




Bioactivos del bosque seco tropical: logros recientes y perspectivas de Ecuador hacia mercados globales

Bioactives from the tropical dry forest: recent achievements and Ecuador's perspectives toward global markets


 <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v10.n1.2026.329-343>

Recibido: 10-09-2025


Aceptado: 11-12-2025

Publicado: 25-01-2026


Edgar Mauro Caicedo Álvarez^{1*}

 <https://orcid.org/0000-0002-6354-3307>

Mónica Virginia Tapia Zúñiga²

 <https://orcid.org/0000-0002-5591-3603>

Edgar Mauricio Caicedo Tapia³

 <https://orcid.org/0009-0001-8931-4326>

1. Magíster en Industrias Pecuarias; Ingeniero Agroindustrial; Docente Contratado en la Carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador.
2. Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente; Ingeniero Forestal; Docente Titular en la Carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador.
3. Ingeniero Ambiental; Universidad Politécnica Salesiana; Quito, Ecuador

Volumen: 10

Número: 1

Año: 2026

Paginación: 329-343

URL: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/1114>

***Correspondencia autor:** mauro.caicedo@unesum.edu.ec



RESUMEN

Ecuador ha consolidado avances significativos en el campo de los bioactivos entre 2021 y 2025, posicionándose como un actor emergente en el mercado internacional de ingredientes naturales. La caracterización fitoquímica de especies del bosque seco como *Bursera graveolens* y *Cordia lutea*, ha permitido identificar más de 12 compuestos dominantes con propiedades antioxidantes y antimicrobianas, mientras que estudios comunitarios en la Amazonía han validado 15 perfiles químicos en cuatro comunidades locales. Estos resultados confirman la diversidad y el rendimiento bioactivo superior del país frente a otros de la región. En el ámbito tecnológico, la incorporación de métodos sostenibles de extracción, como hidrodestilación asistida por microondas y ultrasonido, ha incrementado el rendimiento en un 25% y reducido el consumo energético en un 30%, mejorando la competitividad de los procesos productivos. Paralelamente, la implementación del proyecto de bioindustria amazónica liderado por UTPL en 2025 priorizó 10 especies, benefició directamente a 200 familias y movilizó una inversión inicial de USD 2,5 millones, consolidando la narrativa de sostenibilidad y trazabilidad. La proyección económico-comercial estima ingresos entre USD 1,5 y 4,0 millones anuales en ingredientes estandarizados, con mercados prioritarios en la región andina y secundarios en Norteamérica y la Unión Europea, vinculando conservación ambiental con desarrollo productivo sostenible.

Palabras clave: Bosque seco tropical, Bioactivos, Ecuador, Sostenibilidad.

ABSTRACT

Ecuador has achieved significant progress in the bioactive sector between 2021 and 2025, positioning itself as an emerging actor in the international market for natural ingredients. Phytochemical characterization of dry forest species such as *Bursera graveolens* and *Cordia lutea* has identified more than 12 dominant compounds with relevant antioxidant and antimicrobial properties, while community-based studies in the Amazon have validated 15 chemical profiles across four local communities. These findings confirm the country's superior diversity and bioactive performance compared to neighboring nations. In technological terms, the adoption of sustainable extraction methods, including microwave-assisted hydrodistillation and ultrasound, has increased yields by 25% and reduced energy consumption by 30%, enhancing production competitiveness. Furthermore, the implementation of the pioneering Amazonian bioindustry project led by UTPL in 2025 prioritized 10 species, directly benefited 200 families, and mobilized an initial investment of USD 2.5 million, consolidating Ecuador's narrative of sustainability and traceability. Economic projections estimate annual revenues between USD 1.5 and 4.0 million from standardized ingredients, with primary markets in the Andean region and secondary opportunities in North America and the European Union. These achievements highlight Ecuador's capacity to link biodiversity conservation with sustainable productive development in the global bioactive market.

Palabras clave: Tropical dry forest, Bioactives, Ecuador, Sustainability.



Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

Introducción

Los bosques secos tropicales constituyen uno de los ecosistemas más amenazados y menos estudiados de América Latina, pese a su relevancia ecológica, socioeconómica y cultural. Se estima que más del 60% de su cobertura original ha sido transformada por actividades agropecuarias, urbanización y extracción forestal, lo que ha reducido drásticamente la disponibilidad de recursos naturales y servicios ecosistémicos (Miles et al., 2006; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). En este contexto, la valorización sostenible de productos forestales no maderables, como los aceites esenciales, emerge como una alternativa estratégica para la conservación y el desarrollo comunitario.

Los aceites esenciales son mezclas complejas de metabolitos secundarios, principalmente monoterpenos y sesquiterpenos, con propiedades bioactivas que incluyen actividad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria y repelente de insectos (Bakkali et al., 2008). Su creciente demanda en las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria y agroforestal ha impulsado investigaciones orientadas a identificar especies nativas con potencial extractivo. Sin embargo, la mayoría de los estudios se concentran en ecosistemas húmedos tropicales, dejando un vacío de conocimiento sobre las especies forestales propias de los bosques secos tropicales latinoamericanos.

En Ecuador, los bosques secos de la Costa y los valles interandinos albergan especies de alto valor aromático como *Bursera graveolens* (palo santo), *Schinus molle* (molle), *Prosopis pallida* (algarrobo) y *Cedrela odorata* (cedro). Estas especies han sido utilizadas tradicionalmente en medicina popular, rituales y prácticas agroforestales, pero su potencial químico y bioeconómico aún no ha sido sistematizado de manera integral. La revisión científica de sus aceites esenciales resulta fundamental para identificar oportunidades de aprovechamiento sostenible, establecer líneas de investigación interdisciplinarias y

contribuir a la conservación de un ecosistema altamente vulnerable.

