

Revista Cubana de Ciencias Forestales

Volumen 13, número 1; 2025, enero-abril



Artículo de revisión

Los pisos de vegetación de la Sierra Maestra y las especies prioritarias para su reforestación

Sierra Maestra's vegetations belts and priority species for reforestation

Os andares de vegetação da Serra Maestra e as espécies prioritárias para sua reflorestação

Euclides Fornaris Gómez^{1*} , Orlando J. Reyes Domínguez² , José A. Chang Portos² 

¹Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (Bioeco), Santiago de Cuba, Cuba.

²Centro Universitario Municipal de Palma Soriano. Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia: euclides@bioeco.cu

Recibido: 13/03/2024

Aprobado: 03/10/2024.

Publicado: 11/02/2025

RESUMEN

La Sierra Maestra se caracteriza por el gran número de formaciones boscosas presentes en ella, consecuencia de la diversidad de condiciones ecológicas. Aunque estas formaciones se encuentran en gran medida alteradas, todavía existe una buena representación de la composición de los bosques originales. Este estudio pretende



contribuir a la conservación de este importante patrimonio natural mediante acciones de restauración, rehabilitación y/o enriquecimiento, con las especies consideradas como prioritarias. Estas prioridades se determinaron con base en 180 inventarios fitocenológicos que inventariaron un total de 100 especies presentes en los cuatro pisos de vegetación encontrados, siguiendo la zonificación altitudinal propuesta por varios autores. Estos pisos son: 1. Piso de bosques y matorrales semidecuidos (Zona de humedales, bosques y matorrales semidecuidos micrófilos y Zona de bosques semidecuidos mesófilos); 2. Piso de bosques siempreverdes; 3. Piso de la pluvisilva montana y 4. Piso de bosques nublados. La selección de las especies se basa en su alta presencia y abundancia dominancia. Se presenta una caracterización de los factores ecológicos presentes en los diferentes ecotopos, junto con un mapa que muestra la distribución de los cinturones de vegetación. Los criterios planteados se pueden reflejar en las estrategias a seguir para la gestión forestal con fines de conservación en la Sierra Maestra.

Palabras clave: formaciones boscosas, pisos de vegetación, zonificación altitudinal, factores ecológicos, estrategias de manejo.

ABSTRACT

The Sierra Maestra is characterized by the large number of forest formations present in it, a consequence of the diversity of ecological conditions. Although these formations are largely altered, there is still a good representation of the composition of the original forests. This study aims to contribute to the conservation of this important natural heritage, through restoration, rehabilitation and/or enrichment actions, with the species considered as priorities. These priorities were determined based on 180 phytocenological inventories that inventoried a total of 100 species present in the four vegetation levels found, following the altitudinal zoning proposed by several authors. These levels are: 1. Level of semi-deciduous forests and scrublands (Wetland zone, semi-deciduous microphyllous forests and scrublands and Semi-deciduous mesophyllous forest zone); 2. Evergreen forest level; 3. Montane rainforest level and 4. Cloud forest level. The selection of species is based on their high presence and abundance dominance. A characterization of the ecological factors present in the different ecotopes is presented,



together with a map showing the distribution of vegetation belts. The criteria raised can be reflected in the strategies to be followed for forest management for conservation purposes in the Sierra Maestra.

Keywords: Forest formations, vegetation zones, altitudinal zonation, ecological factors, management strategies.

RESUMO

A Serra Maestra caracteriza-se pelo grande número de formações florestais nela presentes, consequência da diversidade de condições ecológicas. Embora estas formações estejam bastante alteradas, ainda existe uma boa representação da composição das florestas originais. Este estudo pretende contribuir para a conservação deste importante património natural através de ações de restauro, reabilitação e/ou enriquecimento, com as espécies consideradas prioritárias. Estas prioridades foram determinadas com base em 180 inventários fitocenológicos que inventariaram um total de 100 espécies presentes nos quatro níveis de vegetação encontrados, seguindo o zoneamento altitudinal proposto por vários autores. Esses pisos são: 1. Piso de florestas semidecíduas e arbustivas (Zona de zonas húmidas, florestas semidecíduas micrófilas e arbustivas e Zona de florestas semidecíduas mesófilas); 2. Solo de florestas perenes; 3. Chão da floresta tropical de Montana e 4. Chão da floresta nublada. A seleção das espécies é baseada na sua elevada presença e abundância dominância. É apresentada uma caracterização dos fatores ecológicos presentes nos diferentes ecótopos, juntamente com um mapa mostrando a distribuição dos cinturões de vegetação. Os critérios propostos podem reflectir-se nas estratégias a seguir para a gestão florestal para fins de conservação na Sierra Maestra.

Palavras chave: Formações florestais, zonas de vegetação, zoneamento altitudinal, fatores ecológicos, estratégias de gestão.



