineensis* (Palma de aceite): Esta especie es importante para la producción de aceite de palma y se cultiva en diversas áreas del país, incluyendo la región de Manabí.
3. *Washingtonia robusta* (Palma de Washington): Originaria de California, esta palma se ha adaptado bien a diferentes regiones y se puede ver en áreas urbanas y rurales.
4. *Roystonea regia* (Palma real): Esta palma es conocida por su altura y belleza, y se encuentra en diversas zonas del país, incluyendo áreas rurales.
5. *Attalea butyracea* (Palma de butí): También conocida como palma de aceite de butí, es nativa de la región tropical y se utiliza para la producción de aceite y otros productos.
6. *Syagrus romanzoffiana* (Palma de la reina): Esta especie es ornamental y se encuentra comúnmente en jardines y paisajes.
7. *Bactris gasipaes* (Palma de pijuayo): Conocida por sus frutos comestibles, esta palma es cultivada en algunas áreas rurales para su consumo.
8. *Chamaedorea* spp. (Palmas enanas): Varias especies de palmas enanas se pueden encontrar en la región, que son apreciadas por su uso ornamental.

Estas palmeras no solo son importantes desde el punto de vista ecológico, sino que también tienen un valor cultural y económico para las comunidades locales. Además, muchas de ellas son utilizadas en la construcción, la alimentación y como fuente de ingresos a través del turismo y la agricultura. Concretamente se caracterizan 11 especies de palmeras que son las que perdominan en la zona rural del cantón de Portoviejo, destacándose con mayor diversidad la Palmera *Cocos nucifera* (Cocotero) con 55 individuos, luego las palmeras *Roystonea regia* (Palma real) y *Chamaedorea* spp. (Palmas enanas) con 22 individuos cada una, seguido de la palmera *Elaeis guineensis* (Palma de aceite) con 20 individuos. (Figura 2).

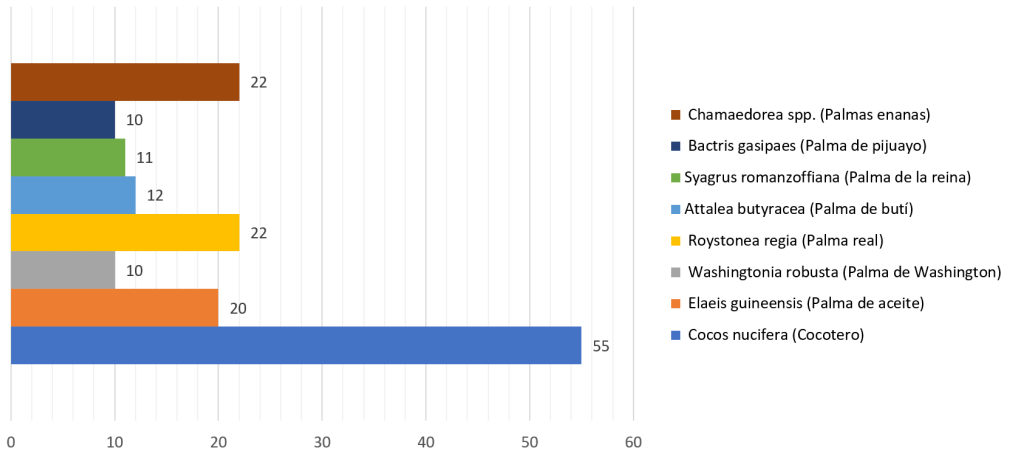
Los datos registrados, en la zona rural del cantón de Portoviejo, destacan que las especies mejor representadas son, Palmera *Cocos nucifera* (Cocotero) con, las palmeras *Roystonea regia* (Palma real) y *Chamaedorea* spp. (Palmas enanas) y las palmeras *Elaeis guineensis* (Palma de aceite). La forma de vida de las 8 especies de palmeras denotadas en la zona rural del cantón Portoviejo se describe en la Tabla 1.

