

Visibilizando la literatura gris: Un análisis de los trabajos de grado en Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima

Making grey literature visible: An analysis of undergraduate theses in forestry engineering at the University of Tolima

Mauricio Alejandro Perea-Ardila ¹  • Julian Leal-Villamil ² 

Recibido: 14/4/2026

Aceptado: 15/5/2026

Abstract

Formative research in forest sciences at the University of Tolima (Colombia) generates key knowledge for environmental management; however, its classification as gray literature has constrained its visibility and influence within both global academic debates and institutional planning processes. This study analyzed the scholarly output of the Forest Engineering program (2000–2025) through a bibliometric approach applied to undergraduate theses, aiming to provide inputs for institutional strategic planning. A census design was employed, encompassing 147 completed works available in the institutional repository. The methodological framework integrated descriptive statistics, semantic co-occurrence and collaboration network analyses using VOSviewer, as well as spatial cartography to assess the geographic distribution of research. The results reveal production peaks in 2004 and 2015–2016, with a marked predominance of forest ecology and silviculture (68 theses), contrasted by a limited development in geotechnologies. In terms of authorship, women led individual production (31.3%); however, disparities persist in academic supervision, where five researchers account for 36% of the theses and only one woman appears among the most prominent supervisors. Additionally, 66.7% of the works received a meritorious distinction. Spatially, a strong concentration of studies in Tolima is observed, alongside notable gaps in strategic regions such as the Amazon and the Chocó biogeographic region. In conclusion, the program demonstrates a solid foundation in traditional forest science disciplines, yet faces challenges related to thematic and geographic diversification, the democratization of academic networks, and the adoption of contemporary methodological approaches.

Keywords: Bibliometrics, Colombia, higher education, collaboration networks.

1. Universidad Federal de Ceará, Programa de postgrado en Geografía, Fortaleza, Brasil, mauricio.perea@alu.ufc.br

2. Universidad del Tolima, Instituto de Educación a Distancia (IDEAD), Ibagué, Colombia, jlealv@ut.edu.co

Resumen

La investigación formativa en las ciencias forestales de la Universidad del Tolima (Colombia) genera conocimiento clave para la gestión ambiental; no obstante, su clasificación como literatura gris ha limitado su visibilidad e incidencia en el debate académico y la planificación institucional. Este estudio analiza la producción del programa de Ingeniería Forestal (2000–2025) mediante un enfoque bibliométrico aplicado a trabajos de grado, con el propósito de aportar insumos para la planeación estratégica. Se empleó un diseño censal que incluyó 147 trabajos finalizados y disponibles en el repositorio institucional. La metodología integró estadística descriptiva, análisis de redes de coocurrencia semántica y colaboración usando VOSviewer, así como cartografía para evaluar la distribución geográfica de la investigación. Los resultados muestran picos de producción en 2004 y 2015–2016, con predominio de la ecología forestal y la silvicultura (68 trabajos), frente a un desarrollo limitado en geotecnologías. En autoría, las mujeres lideraron la producción individual (31,3 %), aunque persisten desigualdades en la dirección académica, donde cinco investigadores concentran el 36 % de las tesis y solo una mujer figura entre los principales directores. Además, el 66,7 % de los trabajos obtuvo una calificación meritoria. Espacialmente, se evidenció una alta concentración de estudios en el Tolima, con vacíos en regiones estratégicas como la Amazonía y el Chocó biogeográfico. En conclusión, el programa presenta una sólida base en disciplinas tradicionales, pero enfrenta desafíos en diversificación temática y geográfica, así como en la democratización de sus redes académicas y la adopción de enfoques contemporáneos.

Palabras clave: Bibliometría, Colombia, educación superior, redes de colaboración.

