

BOSQUES

Latitud Cero

ISSNe 2528-7818

DOI: 10.54753/blc.v15i2

Revista Científica Indexada

Volumen 15 | Número 2 | Año 2025



Editorial Universidad Nacional de Loja

Dirección: Ciudad Universitaria Guillermo Falconí. Loja - Ecuador

Cod. Postal: 110111 **P.B.X:** +593 7 254 7252

email: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

www.unl.edu.ec  revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques





Diversidad florística en el bosque seco tropical de El Retiro, parroquia El Anegado, cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador

Floristic diversity in the tropical dry forest of El Retiro, El Anegado Parish, Jipijapa canton, Manabí province, Ecuador

Alfredo Jimenez-González^{1*} 
Mishell Buenaño-Toapanta² 
Mónica Tapia-Zúñiga¹ 
Reynier García-Rodríguez³ 

1. Docente Investigador de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador
2. Ingeniero Forestal, Instituto de Posgrado, Maestría en Manejo Forestal Sostenible, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador
3. Licenciado en Educación, Instituto de Posgrado, Maestría en Manejo Forestal Sostenible, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador

*Autor para correspondencia: alfredo.jimenez@unesum.edu.ec

RECIBIDO: 02/02/2025

ACEPTADO: 12/05/2025

PUBLICADO: 02/07/2025

RESUMEN

El bosque seco tropical de El Retiro, en la parroquia El Anegado, constituye un ecosistema de transición entre zonas áridas y más húmedas, caracterizado por una alta vulnerabilidad ecológica y presión antrópica. El objetivo del estudio fue evaluar la diversidad florística y su relación con factores ambientales locales para aportar a la conservación y manejo de este tipo de bosque. Se establecieron cinco parcelas de 0,1 ha a lo largo de un gradiente altitudinal, utilizando el método de inventario rápido con subparcelas anidadas para evaluar la regeneración forestal. La diversidad se analizó mediante los índices de Shannon, Simpson, Sørensen y Morisita-Horn, y se empleó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para explorar las relaciones con variables edáficas y topográficas. Se registraron 72 especies distribuidas en 31 familias botánicas, siendo Fabaceae y Euphorbiaceae las de mayor representación. Las especies más dominantes fueron *Bursera graveolens*, *Ceiba trichistandra* y *Cochlospermum vitifolium*, con altos valores de importancia ecológica. Los resultados de los índices reflejan una diversidad media-alta y un patrón de distribución de especies condicionado principalmente por la altitud y la textura del suelo. El análisis de similitud reveló una diferenciación moderada entre las parcelas de mayor pendiente y aquellas ubicadas en zonas más planas. Los hallazgos evidencian la importancia del bosque seco tropical de El Retiro como reservorio de biodiversidad y resaltan la necesidad de implementar estrategias de conservación específicas para este ecosistema de transición amenazado por el cambio de uso de suelo y prácticas agrícolas no sostenibles.

Palabras clave: Análisis multivariado, comunidad biológica, regeneración vegetal, suelo, riqueza de especies



■ ABSTRACT

The tropical dry forest of El Retiro, located in the El Anegado parish, constitutes a transitional ecosystem between arid and more humid zones, characterized by high ecological vulnerability and anthropogenic pressure. The study aimed to assess the floristic diversity and its relationship with local environmental factors to contribute to the conservation and management of this type of forest. Five 0.1-hectare plots were established along an altitudinal gradient, using the rapid inventory method with nested subplots to evaluate forest regeneration. Diversity was analyzed using the Shannon, Simpson, Sørensen, and Morisita-Horn indices, and a Canonical Correspondence Analysis (CCA) was conducted to explore relationships with edaphic and topographic variables. A total of 72 species were recorded, distributed across 31 botanical families, with Fabaceae and Euphorbiaceae being the most represented. The most dominant species were *Bursera graveolens*, *Ceiba trichistandra* and *Cochlospermum vitifolium*, all of which showed high ecological importance values. The diversity indices indicated a medium to high level of diversity and a species distribution pattern primarily influenced by altitude and soil texture. The similarity analysis revealed moderate differentiation between plots on steeper slopes and those located in flatter areas. The findings highlight the importance of the tropical dry forest of El Retiro as a biodiversity reservoir and emphasize the need to implement specific conservation strategies for this transitional ecosystem, which is threatened by land-use change and unsustainable agricultural practices.

Keywords: Multivariate analysis, biological community, vegetation regeneration, soil, species richness

■ INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical (BST) de El Retiro, ubicado en la parroquia El Anegado, cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador, constituye un ecosistema de transición entre zonas áridas y regiones más húmedas. Esta condición le otorga una elevada complejidad ecológica, debido a la coexistencia de especies adaptadas tanto a la sequía prolongada como a condiciones de humedad moderada (Murphy & Lugo, 1986).

La geomorfología del área, dominada por vertientes regulares y mesetas disecadas que abarcan más del 64 % del territorio (Velásquez et al., 2023), crea microhábitats diferenciados que afectan la distribución vegetal. Por ejemplo, en laderas secas predominan especies como *Bursera graveolens* y *Cochlospermum vitifolium*, mientras que en zonas planas con suelos más profundos prosperan especies de mayor porte como *Ceiba trichistandra* (Jiménez, 2012). Los suelos predominantes son franco-arcillosos (32,61 %) y franco-arenosos (20,89 %), caracterizados por niveles medios de fósforo y potasio, pero con deficiencias de nitrógeno, azufre, zinc y boro (Palma et al., 2019),

limitando la productividad de especies exigentes y favoreciendo comunidades vegetales resistentes a la escasez de nutrientes.

El régimen climático está condicionado por las corrientes de Humboldt y El Niño, generando un patrón de lluvias concentradas de enero a mayo, seguido de una prolongada estación seca (Hunter, 2019). Estas condiciones, junto con las características edáficas, han dado lugar a la formación de un bosque semidecíduo mesófilo, donde muchas especies pierden sus hojas en la época seca para minimizar la pérdida de agua (Fajardo-Gutiérrez & González-Melo, 2019).

La parroquia El Anegado, unidad administrativa rural ecuatoriana, presenta ecosistemas fragmentados y presionados por actividades como agricultura extensiva y pastoreo, lo que incrementa la vulnerabilidad del BST y la pérdida de biodiversidad (Dias et al., 2022). Especies clave como *Handroanthus billbergii* y *Guazuma ulmifolia* se encuentran en riesgo debido a la degradación del hábitat y el aprovechamiento no sostenible.