Las palmeras que se señalan según su forma de vida y uso (Tabla 1), no solo contribuyen a la biodiversidad del ecosistema local, sino que también tienen un impacto significativo en la economía local mediante su uso agrícola, ornamental y cultural. Las palmeras caracterizadas son consideradas árboles, excepto las palmas enanas (*Chamaedorea* spp.), que pueden clasificarse como arbustos o plantas herbáceas debido a su menor tamaño y características.

Para estimar de forma efectiva el ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí en diferentes escenarios, y con respecto a las 8 especies de palmeras identificadas, según sus características, se desglosa un procedimiento que define diferentes escenarios, según los factores claves siguientes:

- MaxAcum: número máximo esperado de palmeras susceptivo con un medio ambiente lluviosos donde proliferan hongos que afectan las palmeras y por ende se desequilibra el ecosistema
- Días: número de días máximo en que se espera que haya diagnósticos positivos; de hongos que afectan las palmeras.
- MCD: número máximo de casos de hongos en las palmeras, diagnosticados en un día.

Se lleva a cabo una búsqueda heurística que utiliza la metaheurística "Optimización basada en Partículas" (en inglés, Particle Swarm Optimization, PSO) (Kennedy, Eberhart, 1995) como método para optimizar el diseño de la función para evaluar de forma efectiva el ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí en diferentes escenarios.



Fuente: Autores

Source: Authors

Figura 2. Palmeras por especies y cantidad de individuos en la zona rural del cantón Portoviejo

Figure 2. Palm trees by species and number of individuals in the rural area of Portoviejo canton

Tabla 1. Forma de vida de la Palmera de la zona rural del cantón Portoviejo

Table 1. Way of life of the palm tree of the rural area of Portoviejo

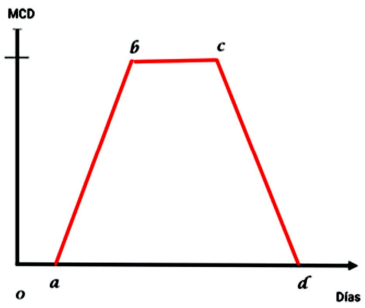
Palmeras	Tipo	Forma de Vida	Usos
Cocos nucifera (Cocotero)	Árbol	Es una palmera tropical que crece en suelos arenosos y húmedos, a menudo cerca de la costa. Necesita luz solar directa y es muy resistente a las condiciones costeras. Puede alcanzar hasta 30 metros de altura. Tiene un tronco delgado y recto, coronado por un penacho de hojas grandes y pinnadas	Su fruto, el coco, es ampliamente utilizado para alimentación y productos derivados.
Elaeis guineensis (Palma de aceite)	Árbol	Esta palmera se desarrolla en climas cálidos y húmedos, preferentemente en suelos fértiles. Se cultiva principalmente por su aceite, que se extrae de la pulpa de sus frutos. Puede crecer hasta 20 metros de altura. Tiene un tronco liso y erguido, con hojas pinnadas que se agrupan en la parte superior.	El aceite de palma es un ingrediente común en muchos productos alimenticios y no alimenticios.
Washingtonia robusta (Palma de Washington)	Árbol	Esta palmera se adapta bien a diversas condiciones climáticas, aunque prefiere climas cálidos y suelos bien drenados. Es resistente a la sequía. Puede alcanzar hasta 30 metros de altura. Su tronco es alto y delgado, con hojas en forma de abanico que cuelgan en racimos.	Se utiliza principalmente como planta ornamental en paisajismo.
Roystonea regia (Palma real)	Árbol	Prefiere climas cálidos y húmedos, y se encuentra comúnmente en áreas tropicales. Crece en suelos bien drenados y puede tolerar inundaciones temporales.	Es valorada por su belleza ornamental y también se utiliza en la construcción local.
Attalea butyracea (Palma de butí)	Árbol	Se encuentra en bosques tropicales y subtropicales, prefiriendo suelos húmedos y bien drenados. Es una especie que puede crecer tanto en sombra como a pleno sol. Puede llegar a medir entre 20 y 30 metros. Su tronco es robusto y cilíndrico, con un penacho de hojas grandes y pinnadas en la parte superior.	Sus frutos son comestibles y se utilizan en la producción de aceite.
Syagrus romanzoffiana (Palma de la reina)	Árbol	Esta palmera se adapta a diferentes tipos de suelo, aunque prefiere suelos bien drenados. Es resistente a la sequía y puede crecer en áreas soleadas o parcialmente sombreadas. Esta palmera puede crecer entre 15 y 25 metros de altura. Su tronco es delgado y recto, con un copete de hojas en forma de pluma.	Se utiliza como planta ornamental y sus frutos son comestibles
Bactris gasipaes (Palma de pijuayo)	Árbol	Crece en áreas tropicales, especialmente en suelos húmedos y fértiles. Puede tolerar sombra y es común en bosques secundarios. Generalmente crece entre 10 y 15 metros. Tiene un tronco delgado y espinoso, con hojas pinnadas que se agrupan en la parte superior.	Sus frutos son comestibles y se utilizan en la preparación de alimentos tradicionales.
Chamaedorea spp. (Palmas enanas):	Arbusto/ Planta herbácea	Estas palmas suelen crecer en ambientes sombreados, como los bosques tropicales. Prefieren suelos ricos en materia orgánica y húmedos. Estas son palmas más pequeñas, que generalmente no superan los 3 a 5 metros de altura. Tienen un tronco delgado y suelen crecer en grupos, con hojas que se disponen en la parte superior	Se utilizan como plantas ornamentales debido a su tamaño compacto y atractivo