INTRODUCCIÓN

La Sierra Maestra, el macizo montañoso más extenso de Cuba, ha experimentado una significativa degradación de sus ecosistemas forestales como resultado de una explotación históricamente insostenible. La heterogeneidad altitudinal de esta región, en combinación con factores climáticos y edáficos, ha originado una compleja zonificación de la vegetación, que ha sido objeto de interés para los ecólogos. La presión antrópica ha alterado significativamente esta distribución original. Ante este escenario, la política forestal cubana ha priorizado la restauración ecológica como una estrategia fundamental para recuperar la funcionalidad de estos ecosistemas y garantizar su conservación a largo plazo.

La distribución y composición de este complejo mosaico de ecosistemas están estrechamente ligadas a gradientes ambientales como la temperatura, la precipitación y las características edáficas (Álvarez y Mercadet, 2012). La altitud, en particular, ejerce un control determinante sobre la zonación altitudinal de la vegetación, dando lugar a una serie de pisos bioclimáticos con atributos ecológicos distintivos (Samek y Travieso, 1968; Samek, 1975; Reyes, 2011).

Los gradientes altitudinales inducen variaciones significativas en diversos factores ambientales, tales como la humedad atmosférica. Asimismo, se observan marcadas diferencias edáficas asociadas a la intensidad de los procesos de meteorización y lixiviación. Otros factores, como la exposición a los vientos, la geología y los patrones de precipitación, también influyen en la distribución y composición de la vegetación.

Los tipos de formaciones vegetales cubanas han sido descritas por varios autores, destacándose los trabajos de Capote y Berazaín (1984), Borhidi (1996), Ricardo-Nápoles *et al.* (2009), entre otros. Sus trabajos se basan en las características geográficas, climáticas, geológicas, ecológicas y/o fisionómicas, lo cual permite establecer regímenes de manejo específicos adaptados a las condiciones de cada tipo forestal. La clasificación, junto con la zonificación altitudinal, resulta fundamental para la planificación y ejecución de acciones de restauración.



El estudio tiene como objetivo principal proponer las especies arbóreas nativas más adecuadas para la restauración y rehabilitación de los ecosistemas forestales, para lo cual se caracterizan las condiciones ecológicas de los diferentes pisos de vegetación en la Sierra Maestra. Se busca seleccionar especies con alto potencial de adaptación y crecimiento en cada piso altitudinal, contribuyendo así a la recuperación de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas forestales de la región.

Selección de las especies a través de los inventarios florísticos

Para seleccionar las especies más adecuadas para la restauración de los distintos pisos altitudinales de la Sierra Maestra, se realizó un análisis exhaustivo de 180 inventarios de vegetación, los que se llevaron a cabo entre los años 2000 y 2015 en extensas áreas de la Sierra Maestra. Estos inventarios, realizados por primera vez en la Sierra Maestra, consisten en parcelas de 625 m² ubicadas en áreas boscosas bien conservadas, y permitieron evaluar la composición, estructura y abundancia de las especies vegetales en cada piso. Se empleó el método fitocenológicos, basado en la agrupación de inventarios según su similitud florística, para identificar las asociaciones vegetales características de cada piso altitudinal. En los sitios de muestreos se describen los elementos físico-geográficos, como la elevación, la pendiente, la exposición, la geología, el suelo, huellas de fuego y pastoreo, entre otras características.

Las especies recomendadas para la restauración se seleccionaron en función de su alta presencia y abundancia en las asociaciones vegetales correspondientes a cada piso, según los estudios realizados diversos autores (Reyes, 2011; Reyes y Acosta, 2005, 2019; Reyes *et al.*, 2010). Se priorizaron aquellas especies cuya distribución natural coincide con las características ambientales de cada sitio (ecótopo), garantizando así su adaptación y éxito en la restauración. Los nombres científicos de las especies se actualizaron de acuerdo con Greuter y Rankin (2017).

Cartografía de la cobertura vegetal de la Sierra Maestra y delimitación de los pisos altitudinales

Para determinar la distribución espacial y clasificación de la cobertura vegetal en la Sierra Maestra, se empleó una metodología basada en la teledetección y el análisis geográfico. Se utilizaron imágenes Sentinel-2 del año 2018, con una resolución espacial de 10 m.



A partir de estas imágenes, se generaron índices de vegetación y se realizaron clasificaciones supervisadas y no supervisadas, con el objetivo de identificar y delimitar las distintas unidades de vegetación. Complementariamente, se integró información auxiliar proveniente de mapas temáticos (precipitación, temperatura, pendiente, orientación, litología, uso del suelo) y de cartografía a escala 1:25 000.

DESARROLLO

A partir de los resultados obtenidos de los estudios fitocenológicos y de la conformación de los pisos climáticos presentes en la región, se proponen las especies para la restauración de los bosques de protección y conservación, a través de acciones de enriquecimiento, con el objetivo de restablecer la composición específica de los bosques mixtos que reflejen la diversidad y complejidad de estos ecosistemas naturales. Esta estrategia busca no solo restituir la composición florística original, sino también restablecer los procesos ecológicos y las funciones ecosistémicas asociadas a la vegetación nativa.