Introducción

En el actual escenario de crisis climática y pérdida de biodiversidad, los ecosistemas forestales y su gestión sostenible se han posicionado como pilares de agendas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 13 y 15) [1]. Frente a las crecientes presiones antrópicas de degradación y deforestación sobre los biomas terrestres, la educación superior asume un rol protagónico en la formación de profesionales capaces de traducir la teoría ecológica en prácticas efectivas de manejo y planificación territorial. En países megadiversos como Colombia, que cuenta con una superficie forestal del 52 % bajo constantes presiones estructurales, la investigación generada desde las facultades de ingeniería forestal constituye un indicador

clave de la capacidad del país para responder a sus crisis ambientales y territoriales [2].

En el ámbito regional, la Universidad del Tolima y su Facultad de Ingeniería Forestal (creada en 1961) han desempeñado un papel fundamental en la generación de este conocimiento aplicado en la región [3]. A lo largo de su trayectoria, gran parte de esta producción científica se ha materializado a través de los trabajos de grado. Aunque estos documentos concentran datos primarios, estudios de campo y soluciones técnicas a problemáticas locales específicas, su categorización como "literatura gris" y su limitada visibilidad en bases de datos internacionales restringen severamente su integración en los debates académicos globales [4].

Para comprender la trayectoria de un programa académico, es necesario aplicar herramientas cuantitativas que permitan mapear su producción científica. La bibliometría, definida por [5] como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a libros y otros medios de comunicación, proporciona el marco metodológico para este análisis. A través de indicadores de actividad (recuento de publicaciones), impacto (citaciones) y colaboración (coautorías), la bibliometría permite identificar el estado del arte y las fronteras de investigación en una disciplina específica. La aplicación de estos enfoques en las ciencias forestales ha permitido evidenciar una transición temática, en la cual áreas tradicionales como la silvicultura y la dendrología han ido cediendo protagonismo frente a campos emergentes como las geotecnologías, el modelamiento de carbono y la biotecnología forestal [6].

A pesar de las más de seis décadas de trayectoria de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima en Colombia, la sistematización cuantitativa de su producción académica reciente no ha sido abordada de manera integral, lo que limita la comprensión de sus dinámicas investigativas, evolución temática y alcance territorial. Así, analizar esta producción científica no solo permite valorar la investigación formativa, sino también dimensionar su contribución efectiva al desarrollo del conocimiento forestal en Colombia.

En este sentido, el objetivo de este estudio es analizar la investigación del programa de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima (2000-2025), a través de un análisis bibliométrico de sus trabajos de grado. Específicamente, se busca (1) cuantificar la productividad anual e identificar los ciclos de crecimiento y ralentización de la producción académica, (2) categorizar las temáticas de investigación predominantes y su evolución temporal, (3) analizar la composición de género de los autores y las redes de tutoría (directores de tesis), (4) examinar el rendimiento académico y (5) identificar las localizaciones geográficas preferentes

de los estudios de caso, evaluando el impacto territorial de la universidad. A través de este ejercicio, se pretende no solo rendir cuentas sobre la actividad investigativa de la facultad, sino también proporcionar una herramienta de planeación estratégica para futuros desarrollos curriculares y el fortalecimiento de las líneas de investigación que garanticen la relevancia de la ingeniería forestal frente a los desafíos ambientales del siglo XXI.

Material y métodos

Extracción y depuración de información

El diseño metodológico se estructuró en cinco fases secuenciales (Figura 1), iniciando con la definición de la población bajo un enfoque censal. Este esquema permite visualizar la transición desde la depuración manual en bases de datos relacionales hasta la aplicación de herramientas de análisis como VOSviewer para redes semánticas y ArcGIS 10.8 para la representación espacial.

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de los trabajos de grado del programa de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima en el periodo 2000-2025. Se adoptó un enfoque censal con el propósito de incluir la totalidad de los documentos correspondientes al periodo de análisis.