Dada esta situación, el presente estudio busca caracterizar la diversidad florística y los patrones de regeneración natural del bosque, indicadores esenciales para evaluar su estado de conservación y orientar acciones de restauración ecológica (Gentry, 1985; Fajardo-Gutiérrez & González-Melo, 2019). El análisis de la regeneración resulta fundamental para entender la capacidad del ecosistema de recuperarse frente a perturbaciones, un aspecto crítico en bosques secos tropicales altamente amenazados (Villalobos, 2020).

La investigación se enmarca en el proyecto: “Inventario de los recursos biológicos de interés para el desarrollo local en la parroquia El Anegado, Manabí, Ecuador”, con el propósito de generar información científica aplicable al diseño de estrategias de manejo sostenible y a la conservación de un ecosistema que alberga una riqueza biológica única, crucial para la resiliencia ambiental y el bienestar de las comunidades locales (Indacochea Ganchozo & García Rodríguez, 2024).

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el recinto El Retiro, parroquia El Anegado, cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador, en un sector caracterizado por la presencia de bosque seco tropical. Se establecieron cinco parcelas de muestreo, distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde 135 hasta 172 m s.n.m., con el objetivo de capturar la variabilidad estructural y florística del ecosistema. Las coordenadas y altitudes aproximadas de las parcelas son las siguientes: parcela 1: 551000 m E, 9830182 m N, 172 m s.n.m.; parcela 2: 550854 m E, 9829459 m N, 136 m s.n.m.; parcela 3: 550908 m E, 9829396 m N, 135 m s.n.m.; parcela 4: 551121 m E, 9829547 m N, 140 m s.n.m. parcela 5: 551274 m E, 9829656 m N, 145 m s.n.m. Esta disposición permitió evaluar la influencia de factores topográficos en la diversidad florística, especialmente en relación con cambios en altitud y pendiente (Figura 1).

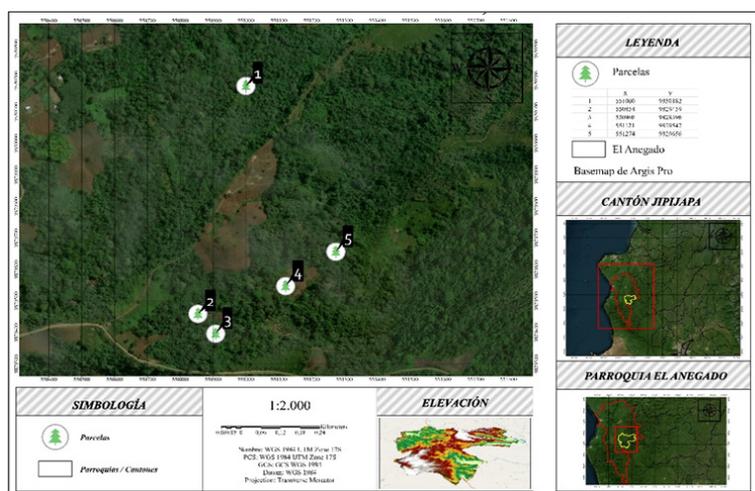


Figura 1. Ubicación geográfica de las parcelas de muestreo, recinto el Retiro, parroquia El Anegado.

Tamaño de la muestra para el inventario de especies

Se aplicó el método de inventario rápido utilizando cinco parcelas de 0,1 ha (50 × 20 m), distribuidas aleatoriamente para capturar la heterogeneidad del ecosistema (Jiménez, 2012; Jiménez-González

et al., 2021). Cada parcela se subdividió en tres subparcelas anidadas donde se midieron los estratos de brinzal, latizal bajo y latizal alto, de acuerdo con Orozco y Brumer (2020), asegurando la representación de distintas etapas de desarrollo forestal. Este enfoque, documentado por Gentry (1985, 1988), optimiza el esfuerzo de muestreo sin

comprometer la calidad de los datos (Garibaldi, 2008; Jiménez, 2016).

La investigación se enmarca en el proyecto: “Inventario de los recursos biológicos de interés para el desarrollo local en la parroquia El Anegado, Manabí, Ecuador”, con el propósito de generar información científica aplicable al diseño de estrategias de manejo sostenible y a la conservación de un ecosistema que alberga una riqueza biológica única, crucial para la resiliencia ambiental y el bienestar de las comunidades locales (Indacochea Ganchozo & García Rodríguez, 2024).

Variables medidas

Se registraron individuos con altura ≥ 2 m y diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 5 cm para evaluar el estrato arbóreo, mientras que para la regeneración del sotobosque se midió el diámetro basal en individuos menores a 2 m. Se recolectaron muestras botánicas para su identificación y se registró la abundancia de cada especie en las parcelas.

Variables ambientales consideradas

Para analizar las condiciones del suelo en cada parcela, se recolectaron muestras compuestas de suelo (0–20 cm de profundidad) en el centro de cada parcela, siguiendo protocolos de muestreo estandarizados para inventarios ecológicos (Jiménez, 2012; Doblado-Amador, 2011). Las muestras se enviaron a un laboratorio especializado certificado, donde se midieron las siguientes variables fisicoquímicas: pH (potenciómetro), materia orgánica (método de Walkley-Black), nitrógeno (N) disponible (Kjeldahl), fósforo (P) disponible (Bray II), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiables (extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría de absorción atómica), zinc (Zn) disponible (extracción DTPA), y textura del suelo (hidrómetro de Bouyoucos). Además, se registró la distancia de cada parcela a fuentes de perturbación antrópica (agricultura, viviendas y senderos turísticos) mediante mediciones in situ con GPS de alta precisión (modelo Garmin GPSMAP 64s). La información obtenida permitió

correlacionar la composición florística con las características edáficas y el grado de impacto humano en el área de estudio (ver Tabla 1).