Para alcanzar esta meta, se recomienda seleccionar no menos diez especies por sitio de restauración, priorizando aquellas con valor de conservación, funcionalidad ecológica y capacidad de adaptación a las condiciones climáticas cambiantes. La cantidad de especies recomendadas y su distribución aleatoria por cada sitio busca favorecer la integridad ecológica y la resiliencia del ecosistema.

La zonificación altitudinal propuesta se basa en los trabajos de Reyes (2011) y en los criterios establecidos por Samek y Travieso (1968) y Samek (1975). Esta zonificación permite identificar las especies más adecuadas para cada piso altitudinal y facilita la planificación de las acciones de restauración. La zonificación es la siguiente:

1. Piso de bosques y matorrales semidecuidos
 - a. Zona de humedales, bosques y matorrales semidecuidos micrófilos
 - b. Zona de bosques semidecuidos mesófilos
2. Piso de bosques siempreverdes



3. Piso de la pluvisilva montana
4. Piso de bosques nublados

Se analizaron 122 inventarios fitocenológicos (inv.) en el piso de bosques y matorrales semidecíduos, distribuidos entre 0 y 400 m s.n.m. en la vertiente norte y 0 y 500 m s.n.m. en la vertiente sur (Figura 1). En esta última, se distinguieron dos zonas: una inferior dominada por humedales, bosques y matorrales semidecíduos micrófilos (94 inv) hasta aproximadamente 100 m s.n.m., ocasionalmente hasta 300 m s.n.m. (Figuras 2 y 3), y una superior caracterizada por bosques semidecíduos mesófilos (28 inv). Los uverales (6 inv) y los manglares (50 inv) fueron predominantes en la zona inferior (Figuras 4 y 5), mientras que los bosques semidecíduos micrófilos (38 inv) se distribuyeron en ambas zonas. La vertiente norte, al carecer de costa y humedales, presentó únicamente la zona de bosques semidecíduos mesófilos.



Figura 1. - Rangos altitudinales donde se distribuyen los pisos de vegetación en la Sierra Maestra



Figura 2. - Manglar de Rhizophora mangle (Foto: Orlando J. Domínguez)





Figura 3. - Matorral (xeromorfo) costero y precostero (Foto: Orlando J. Domínguez)



Figura 4. - Uveral (Foto: Orlando J. Domínguez)



Figura 5. - Bosque semideciduo micrófilo (Foto: Orlando J. Domínguez)

La zona de humedales, bosques y matorrales semideciduos micrófilos se caracteriza por condiciones ecológicas altamente variables y estresantes. La radiación solar incidente es intensa, con un fotoperíodo promedio de 7-8 horas (Barceló, 2017 y Guevara *et al.*, 2019a). El régimen térmico presenta una marcada estacionalidad, con temperaturas medias



anuales que oscilan entre 24 y 26/ °C, máximas medias anuales de 30-32/ °C y mínimas medias anuales de 22-24/ °C. La humedad relativa (Guevara *et al.*, 2019b), aunque moderadamente alta (75-80 % promedio anual), muestra una variación diurna significativa, con valores mínimos alrededor del mediodía (70-75 %) y máximos durante las primeras horas del día (80-85 %). La elevada evapotranspiración, estimada entre 1 700 y 1 900 mm anuales (Guevara *et al.*, 2019c) exagera las condiciones de sequía fisiológica a las que están sometidas las especies vegetales de esta zona.

El régimen climático, caracterizado por una marcada estacionalidad y una influencia marina significativa, condicionó la distribución de la vegetación. Las precipitaciones anuales, inferiores a 1 000 mm y con un período seco pronunciado, junto con la alta permeabilidad de los suelos, favorecieron el desarrollo de formaciones xerófilas como el bosque semidecíduo micrófilo y los matorrales costeros. En las zonas con mayor influencia marina se identificaron manglares, herbazales halófitos y comunidades asociadas. La presencia de bosques semidecíduos mesófilos en algunas áreas se atribuye a la influencia de aguas subterráneas

Para la restauración / rehabilitación y/o enriquecimiento en este territorio, se propone utilizar especies adaptadas a este ecótopo, como: *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub., *Cordia gerascanthus* L., *Bursera simaruba* (L.) Sargent., *Colubrina elliptica* (Sw.) Brizicki, *Carpodiptera cubensis* Griseb. subsp. *cubensis*, *Thouinia patentinervis* Radlk., *Caesalpinia cubensis* Greenm., *Bucida molinetii* (M. Gómez) Alwan & Stace, *Guapira obtusata* (Jacq.) Little, *Sideroxylon salicifolium* (L.) Lam., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Nectandra coriacea* (Sw.) Griseb., *Citharexylum caudatum* L., *Drypetes alba* Poit., *Caesalpinia vesicaria* L. y *Casearia sylvestris* Sw. subsp. *sylvestris*.

En la vertiente Norte de las Terrazas costeras del Sur de la Sierra Maestra sobre suelos originados de marga se proponen: *Cedrela odorata* L., *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg., *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., *Tabebuia* spp., *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. y *Sideroxylon foetidissimum* Jacq. subsp. *foetidissimum* en los sitios más frescos; en los demás, las anteriormente nombradas. En los manglares: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. y *Conocarpus erectus* L., de acuerdo a la ampliamente conocida zonación respecto al mar.