Los criterios de inclusión fueron: (1) trabajos de grado oficialmente aprobados (es decir, sustentados, avalados por un comité evaluador y con nota definitiva) y disponibles en el catálogo o repositorio institucional; (2) disponibilidad de información básica completa sobre autoría, dirección, resumen y palabras clave, así como la sección metodológica; y (3) pertinencia temática predominantemente forestal de acuerdo con la clasificación curricular del programa. Para el análisis de las redes de tutoría, las variables consideradas incluyeron los nombres completos de autores y directores o codirectores. En este último grupo se consideró a toda figura con un rol formal de dirección académica, abarcando tanto a docentes internos de la institución (de planta o catedráticos) como a investigadores o profesionales externos vinculados a los proyectos.

Se construyó una base de datos en Microsoft Excel para el registro y sistematización de la información extraída de los trabajos de grado. Las variables consideradas incluyeron: año de finalización, nombres completos de autores y directores o codirectores, palabras clave, localización del sitio de estudio (según la sección metodológica), calificación final cuando estuvo disponible y modalidad del trabajo (individual o en equipo). El proceso de depuración contempló la normalización de nombres propios (eliminación de prefijos y estandarización de apellidos compuestos), la identificación y codificación de valores faltantes, así

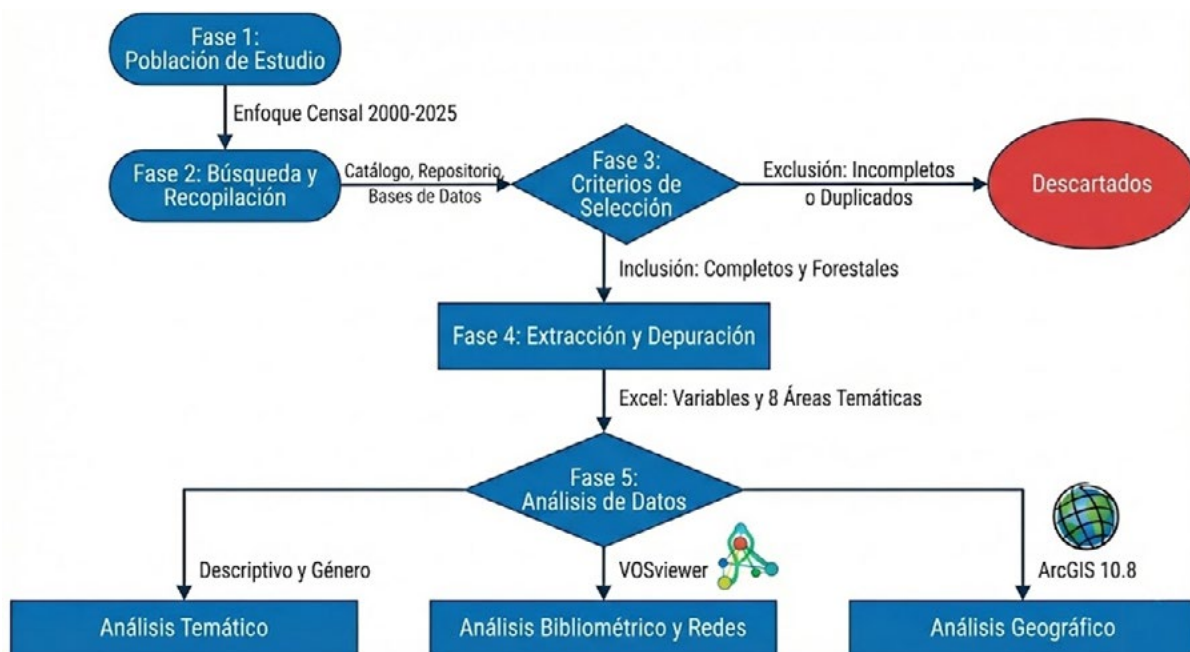


Figura 1. Fases del diseño metodológico.

Figure 1. Phases of the methodological design.