Análisis de la diversidad

La diversidad florística del bosque se evaluó considerando diversidad alfa, beta y de especies indicadoras. Para la diversidad alfa se calcularon los índices de Shannon-Wiener (H') y el inverso de Simpson (C_{inv}), que permiten medir la riqueza y equitatividad de las especies presentes (Mason et al., 2020; Jost, 2019). Estos índices se ajustaron mediante el método Jack-knifing para minimizar sesgos en la estimación de la diversidad (Hernández et al., 2020; Chao et al., 2020), y se calculó también la equidad de la comunidad vegetal. La diversidad beta se analizó mediante un agrupamiento jerárquico utilizando la distancia de Sørensen y el criterio de fusión de Ward, identificando patrones de similitud y diferenciación entre parcelas. La estructura horizontal del bosque se describió mediante la abundancia, dominancia y frecuencia relativas, integradas en el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE), que cuantifica el peso ecológico de cada especie en la comunidad (Pérez et al., 2020). Para caracterizar la regeneración y la estructura vertical, los individuos se clasificaron en brinzales, latizales bajos y latizales altos, analizando además la similitud florística entre estratos mediante el Índice de Morisita-Horn. Finalmente, el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) permitió explorar la relación entre variables ambientales y distribución de especies indicadoras, considerando su frecuencia, abundancia y exclusividad (Dias et al., 2022).

■ RESULTADOS

Análisis florístico

Diversidad beta (β)

El dendrograma de similitudes (Figura 2), basado en el método de Ward y la distancia de Sørensen, revela patrones de similitud en la composición de especies entre parcelas, estructurando sus relaciones ecológicas.

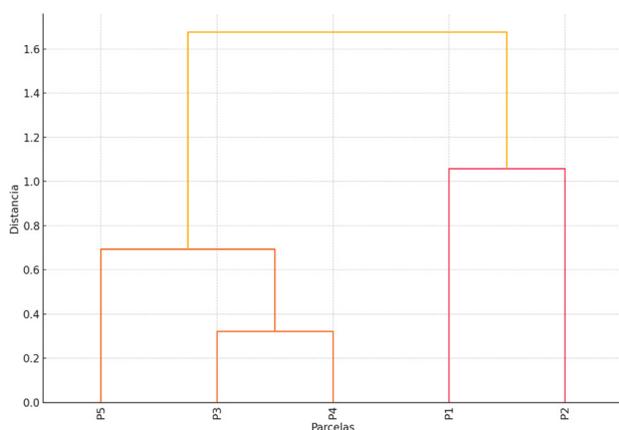


Figura 2. Dendrograma basado en la distancia de Sorensen y el método de Ward.

Las parcelas P3 y P4 presentaron mayor similitud ecológica, mientras que P1 y P2 se agruparon de manera más distante, evidenciando variaciones en la composición de especies. La estructura jerárquica estuvo determinada por la abundancia y frecuencia de especies clave; *Brosimum alicastrum* y *Guazuma ulmifolia* predominaron en P2 y P3, favoreciendo su relación ecológica, mientras que especies de baja frecuencia, como *Inga spectabilis* y *Erythrina velutina*, caracterizaron parcelas particulares.

El análisis florístico evidenció que el subgrupo formado por las parcelas P3 y P4 comparte especies dominantes como *Cecropia montana* y *Cordia eriostigma*, indicando similitudes en su composición. La parcela P5, aunque ecológicamente próxima, se diferencia por la dominancia de *Sapindus saponaria* y *Simarouba amara*. En contraste, P1 y P2 comparten ciertas especies entre sí, pero muestran diferencias marcadas con respecto a las demás parcelas debido a la ausencia de taxones comunes presentes en P3 a P5, lo que refleja gradientes ecológicos asociados a variaciones ambientales o prácticas de manejo.

El análisis de las propiedades edáficas del bosque seco tropical de El Retiro evidenció variaciones significativas que inciden en la composición florística y la dinámica de regeneración del ecosistema. Los valores de pH oscilaron entre 6,47 y 6,98, clasificándose como neutros a ligeramente

alcalinos, condición que favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. La materia orgánica (MO) mostró diferencias marcadas entre parcelas, con un máximo de 7,17 % en la parcela 4 y un mínimo de 1,89 % en la parcela 1. Los suelos con mayor contenido de MO tienden a retener más humedad y nutrientes, favoreciendo el establecimiento de especies vegetales adaptadas a suelos fértiles.

Respecto a la disponibilidad de nutrientes, la parcela 4 presentó el mayor contenido de nitrógeno (98,12 ppm), mientras que en las parcelas 1 y 5 los valores fueron inferiores a 1 ppm, lo que sugiere limitaciones para el crecimiento vegetal en estas zonas. El fósforo (P) fue bajo en todas las parcelas (< 1 ppm), indicando una posible restricción en el desarrollo radicular. El potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se encontraron en niveles adecuados en la mayoría de las parcelas, proporcionando una base de nutrientes favorable para la estabilidad de la vegetación.

La textura del suelo varió notablemente: la parcela 4 mostró un mayor contenido de limo (31,78 %) y menor proporción de arena (26,23 %), lo que implica una mayor retención de humedad. En contraste, la parcela 1 tuvo el mayor porcentaje de arena (57,95 %), asociado a suelos de menor capacidad de retención de agua y nutrientes, factores que influyen en la distribución de las especies vegetales. Estas variaciones edáficas explican los patrones de diversidad y estructura observados entre parcelas, evidenciando la importancia de las condiciones del suelo en la dinámica ecológica del bosque seco tropical.

Análisis de Correspondencia Canónica

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) (Figura 3) mostró que las variables edáficas pH, materia orgánica, textura del suelo (arena y limo) explican patrones significativos en la distribución florística del bosque seco tropical en El Retiro. Se identificaron cuatro agrupaciones ecológicas principales con base en la composición de especies y sus condiciones ambientales asociadas.

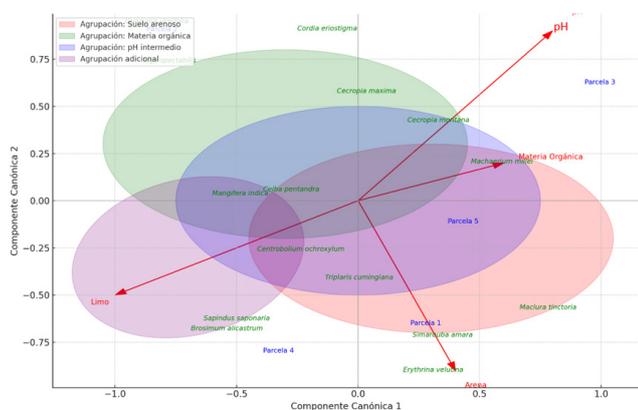


Figura 3. Análisis de Correspondencia Canónico (ACC): relación entre variables ambientales y composición de especies.

