



Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Artes y Ciencias
Departamento de Biología
Biol 5038
Valeria Montalvo Rivera
Informe Escrito Final

Distribución de *Morella holdrigeana* y *Morella cerifera* en la isla de Puerto Rico

Introducción

Los botánicos y los aficionados de plantas a menudo suelen debatir sobre la correcta identificación de plantas recolectadas durante el trabajo de campo. Estas discrepancias surgen, en gran medida, debido a la existencia de especies morfológicamente similares. Es decir, aquellas que comparten rasgos en forma, tamaño y estructura. Para atender este reto, se utilizan claves taxonómicas para identificar correctamente una especie basándose en características observables. Por ejemplo, se pudiera utilizar un rasgo visible como: la disposición de las hojas (opuestas o alternas), forma foliar, tipo de tallo, características florales, entre muchos otros. Asimismo, muchas claves taxonómicas incorporan la distribución geográfica de la planta como carácter auxiliar que contribuye a una identificación más precisa. A modo de ejemplo, se han generado claves y descripciones para identificar taxonómicamente tres géneros de *Myricaceae* en Norte America (Wilbur, 1994). Sin embargo, con la modernización de la tecnología, han surgido aplicaciones digitales que permiten identificar plantas encontradas utilizando solamente una imagen. Por ejemplo, el portal *iNaturalist* permite a sus usuarios registrar observaciones mediante fotografías y obtener una identificación preliminar asistida por inteligencia artificial. Aun así, la observación solo se confirma cuando otros usuarios participan de un foro para identificarla correctamente, sugiriendo nombres de especies que cumplan con las características observables en las fotos. Una limitación que tiene esta plataforma es que su capacidad de identificación se basa en la información previamente disponible en la base de datos del sistema; por lo tanto, la escasez o ausencia de registros sobre ciertas especies puede generar confusión o imprecisiones en el proceso de identificación.

Una situación similar a la descrita anteriormente fue la que dio comienzo a este proyecto de investigación. Durante el semestre de enero a mayo del 2025, se llevó a cabo un estudio para formar un inventario de flora de Cerro las Mesas en el municipio de Mayagüez (Montalvo, 2025), lugar conocido por sus suelos de serpentina (Baez Rivera et. al, 2021). El objetivo principal era documentar las especies que eran capaces de crecer y adaptarse en suelos con

metales pesados, puesto que esto se considera un ambiente muy extremo que limita el establecimiento de ciertas especies de plantas. Durante una de las salidas de campo, se encontraron dos arbustos leñosos que no se habían identificado aún. Con la ayuda de la inteligencia artificial y otros usuarios de *iNaturalist*, se identificó el primero de ellos como *Morella cerifera*, comúnmente conocida como cerero y nativa de Puerto Rico (*The Institute for Regional Conservation*, 2025). Esta identificación resultó relativamente sencilla debido a la disponibilidad de fotos (**Fig. 1, A**) e información previa en el portal sobre la distribución geográfica de la especie en el oeste de Puerto Rico, incluyendo el área de Mayagüez. Por tal razón, los usuarios acordaron que las características morfológicas observables y la distribución (**Fig. 2, A**) concordaban y conducían hacia la identificación de este arbusto como *M. cerifera*. En contraste, el segundo arbusto leñoso trajo consigo una discusión más extensa. Aunque se logró consenso en que pertenecía al género *Morella*, no fue posible llegar a un acuerdo definitivo a nivel de especie, puesto que se dudaba entre *M. cerifera* o *M. holdridgeana*, comúnmente conocida como palo de cera y endémica de Puerto Rico (*The Institute for Regional Conservation*, 2025).



Figura 1. Fotos de arbustos leñosos encontrados en Cerro las Mesas. A) Arbusto identificado como *M. cerifera* (foto: benjamin_vanee, 2025). B) Arbusto posiblemente identificado como *M. holdridgeana* (foto: giancarlof, 2024).

El dilema principal estaba en que, dentro de la información preexistente en *iNaturalist*, no se documentaba un rango de distribución de *M. holdridgeana* hacia el oeste de Puerto Rico donde se había hecho la observación. Los registros disponibles limitaban la distribución de esta especie principalmente a la región de El Yunque (**Fig. 2, B**), lo que llevó a algunos participantes a concluir que el arbusto no podía corresponder a *M. holdridgeana*, ya que su rango de distribución no incluía el área de Mayagüez. Aun así, se argumentaba que el segundo árbol

leñoso sí podía tratarse de *M. holdrigeana* debido a la forma de sus hojas ovaladas (**Fig. 1, B**), en contraste con *M. cerifera* con sus hojas lanceoladas. No es raro que en la comunidad científica existan desacuerdos, aun así, persistía la inquietud de contar con una fuente de información más completa y confiable sobre la distribución geográfica en Puerto Rico de estas especies, *M. cerifera* y *M. holdrigeana*, con el fin de reducir ambigüedades en procesos futuros de identificación taxonómica.