En la búsqueda se incluye un mecanismo de análisis inteligente de los datos, para la limpieza de los mismos (cleaning) y así mejorar la exploración del método, con el cual se mantiene una cierta diferencia entre los datos que se generan; es decir, se busca la función f en forma de trapecio o campana que describe los escenarios definidos por los factores MaxAcum, Días y MCD que son los que se evalúan de forma efectiva para el equilibrio del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí.

La función f se construye como un conjunto borroso y la metaheurística PSO permite buscar la curva que genere un acumulado más cercano al valor de MaxAcum teniendo en cuenta los valores dados para esos factores. La expresión matemática de un trapecio se muestra en la expresión 1:

$$trapezoid\ \ (x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (1)$$

El gráfico que representa la función f se construye sobre un plano cartesiano donde el eje de las X son los días que dura la enfermedad que se estudie y el eje de las Y es el grado de pertenencia (valor entre 0 y 1) construido según el factor clave MCD, el grado de pertenencia se acerca al valor 1 cuando el valor de diagnósticos positivos del día se aproxima al valor de MCD. (Figura 3). Se considera que la curva comienza en el día 0, con 0 diagnosticados, y a partir de allí comienzan a aparecer diagnósticos positivos; es decir, el día 1 del eje X corresponde al día donde se reportaron los primeros casos, y de allí hasta el valor del factor clave Días.



Fuente: Autores

Source: Authors

Figura 3. Función trapezoide

Figure 3. Trapezoid funtion

Según la expresión 2, los parámetros (a, b, c, d) determinan la forma de la curva. En este caso se inicia el parámetro a, con el valor 0, indicando el inicio de la enfermedad. La curva va creciendo entre los valores de a y b, luego se mantiene constante entre b y c, y a partir de c comienza a decrecer hasta llegar al valor d, que será el último día donde se reporta algún diagnostico positivo. El problema es encontrar los valores para los parámetros b, c y d de modo que el acumulado total de diagnósticos positivos sea lo más cercano posible a MaxAcum, en un periodo no mayor a Días y la altura de la curva permita alcanzar un grado de pertenencia de 1 cuando el valor de la función f sea MCD. A través de la búsqueda heurística se encuentran dichos valores.

Para hacer uso de la búsqueda heurística, no es recomendable presentar muchas alternativas. Por eso, en esta investigación se presentan en cada escenario 3 posibles casos para la función f, los cuales representan posibles comportamientos de presencia de los hongos definidos.

Para lograr una mayor diversidad al construir los 3 posibles casos para la función f se han establecido algunos rangos de valores para los parámetros de la función en cada caso; para cada caso se buscan diferentes juegos de valores para los parámetros (b, c, d) de la función, o sea, se tiene una familia de posibles curvas para ese caso, y de ellas se selecciona una como representante del caso. Ello busca tener diversidad en las funciones; algunas de ellas pudieran representar casos extremos o poco posibles, pero son funciones que satisfacen los factores claves.