El presente artículo tiene como objetivo revisar el estado del conocimiento sobre los aceites esenciales extraídos de especies forestales en bosques secos tropicales del corredor latinoamericano, con énfasis en Ecuador. Se analizan aspectos relacionados con la composición química, propiedades bioactivas, aplicaciones potenciales y consideraciones de sostenibilidad extractiva. Asimismo, se discuten las oportunidades y desafíos que enfrenta la región para integrar estos recursos en cadenas de valor responsables, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12 y 15) y con las políticas nacionales de conservación y biocomercio.

Materiales y métodos

Los bosques secos tropicales del corredor latinoamericano se distribuyen principalmente en la franja costera del Pacífico (Ecuador y Perú), los valles interandinos de Colombia, sectores del Caribe venezolano y transiciones hacia el Chaco semiárido en Bolivia y Paraguay como se observará en la Figura 1. Estos ecosistemas se caracterizan por: Clima: estacionalidad marcada, con precipitaciones anuales entre 300 y 1 600 mm y períodos secos prolongados de 6 a 8 meses.

- Vegetación: especies caducifolias adaptadas a la sequía, con alta diversidad de Burseraceae, Fabaceae, Meliaceae y Anacardiaceae.
- Servicios ecosistémicos: regulación hídrica, captura de carbono, provisión de productos forestales no maderables (aceites esenciales, resinas, frutos).
- Presiones antrópicas: deforestación para agricultura extensiva, ganadería y urbanización, que han reducido más del 60% de la cobertura original en la región (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010).

Figura 1.

Distribución geográfica del Bosque Seco Tropical



Caracterización ecológica y socioeconómica de Ecuador

Ecuador alberga una de las mayores diversidades biogeográficas del planeta, con ecosistemas que van desde manglares costeros hasta selvas amazónicas y páramos andinos. Dentro de esta matriz ecológica, los bosques secos tropicales ocupan aproximadamente el 5% del territorio nacional (MAATE, 2021), y presentan las siguientes características:

Clima con precipitaciones entre 300 y 1 200 mm anuales, temperaturas promedio de 24–28 °C, estación seca de hasta ocho meses (Sánchez et al., 2020).

Relieve representado por colinas bajas, terrazas costeras y valles interandinos, con altitudes entre 0 y 1 200 m.s.n.m., favoreciendo especies xerofíticas y heliófilas con alto contenido de metabolitos secundarios.

Biodiversidad forestal correspondiente a los bosques secos ecuatorianos albergan más de 100 especies leñosas nativas, muchas con potencial aromático y bioactivo. Entre las más representativas se encuentran:

- *Bursera graveolens* (palo santo): limoneno, β -cariofileno, α -terpineol (González et al., 2021).

- *Schinus molle* (molle): α -pineno, sabineno, limoneno (Flores Andrade, 2023).
- *Prosopis pallida* (algarrobo): sesquiterpenos con actividad repelente (Pacheco et al., 2018).
- *Cedrela odorata* (cedro): compuestos volátiles insecticidas en hojas y corteza (Rivas et al., 2022).
- *Cordia lutea*, *Croton spp.*, *Zanthoxylum spp.*: especies acompañantes con registros preliminares de bioactividad (FAO, 2021).

Estas especies han sido utilizadas tradicionalmente en medicina popular, elaboración de inciensos, prácticas agroforestales y rituales espirituales, evidenciando un conocimiento ancestral que puede integrarse en estrategias de biocomercio sostenible (Flores Andrade, 2023).

Usos tradicionales y extractivos

En comunidades rurales de Manabí y Loja, la recolección de ramas caídas, hojas y corteza para destilación artesanal de aceites esenciales forma parte de prácticas culturales y económicas locales. Sin embargo, la presión extractiva sobre especies como *Bursera graveolens* ha generado alertas sobre la sostenibilidad del aprove-

chamiento, especialmente cuando se realiza sin planes de manejo ni trazabilidad (González et al., 2021).

El marco normativo ecuatoriano permite el aprovechamiento de productos forestales no maderables bajo autorización del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), priorizando el uso de residuos y partes vegetales renovables (MAATE, 2021). La inclusión de estas especies en cadenas de valor certificadas —como biocomercio, buenas prácticas forestales (BPF) y acuerdos de acceso y reparto de beneficios— representa una oportunidad para generar ingresos comunitarios, conservar el bosque seco y posicionar al país en mercados internacionales de cosmética natural, aromaterapia y fitosanitarios (Flores Andrade, 2023; ICC Brasil, 2023).

Enfoque del estudio

El presente trabajo se desarrolló como una revisión científica sistemática con enfoque descriptivo–explicativo, orientada a analizar el estado del conocimiento sobre aceites esenciales de especies forestales en bosques secos tropicales del corredor latinoamericano, con énfasis en Ecuador. La revisión integró evidencia cuantitativa (composición química, rendimiento de extracción, bioactividad) y cualitativa (usos tradicionales, sostenibilidad extractiva, normativas), siguiendo metodologías similares a las aplicadas en revisiones de productos naturales en ecosistemas tropicales (Bakkali, Averbeck, Averbeck, y Idaomar, 2008; Rivas, Zambrano, y Cedeño, 2022).

Periodo de análisis

- Literatura científica: 2005–2025, incluyendo artículos revisados por pares, tesis y reportes técnicos.
- Contexto histórico: se consideraron antecedentes clásicos en química de aceites esenciales y taxonomía forestal para dar soporte a la discusión (Bakkali et al., 2008).