Cuadro 1. Áreas temáticas propuestas para la clasificación de los trabajos de grado**Table 1.** Proposed subject areas for classifying theses

Áreas temáticas	Descripción en relación con las tesis
Ecología forestal y biodiversidad	Se centra en la caracterización de la diversidad biológica en bosques tropicales, el estudio de servicios ecosistémicos y la dinámica de ecosistemas estratégicos.
Silvicultura y manejo de bosques	Los estudios se orientan a la dinámica de regeneración natural de especies nativas, el crecimiento arbóreo, la evaluación de la productividad y el manejo de bosques.
Productos forestales e industria	Enfocada en la anatomía y tecnología de la madera. Investiga las propiedades físico-mecánicas de maderas comerciales, procesos industriales, energía biomásica y el desarrollo de productos derivados como adhesivos.
Cambio climático y bosques	Las tesis en esta área se especializan en la cuantificación de biomasa, almacenamiento de carbono, mitigación del cambio climático y servicios ambientales.
Planificación y desarrollo territorial	Aborda la gestión sostenible del territorio y el uso del suelo.
Protección forestal	Se vincula a temas de sanidad forestal; control ambiental y la gestión integral del fuego.
Geomática y geotecnologías forestales	Se enfoca en el uso de herramientas espaciales y de análisis geoespacial.
Manejo de cuencas e hidrología forestal	Investiga la relación entre el bosque y el ciclo hidrológico, incluyendo la calidad del agua y la erosión de suelos.

como la estandarización de topónimos para garantizar consistencia en el análisis geográfico posterior. Los registros sin información reportada en alguna variable fueron codificados como “no disponible” para mantener la trazabilidad de los datos. Para el tratamiento de la variable correspondiente al rendimiento académico, las calificaciones cuantitativas finales recopiladas fueron categorizadas conforme a los rangos de equivalencia institucional de la Universidad del Tolima, Aprobado (3,0 a 3,9), Sobresaliente (4,0 a 4,4), Meritorio (4,5 a 4,9) y Laureado (5,0).

Asimismo, se aplicó un sistema de codificación temática manual de carácter deductivo, basado en ocho áreas de las ciencias forestales previamente definidas, con el fin de clasificar la orientación principal de cada trabajo de grado como se muestra en el Cuadro 1. Estas ciencias son entendidas como un conjunto de disciplinas científicas que investigan los fundamentos biológicos, ecológicos, cuantitativos y de gestión del bosque y sus recursos, con el propósito de generar conocimiento para su uso y conservación sostenible en contextos ecológicos, económicos y sociales [7].

Este procedimiento metodológico establecido en esta investigación se alinea con las recomendaciones para la inclusión sistemática de literatura gris en estudios bibliométricos, garantizando transparencia en la selección y trazabilidad de la información [8].

Análisis temático

Se realizó un análisis descriptivo de la evolución temporal de los trabajos de grado durante el periodo de estudio, incluyendo el cálculo de frecuencias anuales y acumuladas con el fin de identificar tendencias generales de crecimiento o estabilización en la producción académica. Se clasificaron los trabajos según el género de la autoría principal (femenino o masculino) para estimar su participación relativa en cada una de las áreas temáticas definidas, los trabajos realizados por más de una persona se analizaron a partir de la combinación de géneros de los autores (mixtos). Asimismo, se identificaron los diez directores con mayor número de trabajos dirigidos, analizando su distribución por categorías temáticas para examinar patrones de concentración académica y especialización disciplinar. Finalmente, se evaluó la evolución temporal de las áreas temáticas mediante el análisis comparativo de frecuencias por año, con el propósito de identificar cambios en la orientación investigativa y posibles procesos de consolidación o emergencia de nuevas líneas de investigación.

Posteriormente, se analizó la coocurrencia de palabras clave mediante el software VOSviewer [9]. El análisis se realizó utilizando archivos de texto delimitados por tabulaciones, seleccionando "Co-occurrence" como tipo de análisis y "All keywords" como unidad de análisis. Se aplicó el método de conteo completo (Full counting),

donde cada aparición de un término en un trabajo de grado se contabiliza por igual. Para la normalización de la red, se utilizó el índice de fuerza de asociación (Association strength).