La zona de bosques semidecíduos mesófilos estudiada presenta una fisonomía predominantemente secundaria, con remanentes de bosque primario. La geología es heterogénea, caracterizada por la presencia de rocas vulcanógeno-sedimentarias de las formaciones El Cobre, Charco Redondo y Puerto Boniato (IGP, 2014). Los suelos son variados, con predominio de pardos sialíticos en la vertiente norte y fersialíticos pardos rojizos en el sur. El régimen climático se caracteriza por una precipitación anual que oscila entre 800 y 1 300 mm (Rodríguez, 2006) y temperaturas medias que varían entre 21,3 y 26,4/ °C, siendo menores en las cotas altitudinales superiores y mayores en las zonas costeras.

Este tipo de bosque tuvo una gran extensión en las áreas llanas y premontanas. Para restaurar los edafótupos a un bosque diverso se proponen las siguientes especies: *S. foetidissimum* subsp. *foetidissimum*, *L. latisiliquum*, *D. alba*, *Matayba oppositifolia* (A. Rich.) Britton, *Andira inermis* (W. Wright) DC., *C. candidissimum*, *Tabebuia* spp., *C. gerascanthus* L., *C. odorata*, *Cedrela cubensis* Bisse, *S. mahagoni*, *C. cubensis* Greenm., *Cordia collococca* L., *C. arborescens* (Mill.) Sarg., *Poeppegia procera* (Spreng.) C. Presl, *Calophyllum antillanum* Britton, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Casearia arborea* (Rich.) Urb. subsp. *arborea*, *Cupania americana* L., *Cupania glabra* Sw., *Zuelania guidonia* (Sw.) Britton y Millsp., *Genipa americana* L., *Trichilia hirta* L., *Zanthoxylum martinicensis* (Lam.) DC., *Zanthoxylum cubense* P. Wilson, *Roystonea regia* (Kunth.) O.F. Cook., *Samanea saman* (Jacq.) Merr. y *Piscidia piscipula* (L.) Sarg.).

En la vertiente Norte de la Sierra Maestra en lugares con suelos poco o muy poco profundos y lluvias de 1 000 mm o más, se proponen: *S. foetidissimum* subsp. *foetidissimum*, *S. salicifolium*, *N. coriacea*, *C. americana*, *M. oppositifolia*, *S. mahagoni*, *C. odorata*, *C. cubensis*, *C. arborescens*, *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Humboldt y al. ex DC), *C. caudatum*, *Tabebuia* spp., *Melicoccus bijugatus* Jacq., y *Gymnanthes lucida* Sw.

El piso de bosques siempreverdes mesofíticos, identificado a través de 19 inventarios fitosociológicos (Figura 6), constituye una zona de transición ecológica entre el bosque semidecíduo mesófilo y la pluvisilva montana, extendiéndose hasta aproximadamente los 800 m s.n.m. (Figura 1). La distribución altitudinal de este piso se encuentra influenciada por la variabilidad de los suelos, con predominio de pardos en las partes bajas y ferralíticos en las zonas superiores. Las condiciones térmicas, con temperaturas



medias anuales que oscilan entre 21.3 y 24.0/ °C, muestran una ligera disminución altitudinal y una variación entre vertientes, lo que sugiere la necesidad de considerar estas variables en las estrategias de reforestación.



Figura 6. - Bosque siempreverde mesófilo (Foto: Orlando J. Domínguez)

El régimen de precipitación en la zona oscila entre 1 200 y 1 800 mm anuales, mostrando variabilidad espacial. La humedad relativa, por su parte, presentó un gradiente altitudinal, fluctuando entre 77 y 85 % a 500 m s.n.m. y 84 y 92 % en las cotas superiores. La insolación relativa, medida en las tardes, mostró una estacionalidad marcada, con valores entre 20 y 30 % durante siete meses y 30 y 40 % el resto del año.

Estos parámetros climáticos, especialmente la precipitación y la humedad, ejercen una influencia determinante en la distribución altitudinal de la vegetación, como se evidencia en los estudios fitocenológicos realizados. Este patrón climático, junto con los datos obtenidos en los inventarios fitocenológicos, resulta fundamental para definir las especies forestales más adecuadas para cada piso altitudinal y así garantizar el éxito de la propuesta de reforestación.