La diversidad, señalada, ofrece una panorámica más amplia de los futuros posibles que la que aporta una sola curva de predicción. Con el propósito de encontrar una función con forma de campana se utiliza la expresión 2:

$$f(x) = a * e - \frac{(x-b)^2}{2 * c^2} \quad (2)$$

Donde:

a: es el alto de la campana

b: es el centro

c: el ancho

Para lograr una mayor diversidad en la forma de la campana se busca una curva con forma de campana, pero que no sea simétrica. Para ello a través de la expresión 3, se trabaja con dos valores para el parámetro c, uno para los $x \leq b$ y otro para $x > b + 1$; por eso se define un cuarto parámetro d que es el que determina la forma de la parte derecha de la campana.

Otra información que se tiene, es la serie de valores reales de diagnósticos de palmeras positivas a hongos u otras afecciones que son reportados diariamente desde que el inicio del monitoreo hasta el momento en que se realiza el análisis del ecosistema, y esta información, se usa, además, para la construcción de la función f buscando que la curva se aproxime lo más posible a esa serie.

Para combinar el ajuste de la función al valor de MaxAcum dado y a la serie de valores reales de reportes diarios que se tiene hasta ese momento se formula una función de evaluación heurística multiobjetivo definida por la expresión 3. La función de evaluación heurística permite evaluar la calidad de la función f multiobjetivo, con sus componentes.

$$FO(f) = Ajus(f) + Prec(f) \quad (3)$$

Donde:
Ajus(f) es, una medida de la cercanía del acumulado generado por la función f al valor del factor clave MaxAcum, recordar que; ese valor es un intervalo, de modo que es la medida en que el valor del acumulado de diagnósticos positivos generado por f se ajusta a ese intervalo.
Prec(f) es el ajuste de los valores de diagnósticos diarios generados por f a la serie de diagnósticos que se tiene hasta la fecha.

Para la construcción de la función f se propone el método siguiente, basado en la metaheurística PSO, el cual se formaliza en dos variantes: una para el caso de la forma de trapecio y otra para la campana.

Método (PSOmo-Trapecio)

Para la forma de trapecio se buscan valores para los parámetros (b, c, d), en este caso el valor del parámetro a tiene un valor fijo igual a 0 (a=0) pues se considera que la curva comienza el día de inicio de la enfermedad.

- Paso 1. Con la metaheurística PSO se buscan diferentes expresiones para la función f **,** lo que significa encontrar diferentes juegos de parámetros que definen la función. La calidad de los datos se mide por la función heurística multiobjetivo FO definida por la expresión 3, la cual combina la cantidad de diagnósticos positivos totales (acumulado final) que produce la función y la medida en que los valores de la función se aproximan a la serie de valores diarios reportados hasta el momento.

Para cada escenario se quieren presentar 3 casos que ilustren el comportamiento posible de la cantidad de diagnósticos positivos diarios. Para buscar diversidad en los casos, se construyen grupos de funciones posibles para cada caso.

- Paso 2. De cada grupo se seleccionan las mejores funciones, es decir, aquellas que tienen un mejor valor para la función heurística multiobjetivo.
- Paso 3. De cada uno de los 3 grupos de mejores trayectorias posibles para la función f se determina la que será elegida para el caso. Se elige la función que tiene mayor área bajo la curva, usando una expresión que modifica el cálculo del área bajo la curva de un trapecio buscando mayor ajuste al escenario.

Método (PSOmo-Campana)

Para la curva con forma de campana se buscan valores para los parámetros (b, c, d), pues el valor de a es igual al valor del factor clave MCD (a=MCD).