La Agrupación 1, influida por elevados niveles de materia orgánica y contenido de arcilla, se asocia con especies como *Machaerium millei* y *Cordia eriostigma*, que se distribuyen en suelos más fértiles y con mejor capacidad de retención hídrica. La agrupación 2, correspondiente a suelos arenosos con baja retención de humedad, está dominada por *Erythrina velutina*, *Sapindus saponaria* y *Maclura tinctoria*, especies adaptadas a condiciones edáficas más secas y probablemente más expuestas a perturbaciones. La agrupación 3, caracterizada por valores intermedios de pH y menor contenido de limo, incluye especies como *Guazuma ulmifolia*, *Mangifera indica* y *Brosimum alicastrum*, y comprende parcelas que reflejan una composición florística mixta. La agrupación 4, influenciada por mayores niveles de pH y contenido de limo, agrupa especies como *Cecropia montana* y *Triplaris cumingiana*, comunes en sitios con mayor neutralidad del suelo y textura equilibrada. En conjunto, los gradientes ambientales delimitados por el CCA evidencian que factores como el contenido de materia orgánica, la acidez y la textura del suelo juegan un papel determinante en la estructura y distribución de la vegetación arbórea. Estas relaciones permiten inferir microhábitats dentro del bosque, útiles para establecer estrategias de manejo diferenciadas.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El Análisis de Componentes Principales (ACP) muestra que PC1 explica el 24,52 % de la varianza, asociado con pH, calcio y la abundancia de *Brosimum alicastrum* y *Guazuma ulmifolia*. PC2 representa el 18,71 %, vinculado a la relación Ca/Mg y área basal de especies clave. En conjunto, estos dos componentes capturan el 43,23 % de la varianza acumulada, reflejando las principales dimensiones ecológicas y edáficas del bosque seco tropical de El Retiro. Los componentes siguientes explican patrones específicos, como nutrientes menores y diferencias entre parcelas. El ACP facilita la interpretación de relaciones entre parcelas y variables edáficas, permitiendo visualizar cómo ciertos factores determinan la composición del ecosistema. Para una mejor comprensión de estos patrones, la Figura 4 presenta un biplot del Análisis de Componentes Principales, donde PC1 y PC2 proyectan las parcelas y los vectores representan la influencia de cada variable.

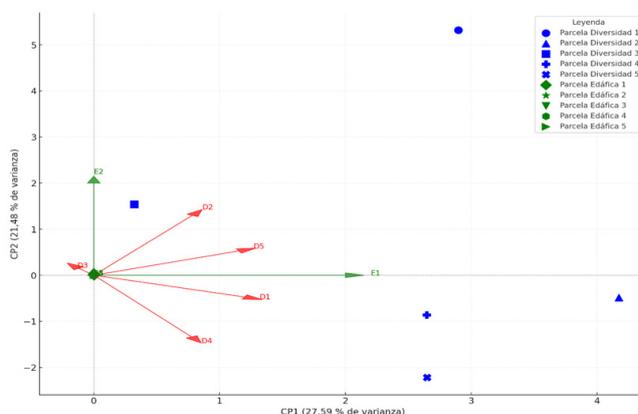


Figura 4. Biplot de Análisis de Componentes Principales: Relación entre Variables de Diversidad y Edáficas por Parcela.

Según se observa en la Figura 4 el primer componente PC1 (27,59 % de la varianza) está influenciado por las variables Ca, Mg y la relación Ca/Mg, lo que indica que la fertilidad del suelo afecta la composición de especies. Parcelas cercanas a estos vectores presentan mayor disponibilidad de nutrientes. En este mismo orden de cosas, el segundo componente, PC2 (21,48 % de la varianza) está determinado por abundancia

de especies y área basal, reflejando la estructura forestal. Parcelas con mayor riqueza o cobertura arbórea se agrupan en este eje.

El análisis revela agrupamientos claros: las parcelas P2 y P3 comparten características edáficas y de diversidad, mientras que P5 presenta condiciones diferenciadas. Los vectores indican correlaciones positivas entre área basal y Ca, mientras que K tiene menor influencia, con un vector casi perpendicular a las variables de diversidad.

Diversidad Alfa (α)

Riqueza

En el análisis florístico se identificaron 57 especies pertenecientes a 44 géneros y 28 familias. La familia Fabaceae fue la más diversa, con 14 especies, seguida por Moraceae, Sapindaceae, Malvaceae y Anacardiaceae, con tres especies cada una. *Brosimum alicastrum* fue la especie más abundante, con 101 individuos registrados exclusivamente en la parcela 2, lo que refleja un patrón de dominancia local. En la misma parcela, *Guazuma ulmifolia* también presentó alta abundancia, con 25 individuos, distribuyéndose también en las parcelas 1, 4 y 5, aunque en menor número. En la parcela 3, *Simarouba amara* fue la especie dominante con 11 individuos, mientras que *Cordia eriostigma* y *Cecropia montana* mostraron representaciones importantes en las parcelas 3 y 4. En la parcela 4, la composición estuvo marcada por la presencia de *Erythrina velutina*, con cuatro individuos, junto con especies como *Inga spectabilis* y *Centrolobium ochroxylum*. En la parcela 5, se registró la mayor diversidad relativa de especies, aunque con baja abundancia general, destacando *Maclura tinctoria*, *Ceiba pentandra* y *Sapindus saponaria*. Este patrón de distribución sugiere una heterogeneidad estructural y florística entre parcelas, determinada posiblemente por gradientes edáficos y microambientales, lo que aporta elementos clave para el diseño de estrategias de conservación adaptadas a las condiciones locales.

Salto en el cálculo (*Jack-knifing*)

El índice de Shannon-Wiener y el inverso de Simpson reflejaron una diversidad alfa moderada a alta en las parcelas evaluadas (Tabla 1), indicando una composición florística heterogénea en el bosque seco tropical de El Retiro.

Tabla 1. Resultados del Análisis de Diversidad Alfa mediante *Jack-knifing*: Índices de Shannon y Simpson, Riqueza y Equitatividad por parcela.