En la fase de visualización y generación de clústeres, se establecieron parámetros específicos para optimizar la estructura de la red: una resolución de 1.0, una atracción de 2 y una repulsión de 0, lo que permitió una distribución equilibrada de los nodos. Para las redes de colaboración académica, se definieron un mínimo de dos enlaces por nodo y un umbral de ocurrencia de tres trabajos dirigidos, asegurando la visualización de los núcleos de investigación más consolidados del programa.

Análisis de la distribución geográfica

Las descripciones de los sitios de estudio fueron extraídas textualmente del apartado metodológico de cada trabajo de grado analizado. Posteriormente, se realizó la estandarización de topónimos para corregir inconsistencias nominales y evitar duplicidades. La información geográfica fue sistematizada por departamento y representada mediante mapas de símbolos proporcionales elaborados en ArcGIS 10.8 [10]. Este procedimiento permitió visualizar la distribución espacial de la producción académica y examinar patrones de distribución espacial.

Resultados

Dinámica temporal de la producción académica

Se identificaron 147 trabajos de grado correspondientes al periodo 2000–2025, cuya distribución temporal se presenta en la Figura 2. La producción anual evidenció dos picos claramente definidos, el primero en 2004, con 17 trabajos y un segundo repunte entre 2015 y 2016, con valores superiores a 10 trabajos por año. Entre 2010 y 2013 se registró un descenso marcado, con mínimos cercanos a uno o dos trabajos anuales. En los años más recientes (2018–2025), la producción anual se mantuvo por debajo de los máximos históricos, oscilando entre dos y cinco trabajos por año.

Estructura demográfica y participación por género

Las autorías individuales femeninas representaron el 31,3 % del total, superando a las autorías individuales masculinas (25,9 %) (Figura 3). De manera similar, los equipos conformados exclusivamente por mujeres (14,3 %) presentaron una proporción superior a los equipos exclusivamente masculinos (11,6 %). Las autorías mixtas (F/M y M/F) representaron conjuntamente el 17 % de los trabajos.

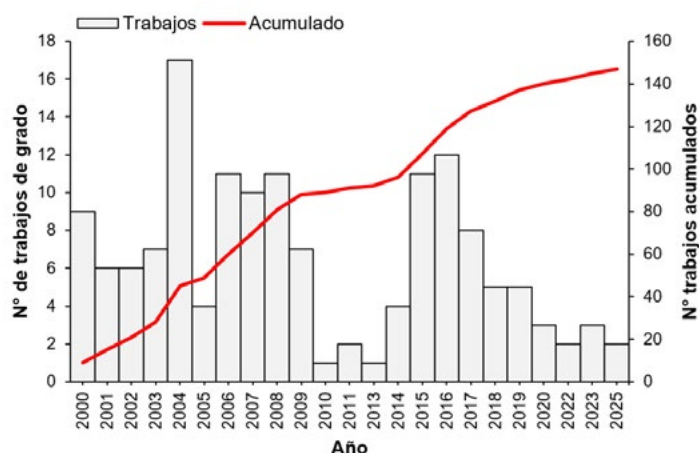


Figura 2. Evolución temporal de los trabajos de grado (2000–2025).

Figure 2. Temporal trend of the theses (2000–2025).

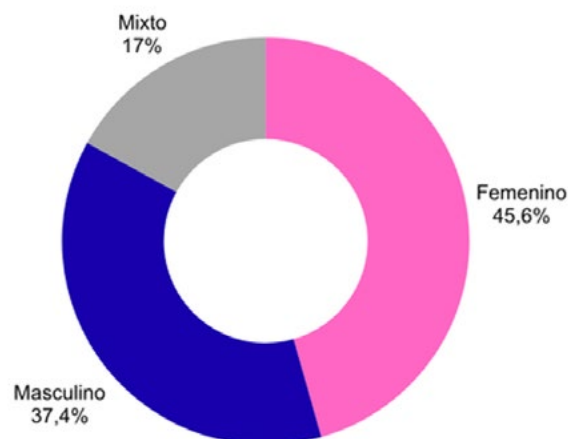


Figura 3. Producción académica por género.