- Paso 1. Para cada uno de los casos se establecen los dominios de valores para los parámetros *b, c* y *d.*
- Paso 2. Con la metaheurística PSO se buscan diferentes expresiones para la función f para cada caso, lo que significa encontrar diferentes combinaciones de valores para los parámetros (*b, c, d*) que definen la función. La calidad de los datos se mide por la función heurística multiobjetivo FO definida por la expresión 3, la cual combina la cantidad de diagnósticos positivos totales (acumulado final) que produce la función y la medida en que los valores de la función se aproximan a la serie de valores diarios reportados hasta el momento.

A esta función se añaden 2 términos: uno que busca que el inicio de la curva esté lo más próximo posible al inicio de los valores de la serie de valores reales, y otro que tiene por objetivo que el valor de la función sea 0 antes de la fecha final establecida para la enfermedad que se desea estudiar

- Paso 3. La mejor partícula de cada caso, es decir, la que tiene mejor valor de la FO, se selecciona como función para el caso.

Estos métodos permiten construir, para cada escenario con los valores de los factores claves MaxAcum, Días y MCD, 3 expresiones para la función f (una para cada caso) que expresan comportamientos posibles de la presencia de afectaciones en el ecosistema, dígase plagas y enfermedades que pueden estar afectando las palmeras, las cuales tienen forma de trapecio o campana. Además, se definen 3 medidas que caracterizan la función para cada caso: ajuste, precisión y concordancia. Estas medidas calculadas para cada caso son:

- Ajuste al intervalo MaxAcum: cantidad total de palmeras diagnosticadas positivas que se tendrá según esa expresión para la función (acumulado total de diagnósticos positivos por los hongos que se tendrá según esa función).
- Precisión con respecto a la serie real hasta el momento: un promedio del error que se tiene entre los diagnosticados diariamente según la función y la serie de diagnósticos reales que se tiene.
- Concordancia con respecto a la curva que más se aproxima a Max: la curva seleccionada para el caso no es la que necesariamente genera una cantidad final de diagnósticos positivos (acumulado total) más cercana al valor dado al factor clave MaxAcum, pues se tiene en cuenta también el grado en que se aproxima a la serie de valores reales. Por eso, esta medida ilustra la diferencia entre el acumulado que produce la función seleccionada para el caso y el que produce la función de su grupo que más se acerca a MaxAcum.

Cuando se utiliza la función con forma de campana solo se considera la medida de ajuste, pues las demás no son necesarias. El método propuesto para el análisis escenario en función de la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí, define

los escenarios teniendo en cuenta los datos de las palmeras afectadas frente a los tres factores principales, el patógeno, el susceptivo y el medio ambiente lluvioso que está presentes (positivo) durante todo el periodo de evolución de los hongos.

Los resultados alcanzados desde la perspectiva matemático-computacional, que establece la necesidad de construir proyecciones con 3 comportamientos de las plagas y enfermedades y utilizar una curva en forma de campana para modelar el comportamiento diario de diagnósticos positivos. Según el escenario descrito se obtiene una alta variabilidad de los valores reales de diagnósticos diarios, lo que hace muy difícil encontrar un buen ajuste de las funciones a esa serie de valores.

Para los 3 comportamientos las plagas y enfermedades que afectan las palmeras, se obtiene un acumulado final esperado de diagnósticos positivos de acuerdo con el MCD, número máximo de casos diagnosticados de plagas y enfermedades en un día. Sin embargo, el punto de máximo y el fin de las plagas y enfermedades difiere en los casos:

- Caso 1, palmeras susceptibles, se espera un punto máximo entre los 45 y 50 días y termina cerca del día 80
- Caso 2 palmeras enfermas, se alcanza un máximo entre el día 40 y el 45 y una terminación similar
- Caso 3 en el periodo de palmeras ya con afectación total es de 70 a 75, y termina después del día 100 de la presencia de plagas y enfermedades.

A partir de los 3 casos se evalúan las palmeras enfermas acumuladas diarias. En esta evaluación el comportamiento del caso de palmeras susceptibles a plagas y enfermedades es similar al pronosticado por el método numérico, donde ambos se aproximan a la serie de valores reales obtenidos hasta ahora.