Por tal razón, se desarrolló un proyecto de investigación que incorporó herramientas de percepción remota con el fin de responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es la distribución geográfica correcta en la isla de Puerto Rico de estas especies? Adicionalmente, estas herramientas de percepción remota incluyen bases de datos en donde se puede encontrar información sobre los tipos de suelos presentes en Puerto Rico y permiten calcular el índice de vegetación, los cuales pueden utilizarse para caracterizar las condiciones del entorno natural donde se desarrollan estas especies. Por consiguiente, esto permite contestar adicionalmente: ¿Las herramientas de percepción remota pueden aportar información adicional sobre el entorno natural de estas especies y posibles preferencias por ciertos hábitats?

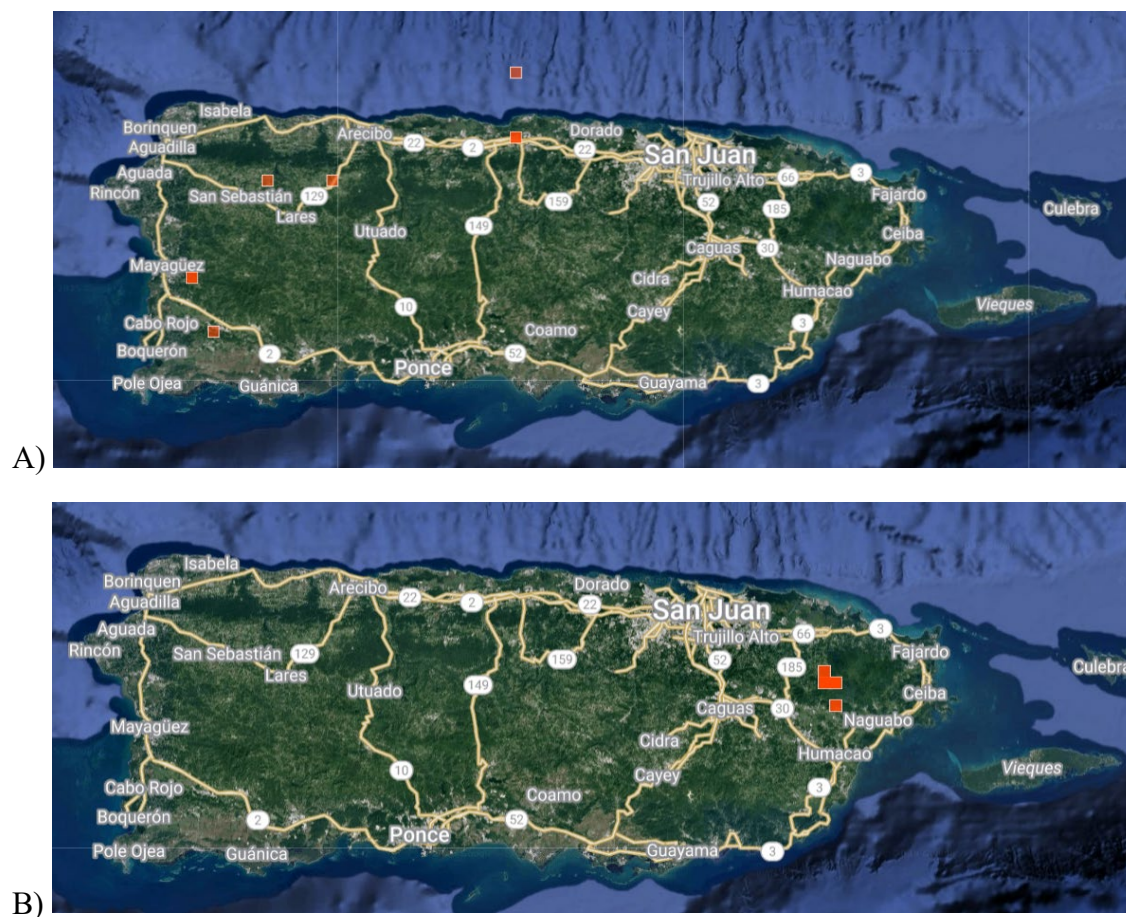


Figura 2. Imágenes de mapas de distribución de registros sobre Puerto Rico en la plataforma de iNaturalist. A) Ocurrencias de *M. cerifera*. B) Ocurrencias de *M. holdrigeana*.

Objetivos:

- Formar un mapa con la distribución histórica y actual de *M. cerifera* y *M. holdrigeana* sobre Puerto Rico.
- Generar un mapa de la distribución de *M. cerifera* y *M. holdrigeana* sobre distintos tipos de suelos de Puerto Rico.
- Crear un mapa del municipio de Mayagüez y el área de El Yunque con el cálculo de índice de vegetación NDVI y SAVI.

Metodología

a) Procedimiento para formar mapa de distribución histórica y actual

Primeramente, se obtuvieron datos de ubicación (coordenadas) de especímenes y de observaciones humanas de *M. cerifera* y *M. holdrigeana* utilizando la base de datos *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), una plataforma donde se puede acceder información sobre especímenes encontrados alrededor del mundo, como en herbarios y museos, como también encontrar registros de ocurrencias de especies hechos por observaciones humanas documentadas en *iNaturalist*. Luego, se formó una tabla en el programa Excel para catalogar los datos obtenidos en GBIF (**Fig. 3**). La plataforma GBIF georreferencia estas coordenadas con *Google Earth*, utilizando el sistema de coordenadas *World Geodetic System 1984 (WGS84 Geodetic Datum)*. Se utilizaron todas las ocurrencias para ambas especies encontradas en Puerto Rico, con excepción de un solo caso en el que las coordenadas estaban incorrectas, ya que aparecía el punto en el océano en vez de en el municipio de Lares (-66.942784, 18.361271). Si algunas ocurrencias tenían las coordenadas iguales, pero años distintos, estas se resumieron a una sola ocurrencia, pero se anotaron los años distintos en la tabla.