Parcela Excluida	Índice de Shannon	Índice de Simpson	Riqueza	Equitatividad ϵ
Parcela 1	2,911	0,871	13	1,134
Parcela 2	3,476	0,956	22	1,124
Parcela 3	2,845	0,873	18	0,984
Parcela 4	2,828	0,877	24	0,890
Parcela 5	2,932	0,887	22	0,948
Promedios	3,00 ± 0,27	0,8931 ± 0,0360	19,80 ± 4,38	1,0166 ± 0,1088

Las métricas de diversidad (Tabla 1) muestran ligeras variaciones entre parcelas, con P2 y P4 destacando por su alta riqueza y equitatividad, lo que resalta su importancia en la estabilidad ecológica del bosque seco tropical de El Retiro. La dominancia de *Brosimum alicastrum* y *Guazuma ulmifolia* en P2, y de *Cecropia montana* y *Cordia eriostigma* en P4, refuerza su rol en la estructura del ecosistema.

La riqueza de especies observada y la estimada mediante Jack-knifing fueron similares en todas las parcelas, con un bajo error estándar (0,2), lo que indica estabilidad en las estimaciones (Tabla 3). Las parcelas P2 y P4 presentaron los mayores valores de diversidad, en comparación con las demás parcelas.

Estructura horizontal

Importancia ecológica de las especies

Las especies con mayor Valor de Importancia Ecológica (IVIE) en el bosque seco tropical de El Retiro fueron *Brosimum alicastrum*, *Guazuma ulmifolia*, *Sapindus saponaria* y *Machaerium millei*, destacándose por su alta abundancia, frecuencia y dominancia (Tabla 2).

Tabla 2. Especies ubicadas por su Valor de Importancia Ecológica en el bosque seco tropical del recinto El Retiro, parroquia El Anegado.

Especie	AA	FA	DA	AR%	FR%	DR%	IVIE
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	102	8	15,373	26,98	3,72	0,82	31,53
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	42	11	67,711	11,11	5,12	3,62	19,85
<i>Sapindus saponaria</i> L.	22	13	106,144	5,82	6,05	5,68	17,55
<i>Machaerium millei</i> (Pittier) Standl.	14	6	189,453	3,70	2,79	10,14	16,64
<i>Cecropia montana</i> Trécul	22	11	89,591	5,82	5,12	4,80	15,73
<i>Cordia eriostigma</i> Pittier	10	10	145,150	2,65	4,65	7,77	15,07
<i>Mangifera indica</i> L.	22	10	73,887	5,82	4,65	3,96	14,43
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	4	15	33,735	1,06	6,98	1,81	9,84
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	5	6	108,358	1,32	2,79	5,80	9,91
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	11	9	37,430	2,91	4,19	2,00	9,10

Nota. Valor de Importancia Ecológica (IVIE), AA: Abundancia Absoluta, FA: Frecuencia Absoluta, DA: Densidad Absoluta, AR: Abundancia Relativa, FR: Frecuencia Relativa, DR: Densidad Relativa.

El predominio de pocas especies con altos valores de importancia ecológica evidencia una estructura comunitaria desigual en el bosque seco tropical de El Retiro, típica de ecosistemas bajo condiciones ambientales restrictivas y presión antrópica. Estas especies clave podrían desempeñar funciones críticas en la estabilidad ecológica y en procesos de regeneración natural.

Regeneración natural y dinámica del bosque

Las especies se clasificaron en brinzales, latizal bajo y latizal alto, permitiendo evaluar la regeneración natural. El proceso está dominado por especies secundarias de rápido crecimiento y menor valor comercial. En brinzales, *Terminalia amazonia* domina en P2 (AR: 58,8 %), mientras que en P3 destacan *Cordia eriostigma* (15,6 %) y *Coccoloba ruiziana* (19,0 %). En P4, *Tabebuia chrysantha* (29,0 %) y *Triplaris cumingiana* (32,3 %) son las más representativas, y en P5, *Brosimum alicastrum* lidera (15,0 %).

En latizal bajo, sobresalen *Coffea arabica* (14,6 %) y *Brosimum alicastrum* (7,3 %) en P2, *Coccoloba ruiziana* en P3 (19,6 %) y *Maclura tinctoria* en P5 (18,2 %). En latizal alto, *Coffea arabica* predomina en P2 (15,0 %), *Centrolobium ochroxylum* (20,7 %) y *Cecropia montana* (28,1 %) en P3, *Roupala montana* en P4 (100 %) y *Sapium marmieri* en P5 (16,7 %). Estos resultados evidencian el predominio de especies pioneras

como *Cecropia montana* y *Brosimum alicastrum*, claves en la sucesión secundaria. La abundancia de plántulas y juveniles resalta la importancia de la producción masiva de frutos y semillas, facilitando la recolonización y estabilidad del ecosistema.

Índice de Morisita-Horn

El análisis del índice de Morisita-Horn mostró una alta similitud entre los estratos de brinzal y latizal bajo (0,9), indicando continuidad en los procesos de regeneración. La similitud entre latizal bajo y latizal alto (0,9) también fue elevada, sugiriendo una transición gradual entre estadios de desarrollo. Sin embargo, la similitud disminuyó entre el brinzal y el estrato arbóreo (0,7), lo que evidencia un cambio en la composición de especies hacia el dosel maduro. Estas relaciones reflejan la dinámica sucesional y la estructura vertical del bosque seco tropical de El Retiro.

■ DISCUSIÓN

Diversidad de especies y factores edáficos

La diversidad de especies en el bosque seco tropical de El Retiro está influenciada por factores edáficos, particularmente en la parcela 4, donde se registraron altos niveles de nitrógeno (98,12 ppm) y materia orgánica (7,17 %). Estos valores sugieren una relación directa entre la fertilidad del

suelo y la diversidad vegetal, coincidiendo con estudios previos que destacan la importancia de los nutrientes en la productividad y biodiversidad de los bosques tropicales (Marcano et al., 2003). Además, la textura del suelo, caracterizada por variaciones en los contenidos de arena y arcilla, parece influir en la composición de especies, promoviendo una heterogeneidad ecológica que favorece la regeneración natural, como lo señalan investigaciones similares (Jiang et al., 2021; Zhu et al., 2021).