Los otros casos (palmeras enfermas y con afectación total) muestran comportamientos diferentes que pudieran estar dados de acuerdo al grado de incertidumbre de las plagas y enfermedades que pueden afectar las palmeras al decretarse positiva o negativa, es decir que, dicha realidad depende de diferentes factores.

Los resultados obtenidos, permiten plantear que las 3 funciones construidas para el escenario definido permiten generar un acumulado de casos, muy cercano a lo que se estima según los expertos al observar las palmeras con diferentes afecciones. Estas coincidencias aportan señales positivas pues muestran que estudios desarrollados desde perspectivas diferentes producen resultados cercanos.

En un dominio caracterizado por la incertidumbre, donde los métodos usados generalmente producen valores aproximados sujetos a esa incertidumbre, el empleo de diferentes enfoques es adecuado, especialmente cuando se puede encontrar similaridad en los resultados. Por tanto, la propuesta es evidente para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí.

Discusión

El estudio realizado evaluación de especies de palmeras para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí, demostró que las especies de palmeras deben ser incluidas en los programas de reforestación del país, lo cual esto no ha sido así, y estas especies han quedado excluidas sin tomar en cuenta que constituyen especies claves para el funcionamiento de los ecosistemas tropicales y subtropicales. Adicionalmente, es importante recalcar que las palmeras tienen características fisiológicas y ecológicas diferentes de los árboles, por lo cual su inclusión en programas de reforestación debe tener en cuenta esta singularidad (León et al., 2011).

Debido a que varias especies se encuentran en estado crítico de conservación, la protección de este material genético en invernaderos y en estrategias de ornamentación urbana sería una opción viable. Casi la totalidad de palmeras ornamentales en las ciudades andinas y tropicales de Ecuador son palmeras introducidas; cuando varias especies nativas altamente amenazadas pudieran ser adaptadas e incorporadas en planes de ornamentación de las ciudades (Trene, et al., 2007).

Refieren los citados autores que, por la importancia de implementar medidas de protección y manejo adecuadas para garantizar la preservación de este ecosistema, el que se caracterizó como un ecosistema vulnerable, se necesitan medidas de conservación urgente. A pesar de las diferentes estrategias de conservación que se implementan para evitar la pérdida de la diversidad y degradación de los ecosistemas, es vigente el detrimento de las especies de palmeras.

No obstante, se evaluó el ecosistema a través de un enfoque para la focalización de escenarios con técnicas de IA, en función de llevar a cabo la predicción de plagas y enfermedades en las palmeras, con un método que, no se basa solo en la serie de datos que se tiene hasta la fecha, como generalmente hacen los métodos para construir esta clase de modelos, sino que se analiza matemáticamente a través de las modelaciones de la función f. En este caso, función con forma de trapecio y otra de campana, donde se usó la metaheurística que contribuyó a determinar los factores claves desde la cantidad de especies de palmeras que son susceptibles a plagas y enfermedades que prevalecen y que aparecen por las carencias de nutrientes (Montúfar et al. 2018).

Además, se caracterizó el susceptivo que se debe a la aclimatación (ambientes muy húmedos y con temperaturas elevadas o en suelos con substrato pesado) desde la forma de vida de las especies de palmera y el medio ambiente en el que se concentran, que se debe a la presencia de plagas y enfermedades donde el escenario se caracteriza por alta prevalencia de enfermedades en épocas de frío (Aguirre, 2012).

Los valores obtenidos se revisaron a través de los expertos en la zona rural del cantón Portoviejo, dichos expertos

fueron de zootecnistas, ingenieros agrónomos, fitosanitarios, investigadores ambientales, biólogos y especialistas en innovación tecnológica, el criterio de estos expertos más los datos obtenidos y los métodos de predicción, permitió construir 3 funciones para cada escenario. En este contexto, los resultados obtenidos muestran que las funciones en forma de campana permiten obtener mejores resultados, al generar acumulados de diagnósticos positivos total en el rango de valores establecidos para cada factor clave.

Del análisis de los escenarios construidos para la predicción de plagas y enfermedades en las palmeras, el escenario 3 es el más pesimista en el sentido de que es donde se espera una mayor cantidad de palmeras con diagnósticos positivos de plagas y enfermedades exista al final de la enfermedad, es decir un valor alto de palmeras afectadas totalmente, sino se toman las medidas necesarias para su cuidado y conservación.