En adición, se preservó el nombre histórico de la especie, ya que durante el siglo 19 y parte del 20 estas especies se clasificaban bajo el género *Myrica*. Para propósitos de la visualización en el mapa, *Myrica cerifera* y *Morella cerifera* se consideran la misma especie. Lo mismo es cierto para *Myrica holdrigeana* y *Morella holdrigeana*. Se utilizó esta tabla para guiar el programa de Arc GIS Pro en la ubicación de los puntos sobre una capa de municipios de Puerto Rico y también sirvió como la tabla de atributos del mapa. Entonces, se convirtió el archivo Excel a un formato CSV y se colocó esta capa de información sobre el mapa utilizando la herramienta XY Table to Point. En la entrada de Input Table se colocó el documento CSV; en el X Field, longitude; en el Y Field, latitude. Finalmente, se asignaron colores distintivos para representar cada especie en la leyenda.

Longitud	Latitud	Especie	Descripción	Ano	Siglo	Area local
-66.52031	18.22033	<i>Myrica holdrigeana</i> L.	Especimen preservado	1971	20	Toro Negro Forest Reserve
-65.793611	18.302778	<i>Myrica holdrigeana</i> L.	Especimen preservado	1969	20	Britton, Monte. Rio Grande

-66.769	18.1416	Myrica holdrigeana L.	Especimen preservado	1962, 1975	20	Guilarte Forest Reserve
-67.099722	18.181389	Myrica holdrigeana L.	Especimen preservado	1962, 1963, 1980	20	Cerro las Mesas
-65.829722	18.27	Myrica holdrigeana L.	Especimen preservado	1972, 1972	20	Luquillo Trail el toro peak
-66.97397	18.12596	Myrica holdrigeana L.	Especimen preservado	1992	20	Maricao Forest Reserve
-66.96968	18.13823	Myrica holdrigeana L.	Especimen preservado	1992	20	Maricao Forest Reserve
-65.65	18.27	Morella holdrigeana L.	Especimen preservado	1995	20	Rio Grande
-67.016667	18.116667	Morella holdrigeana L.	Especimen preservado	1992	20	Maricao Forest Reserve
-65.829623	18.272298	Morella holdrigeana L.	Observación Humana	2024	21	Guzman Arriba, Rio Grande
-65.817713	18.242777	Morella holdrigeana L.	Observación Humana	2023	21	Rio Grande
-65.829147	18.271222	Morella holdrigeana L.	Observación Humana	2024, 2024, 2024, 2025	21	El toro wilderness, Las Piedras
-65.842841	18.309937	Morella holdrigeana L.	Observación Humana	2023	21	El Yunque, Rio Grande
-65.836739	18.275892	Morella holdrigeana L.	Observación Humana	2024	21	El toro wilderness, Las Piedras
-66.93503	18.12784	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1887	19	Las Marias
-66.8675	18.2644	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1913	20	Lares
-67.100491	18.20442	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1920	20	Mayagüez
-66.441667	18.465278	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1923, 1966	20	Laguna Tortuguero
-66.273396	18.450055	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1960	20	Dorado
-66.441667	18.47	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1962, 1967	20	Laguna Tortuguero
-66.04988	18.39744	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1912	20	Rio Piedras
-66.591944	18.1725	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1962	20	Toro Negro Forest Reserve
-66.676333	18.335333	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1996	20	Rio Abajo Forest Reserve
-66.691111	18.356667	Myrica cerifera L.	Especimen preservado	1994	20	Rio Abajo Forest Reserve
-66.6828	18.3367	Morella cerifera L.	Especimen preservado	1995, 1995, 1996	20	Arecibo

-66.988822	18.155975	Morella cerifera L.	Especimen preservado	1935	20	Maricao insular Forest
-66.691111	18.356667	Morella cerifera L.	Especimen preservado	1994	20	Arecibo
-66.436325	18.456495	Morella cerifera L.	Observación Humana	2020, 2021, 2022, 2023	21	Tortuguero Natural Reserve, Vega Baja
-67.058925	18.06363	Morella cerifera L.	Observación Humana	2020	21	Mayagüez
-66.811016	18.364981	Morella cerifera L.	Observación Humana	2025	21	Lares
-67.087784	18.179968	Morella cerifera L.	Observación Humana	2025, 2025, 2025	21	Cerro Las Mesas Mayagüez
-66.942784	18.361271	Morella cerifera L.	Observación Humana	2025	21	Lares
-66.440134	18.581386	Morella cerifera L.	Observación Humana	2022	21	Vega Baja

Figura 3. Datos obtenidos en base de datos GBIF para las especies *M. cerifera* y *M. holdrigeana* para la isla de Puerto Rico.

b) Procedimiento para formar mapa de distribución de especies sobre tipos de suelos

Primeramente, se descargó la capa USA Soil Map Units para Puerto Rico de la base de datos de Arc GIS Online, una capa de información que muestra una clasificación de suelos para la isla de Puerto Rico hecho por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*ArcGIS*, 2023). Luego, se le aplicó a esta la capa de municipios de Puerto Rico. Finalmente, se le sobrepuso la capa de ubicaciones de las especies sobre Puerto Rico. En la leyenda, se representó los distintos tipos de suelos con colores diferentes y se preservó los colores asignados a los puntos de ubicación de las especies.

c) Procedimiento para formar los mapas del municipio de Mayagüez y el área de El Yunque con el cálculo de índice de vegetación NDVI y SAVI.