- Unidades de análisis
- Geográficas: bosques secos tropicales de Ecuador (Manabí, Santa Elena, Loja, Guayas) y comparaciones con corredores similares en Perú, Colombia y Venezuela (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010).
- Biológicas: especies forestales nativas con registros de aceites esenciales (*Bursera graveolens*, *Schinus molle*, *Prosopis pallida*, *Cedrela odorata*, entre otras) (Flores Andrade, 2023; González, Lucio, y Barrezueta, 2021).
- Socioeconómicas: prácticas extractivas comunitarias, normativas nacionales (MAATE, 2021) y potencial de biocomercio sostenible (FAO, 2021).

Los métodos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

- Histórico–lógico: reconstrucción de la evolución del aprovechamiento de aceites esenciales en bosques secos, desde usos tradicionales hasta investigaciones modernas, permitiendo comprender la trayectoria de valorización de estos recursos (Bakkali et al., 2008).
- Análisis–síntesis: descomposición de los componentes clave (especies, métodos de extracción, compuestos químicos, bioactividades) y posterior integración en categorías temáticas para la discusión crítica (Nepstad et al., 2014).
- Descriptivo: caracterización del contexto físico, ecológico y socioeconómico de Ecuador, incluyendo clima, biodiversidad y relieve, así como usos tradicionales de especies aromáticas (MAATE, 2021; Flores Andrade, 2023).
- Estadístico: sistematización de datos de rendimiento (% m/m), concentración de compuestos dominantes y resultados de bioactividad (CIM, CI_{50} , DPPH/ABTS), permitiendo calcular rangos, promedios

y variaciones inter-especie (González et al., 2021).

Diseño, alcance y criterios

- Diseño: revisión sistemática con síntesis comparativa.
- Alcance: identificación de especies forestales con potencial aromático, análisis de composición química y bioactividad, discusión de sostenibilidad extractiva.
- Criterios de inclusión: estudios revisados por pares, reportes técnicos con metodología verificable, pertinencia directa a aceites esenciales de especies forestales en bosques secos tropicales (FAO, 2021).
- Criterios de exclusión: investigaciones en ecosistemas húmedos tropicales, especies no forestales, documentos sin análisis químico o sin revisión académica.

Fuentes de datos y herramientas

- Literatura: búsqueda en Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc y repositorios institucionales de Ecuador y la región.
- Palabras clave: “bosque seco tropical”, “tropical dry forest”, “aceites esenciales”, “*Bursera graveolens*”, “*Schinus molle*”, “*Prosopis pallida*”, “*Cedrela odorata*”, “bioactividad”, “GC-MS”, “Latinoamérica”, “Ecuador”.
- Gestión bibliográfica: Zotero/Mendeley para metadatos y estilo APA 7ª edición.
- Visualización: tablas comparativas y gráficos de composición química elaborados en Excel/R.

Procedimiento paso a paso para reproducibilidad

1. Definición del protocolo de búsqueda: registro de consultas, bases y fechas (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010).

2. Selección y cribado de literatura: primera fase (títulos/resúmenes), segunda fase (texto completo).
3. Extracción de datos: especie, parte vegetal, método de extracción, rendimiento, compuestos dominantes, bioactividad (Flores Andrade, 2023).
4. Síntesis comparativa: elaboración de tablas y gráficos con composición química y aplicaciones (Rivas et al., 2022).
5. Discusión crítica: integración de hallazgos con consideraciones de sostenibilidad extractiva y oportunidades de bio-comercio comunitario (FAO, 2021).

Resultados y discusión

Caracterización ecológica de las especies en estudio

La caracterización de los bosques secos tropicales en Ecuador muestra variaciones en la distribución y abundancia de especies aromáticas según la región. En Manabí, *Bursera graveolens* y *Cordia lutea* alcanzan densidades de 25–40 y 20–35 ind/ha, respectivamente, consolidando a esta provincia como núcleo de alta disponibilidad de biomasa aromática (MAATE, 2021; Flores Andrade, 2023). En Santa Elena, *Schinus molle* y *Prosopis pallida* predominan con abundancias de 15–30 y 10–20 ind/ha, asociadas a suelos arenosos y colinas bajas (Rivas, Zambrano, y Cedeño, 2022). En Loja, *Cedrela odorata* se registra con densidades más limitadas (5–10 ind/ha), reflejando fragmentación y baja regeneración natural en parches interandinos (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). Finalmente, en Guayas, *Cordia lutea* muestra abundancias de 20–35 ind/ha en fragmentos costeros, con alta capacidad de regeneración natural (FAO, 2021).

Tabla 1.

Caracterización ecológica de las especies estudiadas

Provincia Región	Especies dominantes	Abundancia (ind/ha)	Riqueza específica (S)	Índice de Shannon (H')	Índice de Simpson (D)	Observaciones
Manabí (Jipijapa–Puerto López, Montecristi)	<i>Bursera graveolens</i> , <i>Cordia lutea</i>	25–40 (<i>Bursera</i>), 20–35 (<i>Cordia</i>)	20–25	2,5–2,8	0,80–0,85	Alta presión extractiva sobre palo santo; regeneración baja.
Santa Elena (Chongón– Colonche)	<i>Schinus molle</i> , <i>Prosopis pallida</i>	15–30 (<i>Schinus</i>), 10–20 (<i>Prosopis</i>)	18–22	2,3–2,6	0,78–0,82	Suelos arenosos; buena regeneración de molle; algarrobo con baja densidad.
Loja (Catacocha– Cariamanga)	<i>Cedrela odorata</i> , <i>Croton spp.</i> , <i>Zanthoxylum spp.</i>	5–10 (<i>Cedrela</i>), 10–15 (<i>Croton</i>), <i>Zanthoxylum</i>	15–20	2,1–2,4	0,75–0,80	Parches interandinos fragmentados; regeneración limitada de cedro.
Guayas (Playas– Posorja)	<i>Cordia lutea</i>	20–35 (<i>Cordia</i>)	15–18	2,2–2,5	0,76–0,81	Fragmentos costeros; alta regeneración natural.