Composición florística y diversidad beta

El análisis florístico reveló la presencia de 57 especies pertenecientes a 44 géneros y 28 familias, siendo Fabaceae la más representada con 14 especies. La diversidad beta mostró agrupamientos en la composición de especies asociados a condiciones edáficas y microclimáticas específicas de cada parcela, lo que refleja gradientes ecológicos dentro del bosque. Estos patrones son consistentes con estudios realizados en bosques secos interandinos, donde la fragmentación del paisaje y las variaciones ambientales locales afectan la estructura vegetal (Fajardo-Gutiérrez & González-Melo, 2019; Ramírez-Huila & Ayoví-Garcés, 2022). La presencia de especies menos frecuentes, como *Inga spectabilis* y *Erythrina velutina*, refuerza la heterogeneidad ecológica del área, similar a lo descrito por Londoño-Lemos & Torres-González (2015).

Influencia de factores edáficos en la composición vegetal

El Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) evidenció que variables edáficas como el pH, la materia orgánica y la textura del suelo son determinantes en la composición vegetal del bosque. Las diferencias observadas entre parcelas reflejan gradientes ambientales y posibles intervenciones humanas, destacando la interacción entre componentes físicos y químicos del suelo en la estructura ecológica. Estos hallazgos coinciden con estudios realizados en bosques de Pinus en Oaxaca, donde se ha demostrado la influencia significativa de los factores edáficos en la estructura y composición de las comunidades

vegetales (Sosa-Díaz et al., 2024; González-Tuta et al., 2023).

Análisis de componentes principales y diferenciación espacial

El Análisis de Componentes Principales (ACP) mostró que el primer componente (CP1), que explica el 24,52 % de la varianza, está asociado con la influencia de Ca, Mg y la relación Ca/Mg en la fertilidad del suelo y su impacto en la composición vegetal. Este patrón concuerda con hallazgos que evidencian la importancia de estos nutrientes en la estructuración de comunidades forestales en sistemas tropicales (Lozada et al., 2014). El segundo componente (CP2), que explica el 18,71 % de la varianza, está relacionado con la abundancia de especies y el área basal, factores clave en la organización estructural del bosque. Parcelas con mayor diversidad y cobertura arbórea se agrupan en este eje, lo que sugiere que la heterogeneidad estructural es un determinante clave en la diferenciación espacial del bosque seco tropical de El Retiro, en línea con estudios que resaltan la relación entre biomasa forestal y contenido de nutrientes en ecosistemas secos (Doblado-Amador, 2011; Paredes, 2023).

Diversidad alfa y riqueza de especies

La diversidad alfa, medida a través de los índices de Shannon y Simpson, mostró valores que indican una diversidad moderada a alta en el área de estudio. La familia Fabaceae presentó la mayor riqueza específica, lo que es consistente con estudios en selvas medianas subperennifolias manejadas (Tadeo-Noble et al., 2024). Especies como *Brosimum alicastrum* y *Guazuma ulmifolia* destacaron por su abundancia, reafirmando su papel clave en la estabilidad ecológica del bosque, similar a lo reportado por Ibarra & López (2002).

Importancia ecológica de las especies dominantes

El Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) identificó a *Brosimum alicastrum* como la especie más dominante (IVIE = 31,53), subrayando su papel estabilizador en el ecosistema. Otras

especies como *Guazuma ulmifolia* (IVIE = 19,85) y *Sapindus saponaria* (IVIE = 17,55) también mostraron alta importancia ecológica, lo que coincide con estudios que destacan su relevancia en la biodiversidad funcional de los bosques secos tropicales (Jiménez et al., 2024; Indacochea-Ganchozo & García-Rodríguez, 2024).

Regeneración natural y dinámica sucesional

La regeneración natural del bosque está dominada por especies pioneras como *Cecropia montana* y *Terminalia amazonia*, lo que indica procesos de sucesión secundaria en marcha. La composición de especies entre parcelas sugiere la influencia de factores edáficos y antropogénicos en la dinámica del bosque, en concordancia con estudios realizados en Nicaragua y Cuba que evidencian patrones similares de regeneración y sucesión ecológica (Rivas & Marín, 2011; Fernández & Díaz, 2024).

Estructura vertical y similitud entre estratos

El índice de Morisita-Horn reveló una alta similitud (0,9) entre los estratos de brinzal y latizal bajo, indicando una continuidad en las primeras etapas de sucesión. Sin embargo, la similitud disminuyó entre el brinzal y el estrato arbóreo (0,7), lo que sugiere una transición progresiva hacia especies dominantes en el dosel. Estos resultados subrayan la importancia de la sucesión ecológica en la configuración del bosque seco tropical de El Retiro, evidenciando la necesidad de considerar las dinámicas verticales en estrategias de manejo y conservación, como lo destacan estudios en bosques tropicales en regeneración (Villalobos, 2020; Alanís et al., 2023).

CONCLUSIONES

El bosque seco tropical de El Retiro presenta una diversidad florística estructurada por gradientes edáficos y topográficos, con predominio de Fabaceae y especies dominantes como *Brosimum alicastrum* y *Guazuma ulmifolia*, indicativas de comunidades en transición ecológica. La diversidad estuvo asociada a la fertilidad del suelo, especialmente al contenido de nitrógeno

y materia orgánica en la parcela 4. El CCA y el ACP confirmaron que pH, textura y MO son variables determinantes en la distribución y composición florística. La regeneración natural, caracterizada por especies pioneras en todos los estratos, evidencia un proceso sucesional activo influido por condiciones edáficas y disturbios antrópicos. La alta similitud entre brinzal y latizal bajo indica continuidad en la dinámica sucesional. Estos resultados resaltan el valor del bosque como reservorio de biodiversidad y la urgencia de implementar estrategias de conservación diferenciadas, considerando su vulnerabilidad ecológica y la heterogeneidad ambiental.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

A. J.: Conceptualización, Metodología; Escritura - Revisión y edición, Visualización.

M. B.: Investigación – Escritura - Borrador original.

M. T.: Análisis formal, Escritura - Revisión y edición.

R. G.: Conceptualización, Escritura – Borrador original.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Vargas, L. G., Arias-Aguilar, D., & Valverde, J. C. (2024). Caracterización florística del bosque montano y subpáramo del volcán Irazú, Costa Rica. *Acta Biológica Colombiana*, 29(1). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/download/97088/90351>
- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Molina-Guerra, V. M., Patiño-Flores, A. M., Sigala-Rodríguez, J. Á., Zamudio-Castillo, E., & Rubio-Camacho, E. (2023). Cambios en la composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León, Gayana. *Botánica*, 80(1), 64-74. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432023000100064>
- Castillo Elías, B., Gervacio Jiménez, H., & Bedolla Solano, R. (2018). Estructura forestal de una zona de manglar en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 66-93. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.140>