En este piso se consideran las siguientes especies para su restauración / rehabilitación / enriquecimiento: *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, *Pseudolmedia spuria* (Sw.) Griseb., *Sideroxylon jubilla* (Urb.) T.D. Penn., *C. collococca* L., *Oxandra laurifolia* (Sw.) A. Rich., *Ocotea leucoxylon* (Sw.) Laness., *Sapium laurifolium* (A. Rich.) Griseb., *Eugenia aeruginea* DC., *Trichilia glabra* L., *Terminalia tetraphylla* (Aubl.) Gere y Boatwr., *Prunus occidentalis* Sw., *C. antillanum*, *Cojoba arbórea* (L.) Britton y Rose, *Z. martinicensis*, *Z. cubense*, *C.*



gerascanthus, *R. regia*, *C. odorata*, *C. cubensis*, *Spondias mombin* L., *S. foetidissimum* subsp. *foetidissimum*, *Zuelania guidonia*, *A. inermis*, *C. sylvestris* subsp. *sylvestris*, *Chionanthus domingensis* Lam., *M. oppositifolia*, *C. caudatum*, *B. pendula*, *C. candidissimum*, *Poeppigia procera* (Spreng.) C. Presl, *Eugenia axillaris* (Sw.) Willd., *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. y Planch.), *C. americana*, *C. glabra*, *Trophis racemosa* (L.) Urb., *Licaria triandra* (Sw.) Kosterm., *P. piscipula*, *Erythroxylum areolatum* L., *Prunus myrtifolia* (L.) Urb., *Aiouea montana* (Sw.) R. Rohde, *Ocotea floribunda* (Sw.) Mez, *Protium cubense* (Rose) Urb., *Alchornea latifolia* Sw., *Ocotea globosa* Schlecht. y Cham., *Magnolia orbiculata* (Britton y P. Wilson) Palmarola, *Tabebuia angustata* Britton y *C. sylvestris* subsp. *myricoides*.

El piso de la pluvisilva montana (Figura 7; 33 inventarios) se desarrolla sobre suelos alíticos y ferralíticos rojos lixiviados, profundos a muy profundos, con características ácidas a muy ácidas (pH H, O 4.0-5.5) y baja capacidad de intercambio catiónico (< 7 cmol(+) kg⁻¹). Estas condiciones edáficas, junto con una precipitación anual de 1 600 a 2 000 mm y una estación seca entre noviembre y abril, favorecen el desarrollo de este tipo de vegetación, que se encuentra entre el bosque siempreverde mesófilo y el bosque nublado, alrededor de los 1 400 m s.n.m. (Figura 7).



Figura 7. - *Pluvisilva montana* en Barrio Nuevo (Foto: Orlando J. Domínguez)

Las condiciones climáticas en este piso altitudinal se caracterizan por una elevada humedad relativa, que oscila entre un 87 % y un 92 % a lo largo del año. La temperatura media anual en Gran Piedra (1 100 m s.n.m.) es de 18,4/ °C, con mínimas medias de 15,7/ °C y máximas medias de 22,4/ °C. La combinación de alta humedad y temperaturas moderadas resulta en bajas tasas de evaporación. Además, la insolación



relativa se encuentra significativamente reducida durante la mayor parte del año, no excediendo el 20 % en nueve meses, debido a la frecuencia de precipitaciones horizontales, especialmente alrededor del mediodía. Estos factores climáticos, en conjunto, influyen de manera determinante en la distribución y composición de la vegetación en este piso altitudinal.

Los resultados del estudio fitocenológico revelan una clara asociación entre la distribución de la vegetación y las condiciones climáticas de este piso altitudinal. Los patrones climáticos descritos han favorecido el desarrollo de una vegetación adaptada a ambientes húmedos y sombríos. La baja evaporación y la alta humedad del suelo permiten el establecimiento de especies con requerimientos hídricos elevados, mientras que la reducida insolación limita la presencia de especies heliófilas.

Como aún existen áreas relativamente extensas en estadios sucesionales menos desarrollados que la homeostasis I, en general, se proponen para la restauración / rehabilitación / enriquecimiento las siguientes especies: *Chionanthus domingensis*, *O. leucoxydon*, *M. oppositifolia*, *Cyrilla silvae* Berazaín, *A. montana*, *P. occidentalis*, *Guatteria moralesii* (M. Gómez) Urb., *A. latifolia*, *Clethra cubensis* A. Rich., *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. y Schult., *P. myrtifolia*, *Persea hypoleuca* (A. Rich.) Mez, *P. spuria*, *Sideroxylon jubilla*, *Hieronyma nipensis* Urb.G, *Prestoea acuminata* subsp. *montana* (Graham) Greuter y R. Rankin), *Pinus maestrensis* Bisse) y *D. arboreus*.

Individualmente, para la Sierra de la Gran Piedra, se proponen: *Ocotea cuneata* (Griseb.) M. Gómez, *C. americana*, *B. pendula*, *Myrcia fenzliana* O. Berg., *Clusia tetrastigma* Vesque, *C. arborea*, *C. sylvestris* subsp. *myricoides*, *Allophylus cominia* (L.) Sw., *Coccoloba diversifolia* Jacq., *Brunellia comocladifolia* subsp. *cubensis* Cuatrec., *Tabebuia hypoleuca* (C. Wright) Urb., *T. angustata*, *Tabebuia brooksiana* Britton, *Magnolia orbiculata*, *C. caudatum*, *O. globosa*, *Eugenia floribunda* (Willd.) O. Berg., *Guettarda monocarpa* Urb., *C. sylvestris* subsp. *syloestris*, *Hieronyma pallida* Müll. Arg., *C. americana*, *Guatteria blainii* (Griseb.) Urb., *Z. martinicensis*, *S. jubilla* y *P. spuria*. Como especies sustitutivas de *Syzygium jambos* (L.) Alston al restaurar el Bosque de galería en dicha sierra, se pueden utilizar: *Chionanthus domingensis*, *C. arborea*, *Tabebuia* spp., *M. oppositifolia*, *P. acuminata* subsp. *montana*, *C. americana*, *D. arboreus* y *A. latifolia*, la plantación debe ser densa con el objetivo de lograr una rápida cobertura.