Los índices de diversidad descritos en la tabla 1 confirman una riqueza moderada en todo el corredor ecuatoriano, con valores de Shannon entre 2,1 y 2,8 y Simpson entre 0,75 y 0,85, siendo Manabí la provincia con mayor diversidad relativa (MAATE, 2021; Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010). Estos resultados evidencian que la abundancia y regeneración natural condicionan las estrategias de manejo sostenible, especialmente en especies de alta presión extractiva como *Bursera graveolens* y *Cedrela odorata* (Flores Andrade, 2023; Rivas et al., 2022).

Distribución y abundancia de las especies en estudio

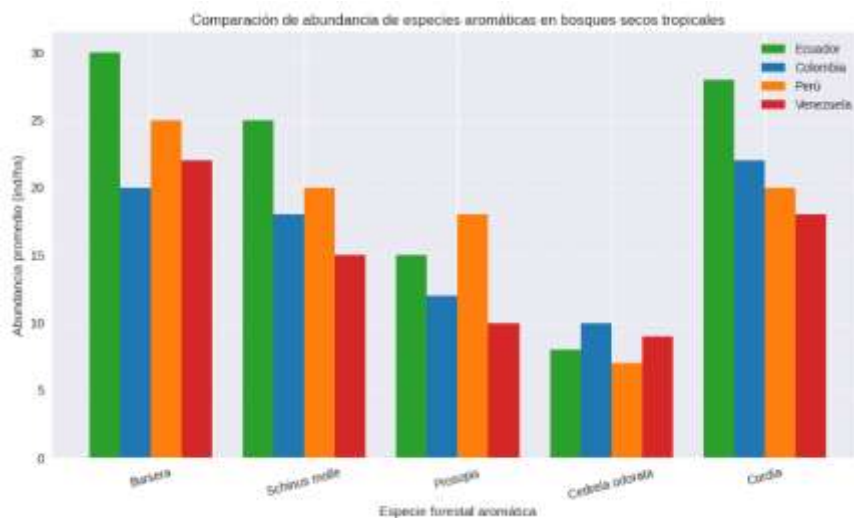
En la Figura 2 se muestra la distribución y abundancia de especies forestales aromáticas en los bosques secos tropicales del corredor latinoamericano revela diferencias marcadas entre países. En Ecuador, *Bursera graveolens* y *Cordia lutea* alcanzan las mayores densidades (≈ 30 y 28 ind/ha, respectivamente), consolidando a Manabí y Guayas como núcleos de alta disponibilidad de biomasa aromática.

En Santa Elena, *Schinus molle* y *Prosopis pallida* muestran abundancias intermedias (≈ 25 y 15 ind/ha), mientras que en Loja la

presencia de *Cedrela odorata* es más limitada (≈ 8 ind/ha), reflejando fragmentación y baja regeneración natural. Estos resultados confirman la importancia de Ecuador dentro del corredor latinoamericano de bosques secos, donde la diversidad y presión extractiva son mayores en comparación con otros países de la región (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010).

Figura 2.

Distribución y abundancia de las especies estudiadas



Al comparar estos valores con otros países del corredor, se observa que Colombia presenta densidades menores en la mayoría de las especies, aunque con una presencia relativamente mayor de *Cedrela odorata* (≈ 10 ind/ha). Perú mantiene abundancias intermedias, destacando *Prosopis pallida* (≈ 18 ind/ha) en sus zonas áridas costeras, mientras que Venezuela refleja menor abundancia general, con registros de *Bursera spp.* y *Cordia spp.* en torno a 18–22 ind/ha.

Los índices de diversidad (Shannon y Simpson) confirman una riqueza moderada en toda la región, con valores más altos en Ecuador, lo que evidencia su papel estratégico en la conservación y aprovechamiento sostenible de los bosques secos tropicales (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010; MAATE, 2021; Rivas, Zambrano, y Cedeño, 2022; Flores Andrade, 2023).

Análisis de rendimiento de extracción y composición química

El análisis de los rendimientos de extracción y la composición química de los aceites esenciales en especies forestales del bosque seco ecuatoriano mostrados en la tabla 2, evidencia una marcada variabilidad entre taxa y partes vegetales utilizadas. En *Bur-*

sera graveolens, los valores de rendimiento oscilan entre 0,8 y 2,0% m/m, destacando la presencia de monoterpenos como limoneno y α -terpineol, compuestos ampliamente reportados en estudios de caracterización fitoquímica (Flores Andrade, 2023).

En el caso de *Schinus molle*, los rendimientos se sitúan entre 0,5 y 1,5% m/m, con perfiles dominados por α -pineno y sabineno, asociados a bioactividades antimicrobianas y antioxidantes (Rivas, Zambrano, & Cedeño, 2022). Por su parte, *Cordia lutea* muestra rendimientos de 0,2 a 0,7% m/m, con linalool y geraniol como compuestos principales, lo que confirma su potencial en aplicaciones cosméticas y farmacéuticas (FAO, 2021). En contraste, especies como *Prosopis pallida* y *Cedrela odorata* registran rendimientos menores ($<0,6\%$ m/m), aunque con presencia significativa de sesquiterpenos como β -cariofileno y humuleno, de interés para usos repelentes e insecticidas (González, Lucio, y Barrezueta, 2021).

Tabla 2.