- Jimenez-González, A., Buenaño-Toapanta, M., Tapia-Zúñiga, M., García-Rodríguez, R. (2025). Diversidad florística en el bosque seco tropical de El Retiro, parroquia El Anegado, cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 15(2), 30-42. <https://doi.org/10.54753/blc.v15i2.2429>
- Chao, A., Wang, Y., y Jost, L. (2020). Entropy and diversity: A general framework for measuring diversity in ecological communities. *Ecology*, 101(2), e02986. <https://doi.org/10.1002/ecy.2986>
- Dias, F. S., Betancourt, M., Rodríguez-González, P. M., & Borda-de-Água, L. (2022). BetaBayes—A Bayesian approach for comparing ecological communities. *Diversity*, 14(8), 858. <https://doi.org/10.3390/d14100858>
- Diosa, W. A. T. (2017). Análisis funcional del secuestro de carbono en el gradiente sucesional de un bosque seco tropical del valle del río Magdalena (Master's thesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia). <https://www.proquest.com/openview/7055cf10f6413034df624b645ee98789/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Doblado-Amador, L. S. (2011). Identificación y caracterización de tipos de bosque y su relación con variables ambientales, en un paisaje fragmentado al norte de Honduras. Proyecto Finnfor I y Finnfor II-CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5200/Identificacion_y_caracterizacion_tipos_de_bosque.pdf?sequence=1
- Fajardo-Gutiérrez, F., & González-Melo, A. (2019). Patrones de sucesión secundaria en un bosque seco tropical interandino de Colombia: implicaciones para la restauración ecológica. *Caldasia*, 41(1), 12-27. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.65859>
- Fernández, F. D., & Díaz, J. F. (2024). Caracterización de la regeneración natural del bosque seco tropical pos perturbaciones antrópicas en la Península de Guanahacabibes, Cuba. *Ecovida: Revista científica sobre diversidad biológica y su gestión integrada*, 14(1), 24-39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9539576>
- Garibaldi Escobar, C. (2020). Efectos de la extracción y uso tradicional de la tierra sobre la estructura y dinámica de bosques fragmentados en la Península de Azuero, Panamá (Doctoral dissertation, Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Centro de Estudios Forestales). <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/2171>
- Gentry, A. H. (1985). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 72(4), 1-34. <https://www.jstor.org/stable/2399464>
- Gentry, A. H. (1988). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(1), 156-159. <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.85.1.156>
- González - Tuta, Á. L., Gil-Padilla, L. N., & Pinilla-Agudel, G. A. (2023). Evaluación del estado ecológico del río Ánimas mediante índices multimétricos en Cerinza, Boyacá. *Acta Biológica Colombiana*, 28(2), 239–250. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.103952>
- Hankiso, M., Warkineh, B., Asfaw, Z., & Debella, A. (2023). Ethnobotany of wild edible plants in Soro District of Hadiya Zone, southern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00588-2>
- Hernández, A., Vargas, C., y Paredes, D. (2020). Evaluación de la diversidad de especies en ecosistemas de montaña: Aplicación del método Jack-Knifing. *Revista de Ecología Aplicada*, 58(1), 45-60. <https://doi.org/10.5678/revista.ecologiaaplicada.2020.01.06>
- Hunter, J. D. (2019). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science and Engineering*, 9(3), 90-95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Ibarra, O. G., & López, L. (2002). Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 73(2), 283–314. <https://www.redalyc.org/pdf/400/40073209.pdf>
- Indacochea Ganchozo, B. S., & García Rodríguez, R. (2024). Inventario forestal con enfoque bioético para la protección sostenible de recursos en la Finca Experimental Andil de Jipijapa. *Perfiles*, 1(31), 61-73. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i31.274>
- Jiang, N., Zheng, L., & Liu, H. (2021). Microbial-induced calcium carbonate precipitation: Applications in soil improvement and beyond. *Journal of Environmental Management*, 291, 112-132. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112132>
- Jiménez, A. (2012). Contribución a la ecología del bosque semideciduo mesófilo en el sector oeste de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Rosario", orientada a su conservación (Tesis de doctorado). Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. https://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/521/1/Jimenez_12.pdf
- Jiménez, A. (2016). Caracterización florística del bosque semideciduo mesófilo de la reserva natural "El Mulo", Artemisa, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 4(1), 48-58. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/139>