Como primer paso, se obtuvo una imagen nivel 1 de Landsat 9-OLI-2/TIRS-2 (fecha: 18 de noviembre de 2025) de la plataforma Earth Explorer que mostrara el aérea oeste de Puerto Rico, de forma que se visualizara el municipio de Mayagüez. Adicionalmente, se obtuvo otra imagen nivel 1 de Landsat 8-OLI-TIRS (fecha: 2 de octubre de 2025) que mostrara el área este de Puerto Rico, de forma que se pudiera visualizar El Yunque. En la plataforma de Arc GIS Pro, se abrió la imagen multispectral descargada y se seleccionó las bandas visibles: azul, verde, rojo e infrarrojo cercano. Con estas, se formó un conjunto de estas bandas utilizando la herramienta *Subset Bands*. Luego, se utilizó la banda Pancromática (banda 8) para llevar la resolución de la imagen completa de 30 metros a 15 metros con la herramienta *Pansharpen*. Se procedió entonces a calcular el índice de vegetación NDVI. El mismo se hizo con la herramienta integrada en la

plataforma bajo *Raster Functions- NDVI*. Se ajustó la escala de colores para que los valores más altos fueran de color verde. Paso seguido, se comenzó el procedimiento para calcular el índice SAVI. Para este fin, se utilizó la herramienta *Raster Calculator* basándose en la siguiente formula:

$$SAVI = \frac{(1.5)(IR - red)}{(IR + red + 0.5)}$$

Una vez concluido ese paso, se continuó formando el mapa añadiendo la capa de municipios de Puerto Rico a la imagen del oeste para tener la silueta del municipio de Mayagüez. Luego, se utilizó la herramienta *Extract by Mask* para hacer un recorte del municipio junto con la capa de NDVI y SAVI por separado. Por otro lado, a la imagen del este se le añadió la capa PR Protected Areas tomada de la base de datos de Arc GIS Online (*ArcGIS*, 2025) para tomar la silueta de El Yunque y hacer el recorte con el mismo procedimiento empleado para la imagen del oeste. Finalmente, se le sobrepuso a estos recortes la capa de puntos de ubicación de las especies.