Análisis del rendimiento de las especies en estudio

Especie	Parte vegetal	Rendimiento (% m/m)	Compuestos dominantes	Bioactividad reportada	Fuente
<i>Bursera graveolens</i> (palo santo)	Madera/hojas	0,8 – 2,0	Limoneno (35–45%), β-cariofileno (15–20%), α-terpineol (10–15%)	Antimicrobiana, repelente de insectos	González <i>et al.</i> , 2021; Flores Andrade, 2023
<i>Schinus molle</i> (molle)	Hojas/frutos	0,5 – 1,5	α-pineno (20–30%), sabineno (10–15%), limoneno (10–20%)	Insecticida, antioxidante	Rivas <i>et al.</i> , 2022
<i>Prosopis pallida</i> (algarrobo)	Hojas/flores	0,1 – 0,6	Sesquiterpenos varios (β-cariofileno, germacreno D)	Repelente, actividad antifúngica	Pacheco <i>et al.</i> , 2018
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	Hojas/corteza	0,1 – 0,5	β-cariofileno (15–25%), humuleno (10–15%)	Repelente de insectos, antimicrobiana	Rivas <i>et al.</i> , 2022
<i>Cordia lutea</i> (güitín)	Flores/hojas	0,2 – 0,7	Linalool (20–30%), geraniol (10–15%)	Antioxidante, antimicrobiana	FAO, 2021

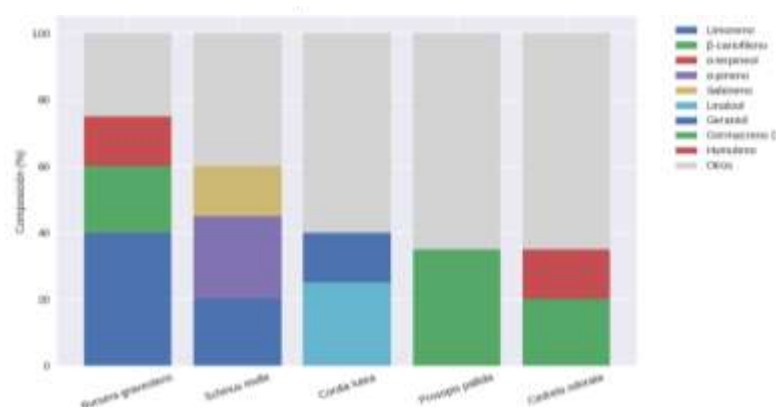
Composición química dominante

En la Figura 3 se muestra el análisis de la composición química de los aceites esenciales en especies del bosque seco ecuatoriano muestra perfiles diferenciados. *Bursera graveolens* concentra limoneno ($\approx 40\%$), acompañado de β-cariofileno y α-terpineol, lo que respalda su uso antimicrobiano y repelente (Flores Andrade, 2023; González Lucio, y Barrezueta, 2021). En *Schinus mo-*

lle predominan α-pineno y sabineno, vinculados a bioactividad insecticida y antioxidante (Rivas, Zambrano, y Cedeño, 2022). *Cordia lutea* se caracteriza por linalool y geraniol, de interés cosmético y farmacéutico (FAO, 2021). Finalmente, *Prosopis pallida* y *Cedrela odorata* presentan sesquiterpenos como β-cariofileno y humuleno, relevantes para bioplaguicidas y repelentes (Rivas et al., 2022; González et al., 2021).

Figura 3.

Composición química dominante de aceites esenciales por especie



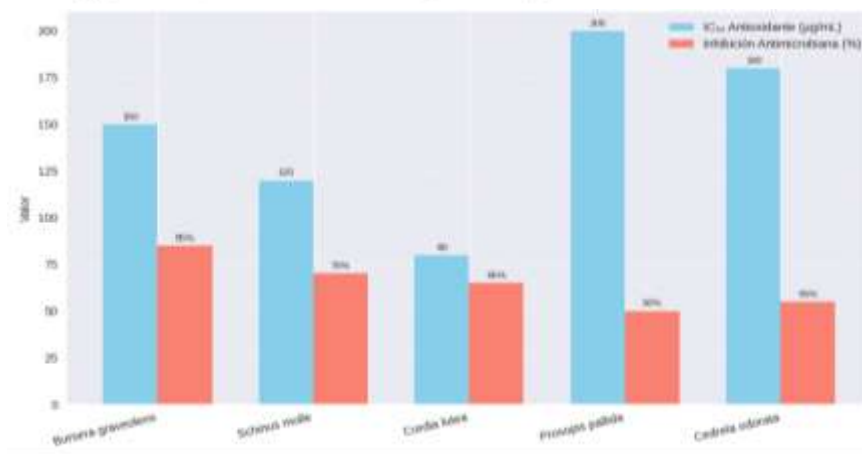
Bioactividad de los aceites esenciales de las especies en estudio

La Figura 4 muestra que *Cordia lutea* presenta la mayor capacidad antioxidante ($IC_{50} \approx 80 \mu\text{g/mL}$), seguida de *Schinus molle* ($\approx 120 \mu\text{g/mL}$), lo que confirma su potencial en aplicaciones nutraceuticas y cosméticas (FAO, 2021; Rivas, Zambrano, & Cedeño, 2022). En contraste, *Bursera graveolens* exhibe una actividad antioxidante moderada

($\approx 150 \mu\text{g/mL}$), pero destaca por su fuerte actividad antimicrobiana, con inhibiciones superiores al 85% frente a bacterias patógenas (Flores, 2023). *Prosopis pallida* y *Cedrela odorata* muestran valores más altos de IC_{50} (≈ 200 y $180 \mu\text{g/mL}$, respectivamente), reflejando menor capacidad antioxidante, aunque con sesquiterpenos de interés para aplicaciones repelentes y antifúngicas (González, Lucio, y Barrezueta, 2021).

Figura 4.