Figure 3. Academic production by gender.

la participación femenina es superior a la masculina, especialmente en ecología forestal y biodiversidad.

Redes de dirección y concentración académica

En los 147 trabajos de grado se identificaron 52 personas entre directores y codirectores, el análisis mostró una concentración en la dirección académica en un grupo reducido de docentes (Figura 5). El director con mayor participación acumuló el 15,6 % del total de trabajos de grado del periodo analizado; en conjunto, los cinco directores con mayor número de trabajos

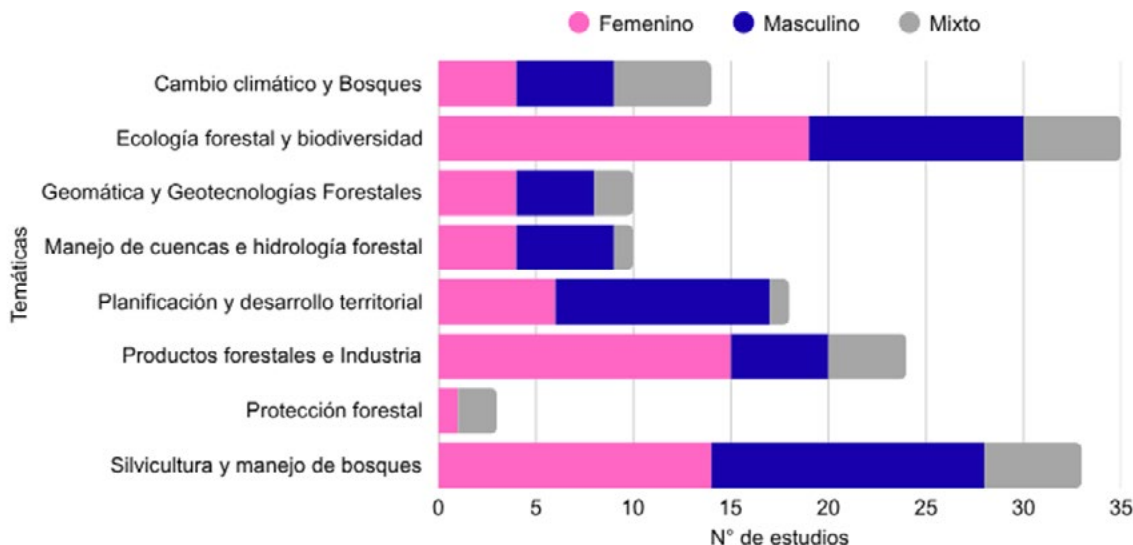


Figura 4. Participación por género según área temática.

Figure 4. Gender participation by subject area.