- Jimenez-González, A., Buenaño-Toapanta, M., Tapia-Zúñiga, M., García-Rodríguez, R. (2025). Diversidad florística en el bosque seco tropical de El Retiro, parroquia El Anegado, cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 15(2), 30-42. <https://doi.org/10.54753/blc.v15i2.2429>
- Jimenez-González, A., Cantos Cevallos, C. G., Cabrera Verdesoto, C. A., Noboa Vélez, S. R., Cantos Bravo, E. H., & Pin Reyes, J. M. (2021). Contribuciones del pregrado forestal a la ecología del bosque semidecíduo mesófilo del Recinto Sasay, Manabí, Ecuador. *Biblioteca Colloquium*. Recuperado a partir de <https://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/78>
- Jiménez, A., Carvajal-Nunura, R., Ponce-Muñiz, J., & Cabrera-Verdesoto, C. (2024). Diagnóstico socioeconómico de sistemas agroforestales en el recinto San Francisco de la parroquia El Anegado. *Bosques Latitud Cero*, 14(1), 90-104. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2037>
- Jost, L. (2019). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 100(2), e02679. <https://doi.org/10.1002/ecy.2679>
- Londoño Lemos, V., & Torres González, A. M. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Calí, Colombia). *Colombia forestal*, 18(1), 71-85. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a04>
- Lozada, J. R., Soriano, P., & Costa, M. (2014). Relaciones suelo-vegetación en una toposecuencia del Escudo Guayanés, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 1-17. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442014000200001&script=sci_arttext&utm_source=chatgpt.com
- Marcano, M., García, M., & Caraballo, L. (2003). Evaluación de doce variedades de caña de azúcar (*Sacharum spp.*) bajo condiciones de secano en un suelo de sabana del oeste del estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 3(1), 65-73. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2221543>
- Martínez, J., López, A., & Sánchez, M. (2020). Análisis de la diversidad de especies en ecosistemas tropicales: Comparación de métodos y aplicaciones. *Revista de Ecología y Biología Tropical*, 66(2), 123-136. <https://doi.org/10.1234/revista.ecobio.2020.02.03>
- Martínez, J., López, A., y Sánchez, M. (2020). Análisis de la diversidad de especies en ecosistemas tropicales: Comparación de métodos y aplicaciones. *Revista de Ecología y Biología Tropical*, 66(2), 123-136. <https://doi.org/10.1234/revista.ecobio.2020.02.03>
- Mason, N. W. H., MacGowan, R., y Boucher, F. (2020). The Importance of Species Richness in Ecosystem Functioning: A Case Study in the Tropical Rainforest of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 29(3), 739-760. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01955-0>
- Melo, O., Fernandez-Méndez, F., & Villanueva, B. (2017). Hábitat lumínico, estructura, diversidad y dinámica de los bosques secos tropicales del Alto Magdalena. *Colombia forestal*, 20(1), 19-30. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.1.a02>
- Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17(1), 67-88. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.000435>
- Palma, R., Fuentes, T., Ponce, L., Ganchozo, M., & Pinargote, J. (2019). Perfil del suelo en la parroquia El Anegado, Manabí. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), 1596-1506. [https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(1\).enero.2019.1496-1506](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(1).enero.2019.1496-1506)
- Paredes, D. R. E. (2023). Características estructurales que inciden en la regeneración natural de bosques cosechados bajo cortas de protección de *Nothofagus pumilio* (lenga) a lo largo de gradientes ambientales en Tierra del Fuego, Argentina: Adecuación de prácticas silvícolas para el manejo sostenible (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Pérez, J. A., López, M., & Hernández, R. (2020). Análisis de la estructura de comunidades forestales: Un enfoque sobre el valor de importancia ecológica. *Revista de Ecología y Biodiversidad*, 8(1), 78-90. <https://doi.org/10.2345/recologia.y.bio.diversidad.2020.01.08>
- Ramírez Huila, W., & Ayoví Garces, N. E. (2022). Estructura y composición arbórea del bosque seco tropical en el valle Sancán, Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), 169-181. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/748>
- Ricklefs, R. E., y Miller, G. L. (2019). *Ecology*. W. H. Freeman and Company.
- Rivas, B. G., & Marín, G. C. (2011). Factores a considerar en la regeneración natural del bosque tropical seco en Nicaragua. *La Calera*, 11(16), 05-11. <https://revistasnicaragua.cnu.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/192>
- Rodríguez, M. A., Torres, P., y Sánchez, J. (2019). Estructura vertical y regeneración natural en bosques tropicales: Metodologías y análisis de diversidad. *Revista de Investigación Forestal*, 12(3), 45-62. <https://doi.org/10.1234/rif.2019.03.12>

- Jimenez-González, A., Buenaño-Toapanta, M., Tapia-Zúñiga, M., García-Rodríguez, R. (2025). Diversidad florística en el bosque seco tropical de El Retiro, parroquia El Anegado, cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 15(2), 30-42. <https://doi.org/10.54753/blc.v15i2.2429>
- Rubio, S. H. (2024). de la Sierra Madre del Sur de Guerrero, México (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México). <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000850672/3/0850672.pdf>
- Sánchez Fonseca, J. (2015). Acciones silvícolas para la rehabilitación del bosque pluvial de baja altitud sobre complejo metamórfico del sector Quibiján-Naranjal del Toa (Doctoral dissertation, Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Forestal. Centro de Estudios Forestales). <https://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/2185/1/Jos%C3%A9%20S%C3%A1nchez%20Fonseca.pdf>
- Sánchez-Toruño, H., Barquero-Elizondo, A. I., Rodríguez-Quirós, L., Méndez-Mejías, L. D., Montero-Flores, W., Mesén-Montano, I., & Hernández-Sánchez, G. (2024). Presencia de orquídeas y relación con sus forófitos en el bosque seco del Parque Nacional Guanacaste. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 21(48), 1-8. <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v21i48.7044>
- Sosa-Díaz, L., Valdez-Lazalde, J. R., López-Mata, L., Ángeles-Pérez, G., & Santos-Posadas, H. M. D. L. (2024). Riqueza, diversidad, endemismo y determinantes ambientales de *Pinus L.* en Oaxaca, México. *Botanical Sciences*, 102(4), 1093–1108. <https://doi.org/10.17129/botsci.3490>
- Tadeo-Noble, A. E., García Moya, E., Valdez Hernández, J. I., López Mata, L., Luna Cavazos, M., Santos Posadas, H. M. D. L., & Hernández Stefanoni, J. L. (2024). Patrones de estructura y diversidad de selva mediana subperennifolia bajo condiciones de gestión forestal. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 15(81), 133-159. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i81.1424>
- Triana, A., Sánchez, J., González-Melo, A., & Torres, F. (2019). Análisis funcional del secuestro de carbono en un bosque seco tropical interandino. *Caldasia*, 41(1), 179-193. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71304>
- Van Rossum, G., y Drake, F. L. (2019). Python 3 Reference Manual. Scotts Valley, CA: CreateSpace. <https://docs.python.org/3/>
- Velásquez, F., Alcántara, F., Cabrera, E., & Bazurto, L. (2023). Características superficiales y azolvamiento en la cuenca aportante al embalse La Esperanza, El Anegado, Manabí, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 17(1), 452-460. <https://doi.org/10.53591/cna.v17i1.2154>
- Villalobos, D. H. G. (2020). Potencial de regeneración del bosque seco tropical a lo largo de un gradiente sucesional en el Valle del Río Magdalena. Master's thesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). <https://www.proquest.com/openview/d3a47ef78759d17c741db2c6223a37fc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Zhu, Q., Li, W., & Xu, G. (2021). Emerging trends in soil research: Challenges and opportunities. *Environmental Science Trends*, 23(3), 298-312. <https://doi.org/10.1016/j.envsctr.2021.298312>