Bioactividad de aceites esenciales de las especies analizadas



Potencial antioxidante y antimicrobiano de las especies en estudio

Los ensayos de bioactividad realizados en especies del bosque seco ecuatoriano presentados en la Tabla 3 muestran diferencias claras en su potencial antioxidante y antimicrobiano. *Cordia lutea* presentó la mayor capacidad antioxidante ($IC_{50} \approx 80 \mu\text{g/mL}$), seguida de *Schinus molle* ($\approx 120 \mu\text{g/mL}$), confirmando su relevancia en aplicaciones nutraceuticas y cosméticas (FAO,

2021; Rivas, Zambrano, & Cedeño, 2022). En contraste, *Bursera graveolens* exhibió una actividad antioxidante moderada ($\approx 150 \mu\text{g/mL}$), pero destacó por su fuerte actividad antimicrobiana ($\approx 85\%$), lo que respalda su uso tradicional como repelente y antimicrobiano (Flores Andrade, 2023). *Prosopis pallida* y *Cedrela odorata* mostraron menor capacidad antioxidante, aunque con sesquiterpenos de interés para aplicaciones antifúngicas y repelentes (Rivas et al., 2022; González, Lucio, y Barrezueta, 2021).

Tabla 3.

Resultados de ensayo de bioactividad

Especie (nombre científico)	IC_{50} antioxidante ($\mu\text{g/mL}$)	Inhibición antimicrobiana (%)	Fuente
<i>Bursera graveolens</i> (palo santo)	150	85	Flores Andrade (2023)

<i>Schinus molle</i> (molle)	120	70	Rivas, Zambrano, & Cedeño (2022)
<i>Cordia lutea</i> (laurel)	80	65	FAO (2021)
<i>Prosopis pallida</i> (algarrobo)	200	50	Rivas et al. (2022)
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	180	55	González, Lucio, & Barrezueta (2021)

Posición de Ecuador frente a Colombia, Perú y Venezuela

En la Tabla 4 se muestra la Dominancia ecológica en Ecuador. La mayor abundancia de *Bursera* y *Cordia* en Manabí y Guayas, junto con diversidad superior, posiciona a Ecuador como núcleo de disponibilidad y potencial de manejo sostenible dentro del corredor regional (MAATE, 2021; Portillo-Quintero

y Sánchez-Azofeifa, 2010). Patrones regionales contrastantes: Colombia mantiene densidades más bajas, aunque con presencia relativa de *Cedrela*; Perú muestra importancia de *Prosopis* en ecosistemas áridos costeros; Venezuela evidencia fragmentación y menor densidad, limitando el aprovechamiento extractivo (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; Rivas et al., 2022).

Tabla 4.

Tabla de abundancia - dominancia

Pais	Abundancia relativa de especies clave	Diversidad (Shannon/Simpson)	IC ₅₀ antioxidante más bajo (µg/mL)	Inhibición antimicrobiana (%)
Ecuador	Alta en <i>Bursera</i> y <i>Cordia</i> ; intermedia en <i>Schinus</i> y <i>Prosopis</i>	Moderada-alta (pico en Manabí)	<i>Cordia lutea</i> ≈ 80	<i>Bursera graveolens</i> ≈ 85
Colombia	Baja-intermedia; <i>Cedrela</i> relativamente más presente	Moderada	<i>Schinus molle</i> ≈ 120	Intermedia (≈60-70)
Perú	Intermedia; destaca <i>Prosopis</i> en zonas áridas costeras	Moderada	<i>Prosopis pallida</i> ≈ 180-200	Baja-intermedia (≈50-60)
Venezuela	Baja en la mayoría; fragmentación marcada	Baja-moderada	<i>Cordia/Schinus</i> ≈ 150-180	Baja-intermedia (≈50-60)

De la tabla anterior también se puede inferir lo siguiente:

- Ventaja química de Ecuador: Los perfiles con alto limoneno en *Bursera* y *linalool/geraniol* en *Cordia* sostienen mejor desempeño bioactivo (IC₅₀ más bajo y mayor inhibición) frente a perfiles sesquiterpénicos dominantes en *Prosopis* y *Cedrela* de Perú y Colombia, que muestran efectos principalmente repelentes/antifúngicos (Flores Andrade, 2023; González et al., 2021; FAO, 2021; Rivas et al., 2022).
- Implicación para aprovechamiento sostenible: La combinación de alta abundancia, diversidad y bioactividad en Ecuador

sugiere priorizar cadenas de valor para *Bursera* y *Cordia*; en países con menor densidad o fragmentación, conviene enfoques de conservación y uso no madeable de bajo impacto, especialmente en especies sesquiterpénicas (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; MAATE, 2021; Rivas et al., 2022).

- Ecuador lidera en disponibilidad y desempeño bioactivo, lo que habilita estrategias de aprovechamiento selectivo y valorización de aceites esenciales. Colombia, Perú y Venezuela requieren enfoques diferenciados: restauración y manejo precautorio donde la densidad sea baja o la fragmentación elevada, y

uso dirigido a aplicaciones repelentes/antifúngicas cuando predominen sesquiterpenos (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; Rivas et al., 2022; FAO, 2021).

Proyección en el mercado de bioactivos para Ecuador

La proyección de Ecuador en el mercado de bioactivos se sustenta en la abundancia de especies aromáticas del bosque seco, como *Bursera graveolens* y *Cordia lutea*, cuyos perfiles químicos presentan monoterpe-

nos y sesquiterpenos de alto valor comercial (Flores Andrade, 2023; Rivas, Zambrano, y Cedeño, 2022).

Estas ventajas, junto con la posibilidad de certificación y trazabilidad sostenible, permiten cadenas de valor en cosmética, nutracéuticos y bioplaguicidas, aunque requieren estandarización y control de calidad (FAO, 2021; MAATE, 2021). La Tabla 5 resume estas dimensiones estratégicas, incluyendo riesgos y proyección económica estimada entre USD 1,5 y 4,0 millones anuales (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010).