A su vez, particularmente, para la Sierra del Turquino, se proponen además: *M. cubensis* subsp. *cubensis*, *Ixora ferrea* Willd., *Miconia pteroclada* Urb., *Viburnum villosum* Sw., *C. clusioides* (Griseb.) D'Arcy, *T. brooksiana* y *O. spathulata*.

El piso de bosques nublados (Figura 8) alberga una rica diversidad biológica y desempeña un papel determinante en la regulación hídrica de la región. Se extiende desde la pluvisilva montana hasta el Pico Real del Turquino (1 972 m s.n.m.) y fue caracterizado a través de seis inventarios fitocenológicos. Los suelos en este piso altitudinal corresponden predominantemente a ferralíticos (alíticos) amarillentos, lixiviados, con propiedades químicas que reflejan condiciones ácidas (pH H, O 4.45-5.45) y bajo contenido de nutrientes (CCB 1-5 cmol(+).kg⁻¹). Presenta temperaturas menores de 16/ °C (Planos *et al.*, 2013) en los niveles inferiores y cercano a los 13.0/ °C en la cima del Turquino, con las menores temperaturas registradas durante el mes de enero.



Figura 8. - Pluvisilva nublado en Pico Bayamesa (Foto: Cortesía Fundación Antonio Núñez Jiménez)

Esta región recibe precipitaciones promedio de 2 000 mm anuales, con una significativa contribución de las precipitaciones horizontales (nieblas y nubes bajas) que generan condiciones de alta humedad relativa. Esta humedad, que promedia entre 85 % a 1 500 m s.n.m. y 82 % en la cima del Turquino durante la estación lluviosa, favorece el desarrollo de una rica comunidad epifítica, incluso muchas de ellas se desarrollan sobre la hojarasca. Sin embargo, las plantas experimentan estrés hídrico durante el día, especialmente en los períodos secos, donde la humedad relativa puede descender hasta 36-40 % en las horas más cálidas (Reyes *et al.*, 2011). Esta dinámica hídrica, caracterizada



por una alta humedad ambiental y frecuentes eventos de sequía fisiológica, influye significativamente en la composición y estructura de la vegetación en este piso altitudinal.

En el piso de bosque nublado, debido a su estado actual, no se proponen intervenciones silvícolas. Solo excepcionalmente, de existir calveros extensos, pueden utilizarse para la restauración / rehabilitación: *C. silvae*, *M. cubensis* subsp. *cubensis*, *C. clusiooides*, *Alsophylla major*, *Cyathea parvula* (Jenm.) Domin, *M. coriacea*, *Ixora ferrea*, *C. domingensis*, *B. comocladifolia* subsp. *cubensis* y *O. spathulata*.

En aquellos estratos altitudinales con una densidad adecuada de plántulas y regeneraciones jóvenes de especies forestales de interés, deben implementarse prácticas de liberación, consistentes en la apertura selectiva del dosel para estimular el crecimiento y desarrollo de estos individuos.

La Sierra Maestra exhibe una marcada heterogeneidad ambiental, caracterizada por gradientes altitudinales, edáficos y climáticos que varían significativamente entre sectores. Esta variabilidad condiciona la presencia de dos a cuatro pisos altitudinales de vegetación, conformando un mosaico de ecosistemas con características propias. La compleja interacción de factores abióticos en este sistema montañoso, a pesar de una relativa homogeneidad litológica (grupo El Cobre), genera un mosaico de condiciones ecológicas que influyen en la distribución y composición de las comunidades vegetales.

Como se ha mencionado, los pisos altitudinales de la Sierra Maestra presentan una clara zonación de la vegetación, directamente influenciada por gradientes altitudinales y sus correspondientes variaciones en los factores ecológicos. En este contexto, las variaciones altitudinales inducen cambios significativos en las propiedades edáficas, observándose una transición desde suelos fersialíticos, pardos, rojizos y pardos en las zonas bajas hacia suelos ferralíticos (alíticos) amarillentos lixiviados en las cumbres. Paralelamente, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) disminuye con la altitud, desde valores de 24, a 65 cmol(+).kg⁻¹ en los suelos de las partes bajas hasta 2,5 cmol(+).kg⁻¹ en los suelos más expuestos de las zonas altas (Renda *et al.*, 1981).