Resultados y Discusión

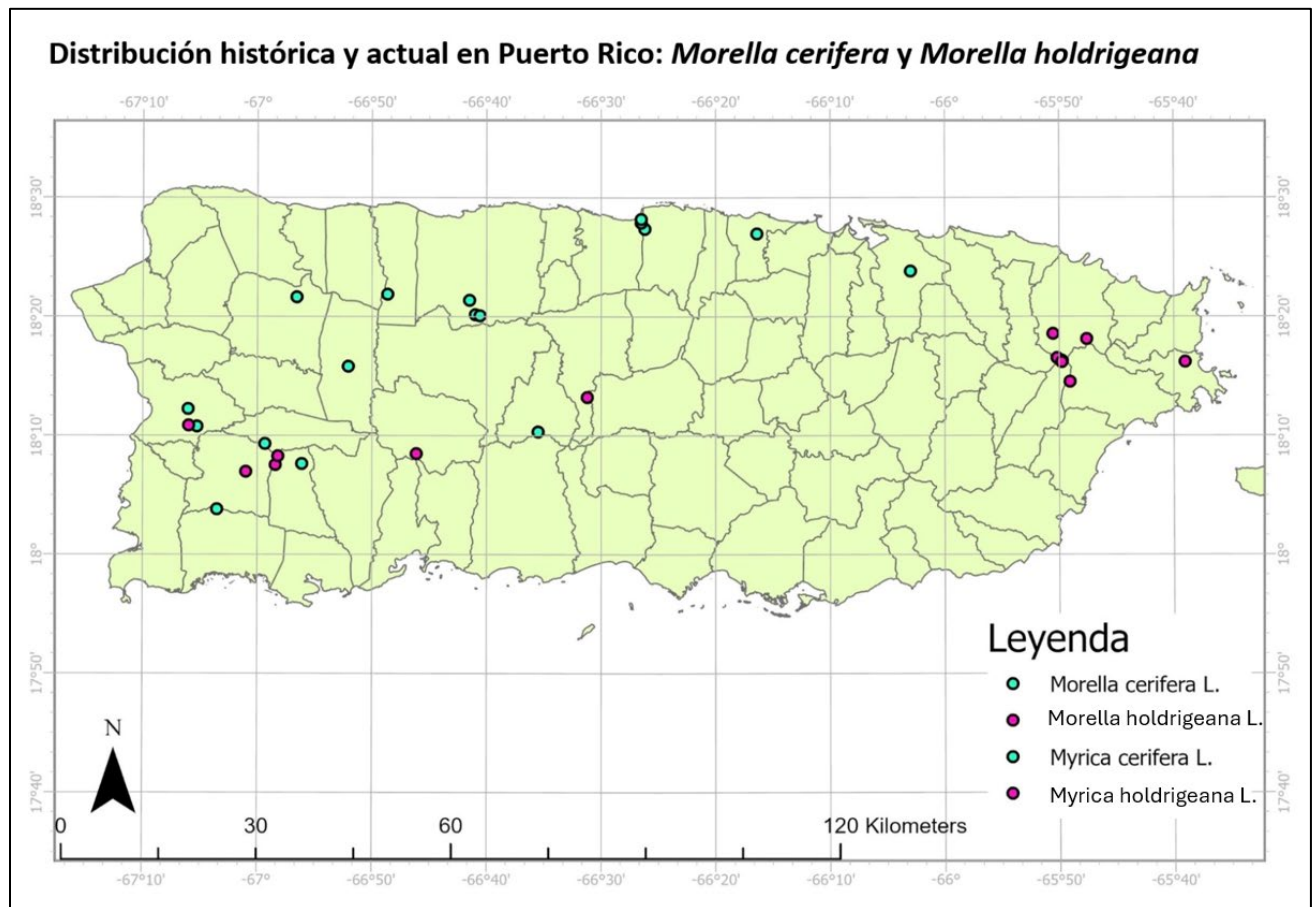


Fig. 4: Mapa de distribución histórica y actual de *M. cerifera* y *M. holdridgeana* en P.R.

Como primer objetivo de este proyecto de investigación, se generó un mapa de Puerto Rico que muestra la distribución histórica y actual de estas especies (**Fig. 4**). El propósito principal fue obtener un producto donde se pudiera visualizar la distribución geográfica completa, utilizando una base de datos más extensiva en el que se incluyan especímenes preservados y observaciones humanas, de forma que se redujera la ambigüedad o error en el proceso de identificación taxonómica. En comparación con el mapa de distribución de registros (ocurrencias identificadas por observaciones humanas) sobre Puerto Rico en la plataforma de iNaturalist (**Fig. 2**), se pueden notar algunas similitudes, como, por ejemplo, la distribución de *M. holdrigeana* se ve principalmente en El Yunque y la de *M. cerífera* se ve mayormente en el oeste de Puerto Rico. Por otro lado, se puede notar algunas discrepancias entre ambos, como, por ejemplo, la presencia de puntos de ubicación de *M. holdrigeana* en el oeste y la distribución de *M. cerífera* un poco más hacia el noreste.

Anteriormente, la falta de esta información había generado confusión sobre la identificación del segundo árbol leñoso encontrado en Cerro las Mesas. Sin embargo, debido a que el mapa de distribución histórica y actual utiliza un rango de data más extensivo, se demuestra que sí puede haber ocurrencias de *M. holdrigeana* en el oeste y puede servir como base para llegar a una identificación correcta de este árbol leñoso no identificado en Cerro las Mesas. En adición, literatura sobre esta especie muestra su distribución en las siguientes áreas: Sierra de Luquillo, Reserva Forestal Toro Negro, Reserva Forestal Maricao, Cerro las Mesas (Axelrod, 2011). Algunas limitaciones de esta parte del proyecto de investigación se centran en el margen de error de las coordenadas georreferenciadas con Google Earth de la plataforma de GBIF. No hay un margen de error estándar, ya que depende del área local en el que fue tomado; puede fluctuar de entre cinco a quince metros. Sin embargo, no quita la validez de las ubicaciones, solo representa un poco de imprecisión en el área local en el que se registró la ocurrencia.

Para el segundo objetivo de este proyecto de investigación se tuvo como meta generar un mapa que mostrara la distribución de estas especies sobre los distintos suelos que existen en Puerto Rico (**Fig. 5**). El propósito del mismo fue tener un mapa que permitiera caracterizar las condiciones del entorno natural donde se desarrollan estas especies. En este caso, analizar si existen patrones de distribución sobre un tipo de sustrato en particular que pueda indicar alguna preferencia de estas especies por esas condiciones. Luego de terminar el producto, se pudo observar un patrón general: ambas especies muestran una distribución sobre suelos oxisoles y molisoles. Los suelos oxisoles se encuentran principalmente en las regiones intertropicales del mundo, contienen pocos minerales y son ricos en óxidos de hierro y aluminio. Se caracterizan por tener baja fertilidad y bajos nutrientes (*Oxisols* | *University of Idaho*, 2025). Por otro lado, los molisoles son suelos de pastizales que se componen de una capa fértil y un color oscuro formado por acumulación de materiales orgánicos. Son caracterizados entre los suelos agrícolas mas productivos del mundo (*Mollisols* | *University of Idaho*, 2025).