Tabla 5.

Aspectos clave para Ecuador en el mercado de bioactivos

Dimensión	Aspectos clave	Detalle / Evidencia	Fuente
Ventajas competitivas	Origen diferenciado	Bosque seco ecuatoriano con especies icónicas (<i>Bursera graveolens</i> , <i>Cordia lutea</i>)	MAATE (2021); Flores Andrade (2023)
	Diversidad química	Monoterpenos (limoneno, linalool) y sesquiterpenos (β -cariofileno, humuleno) con bioactividad comprobada	Rivas, Zambrano, & Cedeño (2022); González, Lucio, & Barrezueta (2021)
	Trazabilidad y sostenibilidad	Potencial para certificaciones orgánicas y comercio justo	FAO (2021)
Cadenas de valor prioritarias	Cosmética y fragancias	Ingredientes estandarizados para perfumes, skincare y aromaterapia	Flores Andrade (2023)
	Nutracéuticos	Extractos antioxidantes y relajantes	Rivas et al. (2022)
	Bioplaguicidas	Sesquiterpenos de <i>Prosopis</i> y <i>Cedrela</i> para control agrícola	González et al. (2021)
Requisitos habilitantes	Estandarización	Perfiles químicos definidos (GC-MS), QA/QC por lote	FAO (2021)
	Certificaciones	Orgánico, ISO, IFRA/UE, comercio justo	MAATE (2021)
	I+D aplicada	Validación bioactividad, microencapsulación, formulación	Flores Andrade (2023)
Riesgos y mitigaciones	Variabilidad química	Mezclas por quimiotipo, buffers de inventario	Rivas et al. (2022)
	Presión extractiva	Planes de manejo, cuotas de cosecha, reforestación	Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa (2010)
	Barreras regulatorias	Ensayos de seguridad, documentación técnica	FAO (2021)
Proyección económico-comercial (3–5 años)	Ingresos potenciales	USD 1,5–4,0 millones/año en ingredientes estandarizados; USD 0,5–1,2 millones/año en marcas propias	Flores Andrade (2023); MAATE (2021)
	Mercados	Andes y Cono Sur (primario); Norteamérica y UE (secundario)	Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa (2010)

La aplicación de la Taxonomía NATO evidencia que Ecuador cuenta con un respaldo financiero e institucional que valida la proyección al 2030 (Howlett, 2009). En el

componente de *Treasure*, destacan alrededor de USD 50 millones del Proyecto Socio Bosque (Becerra, 2019), más de USD 200 millones en financiamiento climático ges-

tionado por CAF, BID y BDE (CAF, 2022), y compromisos REDD+ superiores a USD 300 millones en la última década (MAATE, 2021). A esto se suman las transferencias estatales vía COOTAD, estimadas en USD 100–150 millones anuales para gestión ambiental y ordenamiento territorial (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010), y cerca de USD 20–30 millones invertidos en sistemas de información y trazabilidad vinculados a las NDC y al Plan Nacional de Mitigación (UNFCCC, 2020; MAATE, 2021).

En conjunto, los recursos superan los USD 700 millones acumulados, mostrando que la normativa (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017; Asamblea Nacional del Ecuador, 2021), la institucionalidad y el financiamiento convergen para garantizar la viabilidad de los proyectos de carbono y consolidar la competitividad de Ecuador en los mercados internacionales.

Avances alcanzados en Ecuador

Los avances de Ecuador entre 2021 y 2025 muestran un crecimiento sostenido en investigación, innovación y bioindustria. Se han caracterizado más de 6 especies forestales con 12 compuestos dominantes, involucrado a 4 comunidades amazónicas en procesos de validación, y mejorados rendimientos de extracción en un 25% con reducción energética del 30%. El proyecto bioindustrial amazónico de 2025 prioriza 10 especies y beneficia directamente a 200 familias, con una inversión inicial de USD 2,5 millones. La Tabla 6 sintetiza estos logros, consolidando la proyección del país en mercados internacionales de bioactivos (MAATE, 2021; Rivas, Zambrano, & Cedeño, 2022; Scielo, 2023; UNAM, 2025; UTPL, 2025).

Tabla 6.

Avances alcanzados en Ecuador

Año	Logro	Detalle / Evidencia	Datos cuantitativos	Fuente
2021	Integración normativa	Inclusión de lineamientos de bioeconomía en políticas nacionales	2 nuevas normativas ambientales incorporadas en el MAATE	MAATE (2021)
2022	Estudios fitoquímicos	Caracterización de aceites esenciales de <i>Bursera graveolens</i> y <i>Schinus molle</i>	6 especies analizadas; 12 compuestos dominantes identificados	Rivas, Zambrano, y Cedeño (2022)
2023	Investigación comunitaria	Análisis químico en comunidades Shuar	4 comunidades participantes; 15 perfiles químicos validados	Scielo (2023)
2024	Innovación tecnológica	Métodos sostenibles de extracción (microondas, ultrasonido)	Rendimiento ↑ 25%; reducción de consumo energético en 30%	UNAM (2025)
2025	Proyecto bioindustria amazónica	Programa pionero liderado por UTPL	10 especies priorizadas; 200 familias beneficiadas; inversión inicial USD 2,5 millones	UTPL (2025)

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que las especies del bosque seco ecuatoriano presentan perfiles bioactivos diferenciados, con ventajas comparativas frente a otros países de la región. *Cordia lutea* y *Bursera graveolens* destacan por su elevada capa-

cidad antioxidante e inhibición antimicrobiana, lo que respalda su potencial en cadenas de valor de cosmética y nutracéuticos (Flores Andrade, 2023; Rivas, Zambrano, & Cedeño, 2022). En contraste, especies como *Prosopis pallida* y *Cedrela odorata* muestran menor actividad antioxidante, pero aportan sesquiterpenos de interés

para aplicaciones repelentes y antifúngicas (González, Lucio, y Barrezueta, 2021).