El gradiente de temperatura y de la humedad relativa entre la zona costera y el Pico Turquino es notablemente pronunciado, con diferencias de hasta 10/ °C y 15 %, respectivamente (Planos *et al.*, 2013). Este gradiente climático, al modular los procesos de evapotranspiración y déficit de saturación, genera un gran mosaico de microclimas que influyen significativamente en la dinámica hídrica de los ecosistemas. En combinación con las características edáficas, estas variaciones climáticas explican la marcada heterogeneidad florística y funcional de la vegetación en los diferentes pisos altitudinales de la Sierra Maestra.

La zona de humedales, bosques y matorrales semidecíduos micrófilos presenta una vegetación altamente especializada, producto de las condiciones ambientales extremas. Dominan los bosques bajos y matorrales micrófilos, caracterizados por su esclerofilia marcada, crecimiento lento y diversas adaptaciones morfológicas y fisiológicas para optimizar la captación y conservación del agua, como hojas pequeñas y gruesas, raíces profundas y sistemas de almacenamiento. Estas comunidades vegetales, adaptadas a condiciones extremas de aridez, desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad y en el equilibrio de los ecosistemas de la Sierra Maestra.

El piso de la pluvisilva montana se caracteriza por una alta humedad ambiental, producto de la condensación orográfica de las nubes bajas, un fenómeno que puede representar hasta el 50 % de la precipitación total anual (Samek y Travieso, 1968). Este microclima favorece el desarrollo de una vegetación exuberante y altamente especializada, con un elevado grado de epifitismo (Reyes y Acosta, 2005). La combinación de altas precipitaciones, elevada humedad relativa y baja insolación genera condiciones únicas que hacen de este piso altitudinal un ecosistema de gran relevancia ecológica.

Resulta llamativo que el piso del bosque nublado, a pesar de su denominación, exhiba niveles de humedad relativa y significativamente inferiores al piso de la pluvisilva montana subyacente. La ausencia casi constante de saturación del aire en este nivel altitudinal sugiere un patrón de condensación preferencial en el piso inferior, seguido de un transporte advectivo hacia arriba. Este fenómeno podría explicar las tensiones hídricas recurrentes en el bosque nublado, las cuales inducen el desarrollo de un follaje micrófilo y esclerófilo, contrastando marcadamente con la vegetación megáfila y



mesófila característica de la pluvisilva montana (Reyes *et al.*, 2011). Estos hallazgos subrayan la complejidad de las interacciones entre la orografía, la dinámica atmosférica y la vegetación en sistemas montañosos tropicales, y resaltan la importancia de considerar estos procesos en la planificación de estrategias de restauración ecológica.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten identificar las especies arbóreas nativas con mayor potencial de restauración para cada piso altitudinal de la Sierra Maestra. Esta selección se fundamenta en la alta frecuencia y abundancia de estas especies, así como en su adaptación a las condiciones ambientales particulares de cada nivel altitudinal, lo que garantiza una mayor probabilidad de éxito en los proyectos de restauración ecológica.

La caracterización detallada de los pisos altitudinales de la Sierra Maestra ha permitido establecer relaciones claras entre la vegetación y las variables ambientales. Esta información es fundamental para seleccionar las especies nativas más adecuadas para cada nivel altitudinal y diseñar estrategias de restauración específicas que promuevan la recuperación de la biodiversidad y la funcionalidad de estos ecosistemas de montaña.

El presente estudio proporciona una base científica sólida para la planificación y ejecución de proyectos de restauración ecológica en la Sierra Maestra. La selección de especies nativas con alto potencial de adaptación y crecimiento, combinada con la comprensión de las dinámicas ecológicas de cada piso altitudinal, contribuye significativamente a la recuperación de la estructura y función de los ecosistemas forestales degradados



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ BRITO, A., MERCADET PORTILLO, A., OSIRIS ORTIZ, E.C., ORLIDIA HECHAVARRÍA, T.S., LILIANA CABALLERO, Y.R. y ANTONIO ESCARRÉ, R.L., 2014. El sector forestal cubano y el cambio climático. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* [en línea], ISSN 2304-0106. Disponible en: <https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/135>.
- BORHIDI, A., 1996. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba* [en línea]. S.I.: Akadémiai Kiadó. ISBN 9 63 05 6956 6. Disponible en: https://books.google.com.cu/books?id=MZclAQAAMAAJ&source=gbs_book_others_versions_r&cad=3.
- CAPOTE, R.P. y BERAZAÍN, R., 1984. Clasificación De Las Formaciones Vegetales De Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional* [en línea], vol. 5, no. 2, [consulta: 11 febrero 2025]. ISSN 0253-5696. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/42596743>.
- GREUTER, W. y RANKIN RODRÍGUEZ, R., 2017. *Plantas Vasculares de Cuba Inventario preliminar* [en línea]. S.I.: Botanischer Garten & Botanisches Museum Berlin Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Werner-Greuter/publication/321886706_Vascular_plants_of_Cuba_A_preliminary_checklist_Second_updated_Edition_of_The_Spermatophyta_of_Cuba_with_Pteridophyta_added/links/5a381f76458515919e71ed8a/Vascular-plants-of-Cuba-A-preliminary-checklist-Second-updated-Edition-of-The-Spermatophyta-of-Cuba-with-Pteridophyta-added.pdf.
- GUEVARA, V., GUTIÉRREZ, T. y BOUDET, T., 2019c. *Evapotranspiración de referencia media anual. En Atlas Nacional de Cuba, Epígrafe 2.4: Clima.* [en línea]. La Habana, Cuba: Instituto de Geografía Tropical. Mapas multimedias. Disponible en: https://atlas.geotech.cu/wp-content/uploads/2021/01/Ep%C3%ADgrafe_2.4-Clima-2.pdf.