No obstante, se llevó a cabo un mayor ajuste en el caso de los escenarios 1 y 2, los cuales tienen un comportamiento más favorable pronosticado por los expertos de zootecnistas, ingenieros agrónomos, fitosanitarios, investigadores ambientales, biólogos y especialistas en innovación tecnológica, los cuales contribuirán a la toma de decisiones oportunas. Concretamente en los 3 escenarios se obtienen funciones que permiten calcular una cantidad de diagnósticos finales bastante menor que el valor máximo dado a ese factor clave, lo cual también es un resultado favorable.

Es notable que los estudios demuestren, en la región, el manejo de los recursos forestales no maderables derivados de palmas debe ser desarrollarlo técnicamente e implementado en el país. Este sistema de manejo debe apoyar a las mejores prácticas de uso de los recursos, sin llegar a la prohibición, la cual, en vez de aportar a la conversación, constituye una amenaza a la misma.

Por último, se confirma que el mayor problema para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí, es la deforestación, el cual es un problema socio-económico. Sin embargo, la explotación inteligente de los productos derivados de palmeras puede generar recursos económicos y encadenamientos productivos a las poblaciones rurales y al mismo tiempo apoyar la conservación y manejo de este importante recurso forestal del país.

Conclusiones

- Se concluye que mediante el monitoreo se registró 8 especies de palmeras en la zona rural del cantón Portoviejo en la provincia de Manabí, Ecuador, las que se evaluaron para llevar a cabo la conservación y restauración efectiva del ecosistema.
- Se caracterizaron las 8 especies de palmeras de acuerdo con la forma de vida y uso. Dichas especies son consideradas árboles, excepto las palmas enanas (*Chamaedorea* spp.), que se clasifica como arbustos o plantas herbáceas debido a su menor tamaño y características.
- Se desplegó un procedimiento matemático con el que se evaluaron 3 escenarios para la conservación y restauración efectiva del ecosistema en cantón Portoviejo, Manabí, considerándose el escenario 3 el más pesimista en el sentido de que es donde se espera una mayor cantidad de palmeras afectadas por plagas y enfermedades, lo que induce a la toma de decisones para la conservación del ecosistema en estudio.

Bibliografía

Aguirre, Z. 2012. Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO - Finlandia. Quito. Ecuador. Pag 140 p.

Alistair G. (2007). Sutcliffe y Andreas Gregoriades. Automating Scenario Analysis of Human and System Reliability, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics-part A: systems and humans, 37(2): 249-261.

Catagua-Durán & Cabrera-Verdezoto (2023). Parcelas permanentes de monitoreo para la conservación de Bursera graveolens (Kunth) en las comunas Joa y Agua Blanca, Manabi. MQR*Investigar* 7(1), 1757-1776. https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.1.2023.1757-1776

Chowell G, Luo GR, Sun K, Roosa K, Tariq A, Viboud C. (2019). Real-time forecasting of epidemic trajectories using computational dynamic ensembles. Epidemics. 30:100379. https://doi.org/10.1016/j.epidem.2019.100379. [Epub ahead of print]

Chowell G. (2017). Fitting dynamic models to epidemic outbreaks with quantified uncertainty: A primer for parameter uncertainty, identifiability, and forecasts, Infectious Disease Modelling, https://doi.org/10.1016/j.idm.2017.08.001.

Guoping Zhang, Huanji Pang, Yifei Xue, Yu Zhou, Ruliang Wang(2020). Forecasting and Analysis of Time Variation of Parameters of COVID-19 Infection in China Using An Improved SEIR Model. Public meteorological service center of China Meteorological Administration. 2020. https://www.researchsquare.com/article/rs-16159/v1

Hayden C. Metsky, CA Freije, TSF Kosoko-Thoroddsen, PC Sabeti, C Myhrvold. (2020). CRISPR-based COVID-19 surveillance using a genomically-comprehensive machine learning desing. *BioRxiv* preprint doi: https://doi.org/10.1101/2020.02.26.967026

Hilgert, N., Pochettino, M. & Hernández Bermejo, E., 2020. PALMERAS NUS AL SUR DE LA AMÉRICA AUSTRAL. 1ª de. Madrid. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

IPCC (2007). Fourth Assessment Report (AR4). Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: URL: http://ipcc-wg1.ucar.edu/index.html.