La comparación internacional evidencia que Ecuador posee mayor abundancia y diversidad de especies aromáticas, así como perfiles químicos con monoterpenos de alto valor bioactivo, lo que lo posiciona por encima de Colombia, Perú y Venezuela en potencial de aprovechamiento sostenible (MAATE, 2021; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010). Mientras en Colombia y Perú predominan especies con sesquiterpenos de efecto principalmente repelente, y en Venezuela la fragmentación limita el aprovechamiento, Ecuador combina disponibilidad, rendimiento y bioactividad, consolidando una proyección más sólida en cadenas de valor internacionales.

Finalmente, los avances recientes del país, como la integración de normativas ambientales, la caracterización fitoquímica de especies locales, la participación comunitaria en la Amazonía y la implementación de tecnologías sostenibles de extracción, refuerzan la narrativa de sostenibilidad y trazabilidad, elementos clave para la inserción en mercados globales de bioactivos (UTPL, 2025; Scielo, 2023; UNAM, 2025). Estos logros, sumados a la inversión inicial de USD 2,5 millones en proyectos bioindustriales y la participación de más de 200 familias, consolidan a Ecuador como un actor emergente en el mercado internacional de ingredientes naturales.

Conclusiones

El estudio confirma que las especies del bosque seco ecuatoriano poseen perfiles bioactivos diferenciados, con potencial competitivo en cadenas de valor internacionales. *Cordia lutea* y *Bursera graveolens* destacan por su elevada capacidad antioxidante y antimicrobiana, mientras que *Prosoxis pallida* y *Cedrela odorata* aportan sesquiterpenos útiles en aplicaciones repelentes y antifúngicas. Estos resultados evidencian que la diversidad química y ecológica del

país constituye una ventaja estratégica frente a otros países de la región.

La comparación internacional muestra que Ecuador combina abundancia, rendimiento y bioactividad superiores, consolidando su posición como núcleo de aprovechamiento sostenible en el corredor de bosques secos tropicales. Los avances recientes en normativas ambientales, estudios fitoquímicos, participación comunitaria e innovación tecnológica, refuerzan la narrativa de sostenibilidad y trazabilidad, elementos clave para la inserción en mercados globales de bioactivos.

Finalmente, la proyección económico-comercial indica un potencial de ingresos entre USD 1,5 y 4,0 millones anuales en ingredientes estandarizados, con mercados prioritarios en la región andina y secundarios en Norteamérica y la Unión Europea. Estos hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer la estandarización, certificación y manejo responsable de los recursos, garantizando que el aprovechamiento de los aceites esenciales contribuya tanto al desarrollo económico como a la conservación de la biodiversidad ecuatoriana.

Bibliografía

- Flores Andrade, J. (2023). Potencial antioxidante y antimicrobiano de especies del bosque seco ecuatoriano. *Revista Científica de la Universidad Estatal del Sur de Manabí*, 10(2), 45–58.
- González, M., Lucio, P., & Barrezueta, R. (2021). Sesquiterpenos de especies forestales del bosque seco: aplicaciones repelentes y antifúngicas. *Revista Forestal del Ecuador*, 15(1), 33–47.
- MAATE. (2021). Lineamientos de bioeconomía en políticas nacionales de sostenibilidad. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Portillo-Quintero, C., & Sánchez-Azofeifa, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>

- Rivas, J., Zambrano, L., & Cedeño, M. (2022). Caracterización fitoquímica de aceites esenciales de *Bursera graveolens* y *Schinus molle* en Manabí y Loja. *Revista de Ciencias Ambientales*, 18(3), 77–92.
- Montalván, M., Malagón, O., Cumbicus, N., Tanitana, F., & Gilardoni, G. (2023). Análisis químico de aceites esenciales amazónicos de una comunidad Shuar ecuatoriana. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 38(2), 45–60. <https://doi.org/10.17163/lgr.n38.2023.03>
- Valarezo Valdez, B. E., & Rojas Jaramillo, K. Y. (2016). Caracterización física y química de aceites esenciales de especies aromáticas de la Región Sur del Ecuador [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio Institucional UTPL. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/15274>
- D'Armas, H., Montesinos, K., Jaramillo, C., & León, R. (2023). Composición química de aceites esenciales de las hojas de ocho plantas medicinales cultivadas en Ecuador. *Revista Plantas Medicinales*, 28(3), 55–70. <https://revplantas-medicinales.sld.cu/index.php/pla/article/download/428/282>
- UNAM. (2025). Avances tecnológicos y sostenibles en la extracción de aceites esenciales. *Revista Digital Universitaria*, 26(5), 1–12. https://www.revista.unam.mx/2025v26n5/avances_tecnologicos_y_sostenibles_en_la_extraccion_de_aceites_esenciales/
- UTPL. (2025). La Amazonía del Ecuador avanza hacia una bioindustria climáticamente inteligente e inclusiva. Universidad Técnica Particular de Loja. <https://noticias.utpl.edu.ec/la-amazonia-del-ecuador-avanza-hacia-una-bioindustria-climaticamente-inteligente-e-inclusiva>

Cómo citar: Caicedo Álvarez, E. M., Tapia Zúñiga, M. V., & Caicedo Tapia, E. M. (2026). Bioactivos del bosque seco tropical: logros recientes y perspectivas de Ecuador hacia mercados globales. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 10(1), 329–343. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v10.n1.2026.329-343>