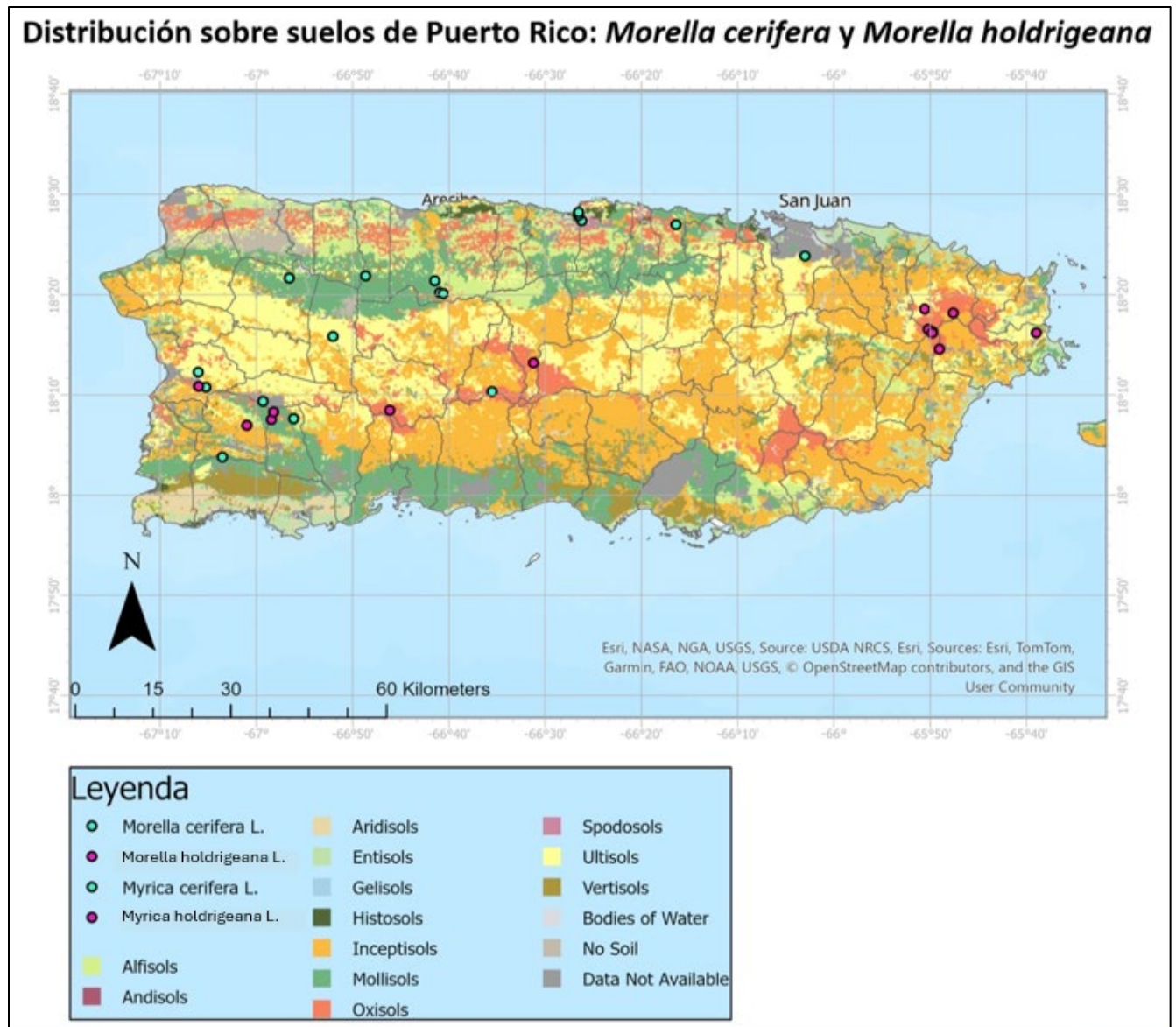


Figura 5. Mapa de distribución de *M. cerifera* y *M. holdrigeana* sobre distintos suelos en P.R.

A partir de esta información preliminar, se pueden formar algunas conclusiones. Ambas especies pueden establecerse en suelos fértiles, como los molisoles. Sin embargo, también tienen la adaptabilidad para establecerse en ambientes extremos, como lo son los oxisoles. Algunas limitaciones de esta parte del proyecto son que el modelo muestra barreras definidas de los distintos suelos, pero en la realidad no se aprecia este límite definido. En adición, el mapa contiene algunas áreas de Puerto Rico para los que no se tiene información sobre el tipo de suelo. Finalmente, hay dos ocurrencias que no cumplen con el patrón de distribución sobre oxisoles y molisoles. Sin embargo, esta cantidad representa una porción mínima de todas las ocurrencias de las especies presentadas.