Kennedy J, Eberhart RC. (1995). Particle swarm optimization. In IEEE International Conference on Neural Networks, pp. 1942-1948.

Kosow H, Gaßner R. (2008). Methods of future and scenario analysis. Overview, assessment, and selection criteria. DIE Research Project "Development Policy: Questions for the Future", p. 133. Studies/Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. ISSN 1860-0468. p. 133.

Krueger, R.R., 2021. Biología y utilización de la palmera datilera (Phoenix dactylifera L.). En: El genoma de la palmera datilera, vol. 1: Filogenia, Biodiversidad y Cartografía (3-28). Cham: Springer International Publishing.

León S. et al (editores). 2011. Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador. Segunda edición. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. ISBN: 978-9942-03-393-2.

Malik Magdon-Ismail. (2003). Machine Learning the Phenomenology of COVID-19 From Early Infection Dynamics. arXiv: 2003.07602v2

Montúfar, R, Louise, C, Tranbarger, T (2018). Elaeis oleífera: A neglected palm from the Ecuadorian Amazonia. *Rev. Ecuat. de Med. y Cienc. Biol. 39,11-18*,

Muhammad A, Jetter, A, Daim, T. (2011). Development of fuzzy cognitive map (FCM)-based scenarios for wind energy. *International Journal of Energy Sector Management.* 5(4), 564-584, 1750-6220. 2011. DOI 10.1108/17506221111186378.

Rivera, D., Obón, C., Alcaraz, F., Carreño, E., Laguna, E., Amoros, A., Johnson, D., Díaz, G. & Morte, A.,2015. Date Palm Status and Perspective in Spain. En: Al-Khayri, J.M. et al. (Eds.). Recursos genéticos y utilización de la palma datilera, Springer, Dordrecht.

Sares-Reyes, J. G. (2024). Eficiencia del uso de feromona sintética y cebos vegetales en la captura del rhynchophorus palmarum l. en el cultivo de dátil (phoenix dactylifera). Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería Agropecuaria.

Sorousha M. y Parisa A. Bahri. (2009). Hybrid intelligent scenario generator for business strategic planning by using ANFIS. Expert Systems with Applications, 36:7729-7737.

Tian-Mu Chen, Rui, J., Wang, QP, Zhao, ZY, Cui, Jin-An, Ying, Ling. (2020). A mathematical model for simulating the phase-based transmissibility of a novel coronavirus. *Infectious Diseases of Poverty*, 9 (01), 18-25. https://doi.org/10.1186/s40249-020-00640-3

Trenel P, Gustafsson H, Baker W, Asmussen C, Dransfield J, Borchsenius F. 2007. Mid-Tertiary dispersal, not Gondwanan vicariance explains distribution patterns in the wax palm subfamily (Ceroxyloideae: Arecaceae). Molecular Phylogenetics ande volution 45(1): 272-288.

Viboud C, Simonsen L, Chowell G. (2016). A generalized-growth model to characterize the early ascending phase of infectious disease outbreaks. Epidemics, 15: 27-37.

Vives, S.G., 1999. Plagas y enfermedades de la palmera datilera (Phoenix dactylifera L.) en España. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, 114: 188-191.

Wu JT, Leung K, Leung GM. (2020). Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. TheLancet. January 31, 2020. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30260-9

Zhao, Y., Williams, R., Prakash, C.S. & He, G., 2012. Identification and characterization of gene-based SSR markers in date palm (Phoenix dactylifera L.). BMC plant biology, 12(1): 1-8.

Zixin Hu, Qiyang Ge, Shudi Li, Li Jin, Momiao Xiong. (2020b). Artificial Intelligence Forecasting of COVID-19 in China. 2020. arXiv preprint arXiv:2002.07112.