- GUEVARA, V., GUTIÉRREZ, T. y BOUDET, T., 2019b. *Humedad relativa media anual del aire y diagrama de isopletas trihorarias*. En *Atlas Nacional de Cuba, Epígrafe 2.4: Clima*. [en línea]. La Habana; Cuba: Instituto de Geografía Tropical. Mapas multimedias. Disponible en: <https://atlas.geotech.cu/wp-content/uploads/2021/01/Ep%C3%ADgrafe-2.4-Clima-2.pdf>.
- GUEVARA, V., GUTIÉRREZ, T. y BOUDET, T., 2019a. *Radiación media anual*. En *Atlas Nacional de Cuba, Epígrafe 2.4: Clima* [en línea]. La Habana; Cuba: Instituto de Geografía Tropical. Mapas multimedias. Disponible en: <https://atlas.geotech.cu/wp-content/uploads/2021/01/Ep%C3%ADgrafe-2.4-Clima-2.pdf>.
- INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA (IGP), 2014. *Léxico estratigráfico de Cuba (C. N. d. I. Geológica. Tercera*. La Habana, CUBA: Instituto de Geología y Paleontología Servicio Geológico de Cuba/Ministerio de Energía y Minas.
- PÉREZ, C.B., 2017. Comportamiento fisiográfico, geográfico y estacional de la insolación en Cuba, 1981 2013. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* [en línea], vol. 55, no. 2, [consulta: 11 febrero 2025]. ISSN 1561-3003. Disponible en: <https://revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/view/62>.
- RENDA, A., CALZADILLA, E., BOUZA, J.A., ARIAS, J. y VALLE, M., 1981. *Estudio edafológico, fisiográfico y agrisilvicultural de la Sierra Maestra, Municipio Guisa. Provincia Granma*. S.l.: Ministerio de la Agricultura, Centro de Investigación Forestal.
- REYES, O.J., 2011. Clasificación de la vegetación de la Región Oriental de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional* [en línea], vol. 32, no. 33, [consulta: 3 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/23725915>.
- REYES, O.J. y ACOSTA, F., 2005. Vegetación. Cuba: Parque Nacional La Bayamesa. En: D. MACEIRA, T. WACHTER y F. ALVERSON (eds.), *Rapid Biological Inventories*. Chicago: The Field Museum, pp. 43-50.



- REYES, O.J. y ACOSTA, F., 2019. Bosque nublado, sus fitocenosis y vulnerabilidades ante el cambio climático. *Revista Forestal Baracoa*, vol. 38, no. 1,
- REYES, O.J., FERRER, E.P., NOVOA, E.V. y GÓMEZ, E.F., 2010. Características fisonómicas y funcionales de los bosques de Cuba Oriental. I. El bosque nublado de la Sierra Maestra. *Foresta Veracruzana* [en línea], vol. 12, no. 1, [consulta: 11 febrero 2025]. ISSN 1405-7247, Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49720264001>.
- REYES, O.J., PELICIE, O., VINENT, C., LABRADA, L.M., SEMANAT, E. y FORNARIS, E., 2005. Estudio fisionómico y funcional de las pluvisilvas montañas de la gran piedra, Cuba. *Foresta Veracruzana* [en línea], vol. 7, no. 2, [consulta: 11 febrero 2025]. ISSN 1405-7247, Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49770202>.
- RICARDO-NÁPOLES, N.E., OLIVER, P.P., CEJAS-RODRIGUEZ, F. y ORTIZ, J., 2009. Tipos y características de las formaciones vegetales de Cuba. *Acta Botánica Cubana* [en línea], vol. 203, Disponible en: <https://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/660/Tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas%20formaciones%20vegetales%20Cuba%202da%20parte.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- RODRÍGUEZ, F., 2006. Nuevos logros en el estudio de la pluviosidad en Cuba: Mapa Isoyético para el período 1961-2000. *Revista Voluntad hidráulica* [en línea], vol. 98, no. 1, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.29104/phi-aqualac/2020-v12-1-08>.
- SAMEK., V., 1975. *Hohenstufengliederung der Sierra Maestra (Kuba) und die Vegetation der Supramontanen Stufe*. S.l.: Arch. Bereich Waldbau-Forstschutz, TU Dresden °paper°.
- SAMEK, V. y TRAVIESO, A., 1968. y (1968). Clima regiones de Cuba. *Rev. Agricultura* 2: 5-23.



Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial
4.0 Internacional.