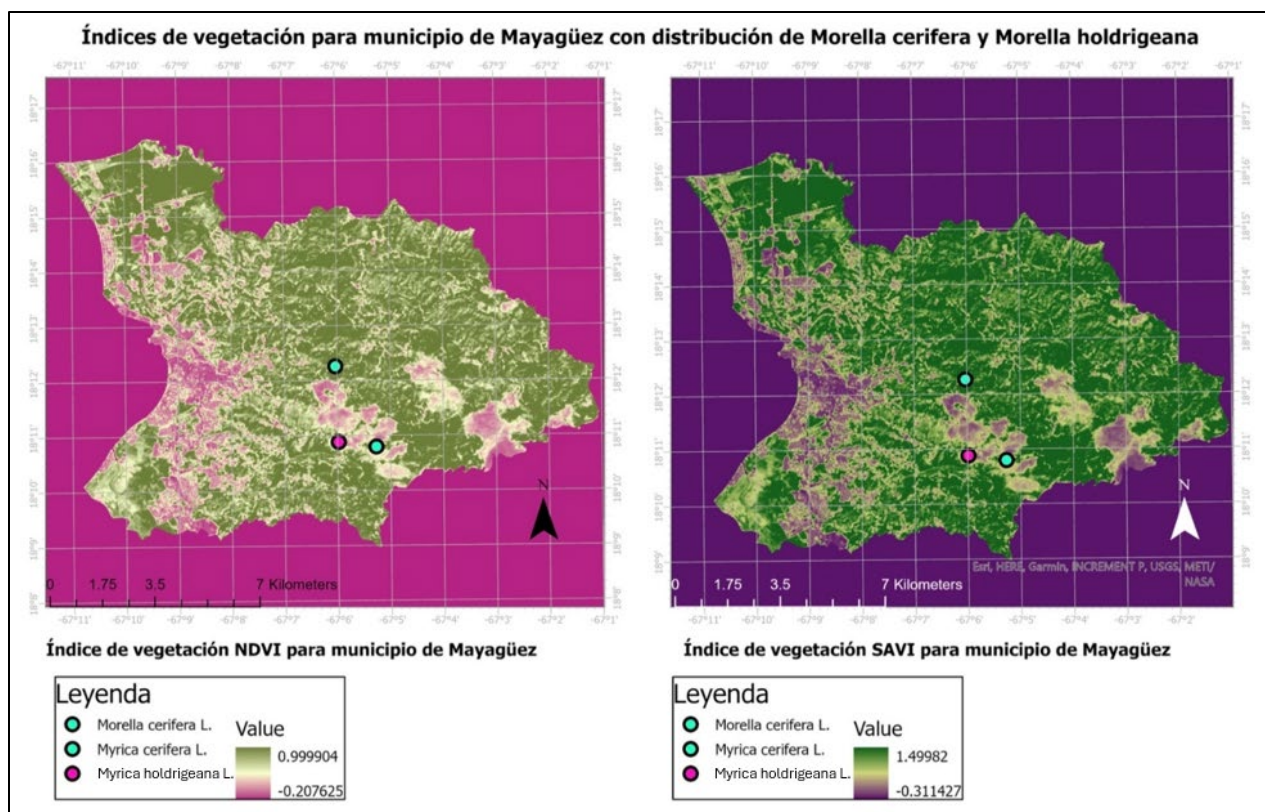


Figura 6: Mapa para el municipio de Mayagüez con el índice de vegetación NDVI y SAVI.

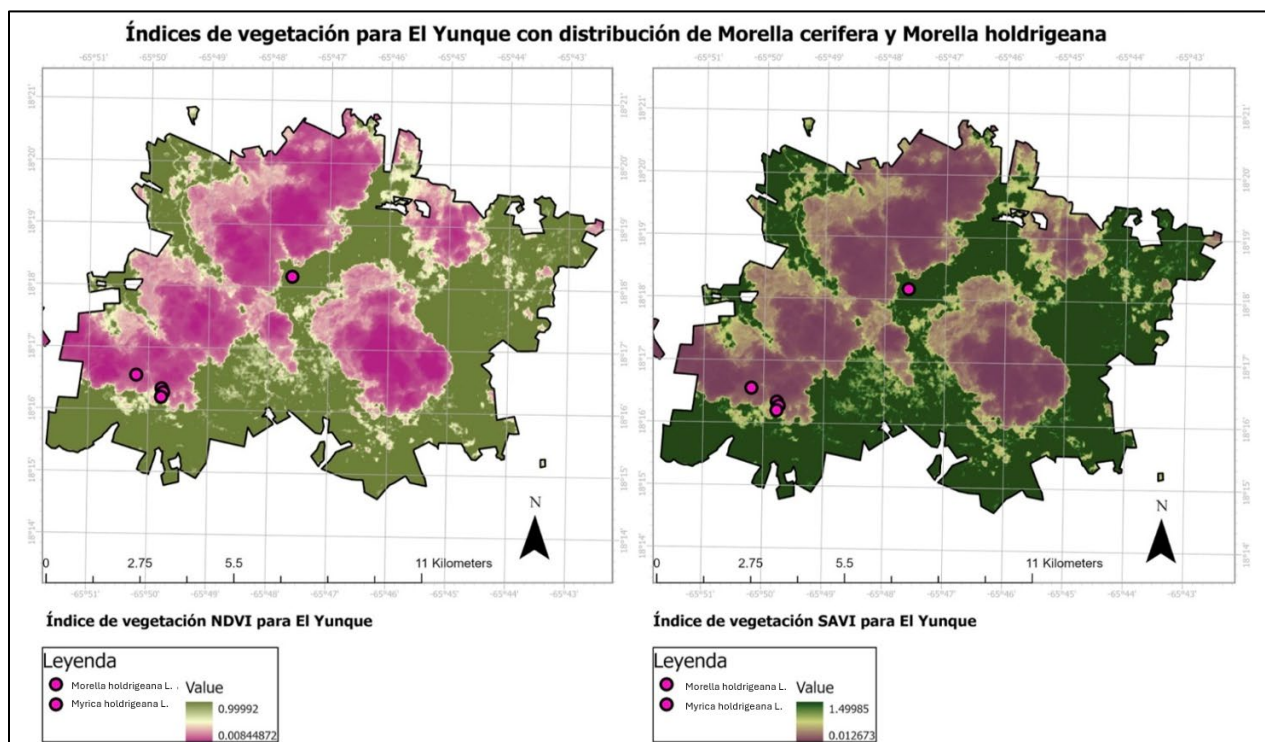


Figura 7: Mapa para el área de El Yunque con el índice de vegetación NDVI y SAVI.

La tercera parte de este proyecto de investigación tuvo como objetivo formar mapas de la distribución de estas especies sobre el municipio de Mayagüez y del área de El Yunque con el índice de vegetación NDVI y SAVI (**Fig. 7**). El propósito de este era evaluar las condiciones del entorno natural donde se desarrollan estas especies, utilizando el índice de vegetación para caracterizar el hábitat de forma general. Se preparó cada índice para que el valor más alto fuera representado por el color verde más oscuro de la escala. Por consiguiente, se pueden formar algunas conclusiones basados en la visualización de los índices junto con los puntos de ubicación de las especies. Ambas especies muestran una distribución sobre áreas con valores intermedios a altos de índice vegetal, ya sea en El Yunque o en Mayagüez. Esta observación no implica una determinación final del microhábitat, pero sugiere que sus ocurrencias se dan en áreas con vegetación establecida y no en zonas urbanizadas con baja cobertura vegetal. Algunas limitaciones de esta parte del proyecto se relacionan a que la presencia de nubes limita la cantidad de puntos que se pueden observar con la capa de índice de vegetación. En adición, las inferencias realizadas se limitan a patrones ecológicos generales.

Conclusiones and Recomendaciones

Aunque cada componente de este proyecto presenta ciertas limitaciones, se lograron cumplir los objetivos de visualizar la distribución de estas especies en Puerto Rico y de aplicar herramientas de percepción remota para analizar distintos aspectos del entorno natural en el que se desarrollan. En primer lugar, el mapa de la distribución histórica y actual contribuye a una identificación taxonómica más precisa de *M. cerífera* y *M. holdrigeana* en la isla. Además, el análisis de su distribución sobre los distintos tipos de suelo de Puerto Rico permite formar conclusiones sobre la notable capacidad de adaptación que presentan estas especies. Finalmente, los mapas de distribución superpuestos a imágenes con los índices de vegetación NDVI y SAVI facilitan la identificación de patrones ecológicos generales relacionados con la cobertura vegetal asociada a ocurrencias de estas especies en regiones como El Yunque y Mayagüez. Estudios futuros podrían integrar imágenes satelitales de mayor resolución espacial o datos de campo, lo que permitiría realizar análisis más detallados sobre el microhábitat de estas ocurrencias.

Referencias:

ArcGIS. (2025). Arcgis.com.

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=00917070da8e47abbae88120653b269e>

ArcGIS. (2023). Arcgis.com.

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=06e5fd61bdb6453fb16534c676e1c9b9>

Axelrod, F. S. (2011). *A systematic vademecum to the vascular plants of Puerto Rico* (No. 34). Brit Press.

Baez Rivera, G.; Cruz Aguilar, R. E. 2021. Estudio Preliminar: Inventario de Flora en Cerro las Mesas en Mayaguez, Puerto Rico. https://eyboricua.com/wp-content/uploads/2022/05/Inventario_Cerro_Las-Mesas.pdf

benjamin_vanee. (2025). Foto: *Morella cerifera*. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/260531271>

giancarlogf. (2024). Foto: *Morella holdrigeana*. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/240206217>

Global Biodiversity Information Facility. (2024). *GBIF*. Gbif.org. <https://www.gbif.org/>

Mollisols | *University of Idaho*. (2025). Uidaho.edu. <https://www.uidaho.edu/agricultural-life-sciences/soil-orders/mollisols>

Montalvo, V. (2025). Flora de Cerro las Mesas en Mayaguez, Puerto Rico: Un breve inventario de quince especies. <https://drive.google.com/file/d/1a6HZ6hEQsJm0XbI4jD-6heYF7dMZO92C/view?usp=sharing>

Oxisols | *University of Idaho*. (2025). Uidaho.edu. <https://www.uidaho.edu/agricultural-life-sciences/soil-orders/oxisols>

The Institute for Regional Conservation. (2025). Regionalconservation.org. <https://www.regionalconservation.org/ircs/database/plants/PlantPagePR.asp?TXCODE=Myriceri>

The Institute for Regional Conservation. (2025). Regionalconservation.org. <https://www.regionalconservation.org/ircs/database/plants/PlantPagePR.asp?TXCODE=Myrihold>

U.S. Geological Survey. (2024). *EarthExplorer*. Usgs.gov. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

WILBUR, R. L. (1994). THE MYRICACEAE OF THE UNITED STATES AND CANADA: GENERA, SUBGENERA, AND SERIES. *SIDA, Contributions to Botany*, 16(1), 93–107. <http://www.jstor.org/stable/41967085>