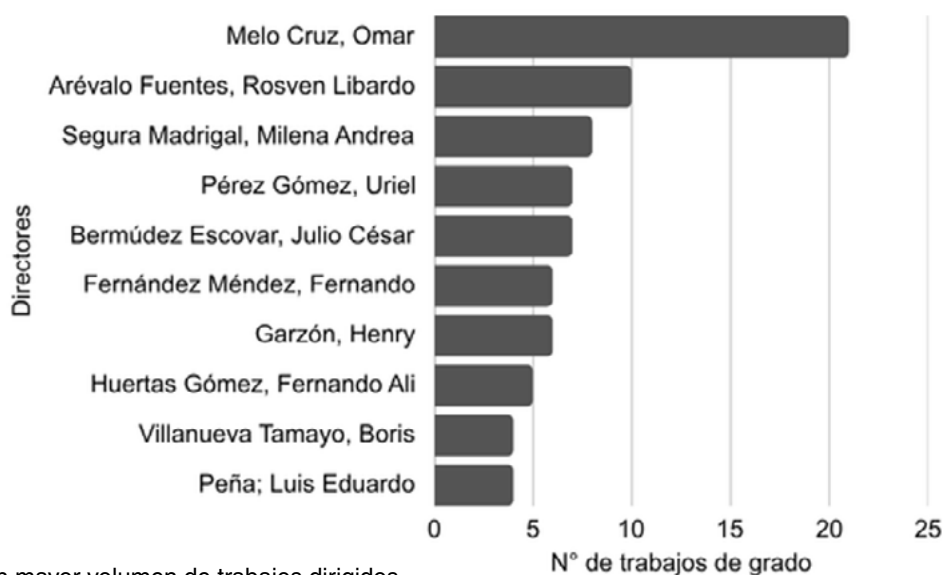


Figura 5. Directores con mayor volumen de trabajos dirigidos.

Figure 5. Advisors with the highest volume of supervised theses.

Evolución y predominancia de las áreas temáticas

La distribución de los trabajos por temáticas evidenció una mayor concentración en ecología forestal y biodiversidad ($n=35$) y Silvicultura y manejo de bosques ($n=33$), las cuales registraron el mayor número total de trabajos, con una participación destacada tanto de autores femeninos como masculinos y un aporte de trabajos mixtos (3). En contraste, líneas como protección forestal, geomática y geotecnologías forestales y manejo de cuencas e hidrología forestal

presentaron una menor producción relativa (Figura 4). Se observó además que, en la mayoría de las líneas, la participación femenina es superior a la masculina, especialmente en ecología forestal y biodiversidad.

Redes de dirección y concentración académica

En los 147 trabajos de grado se identificaron 52 personas entre directores y codirectores, el análisis mostró una concentración en la dirección académica en un grupo reducido de docentes (Figura 5). El director

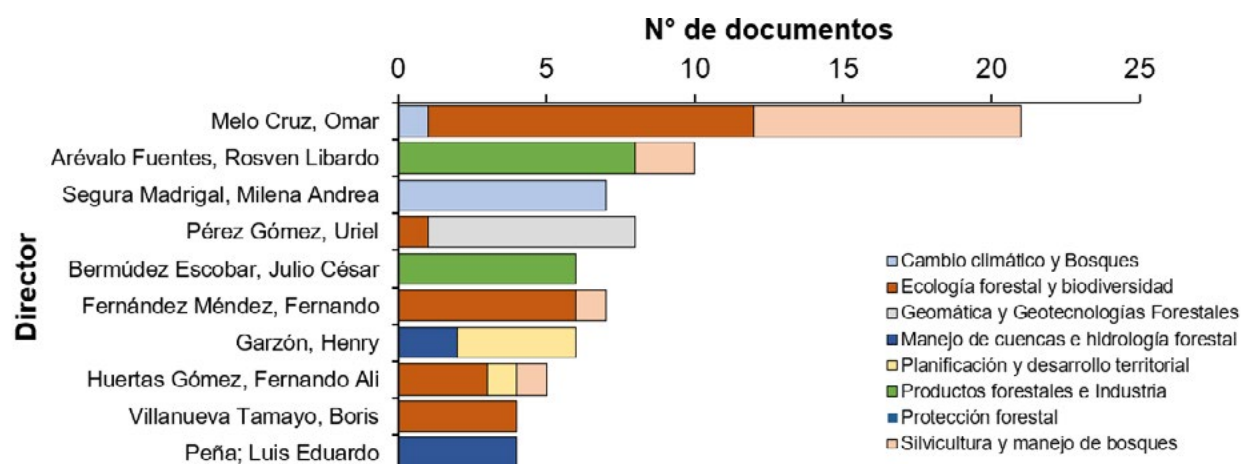


Figura 6. Participación temática de los directores principales.

Figure 6. Thematic participation of the main advisors.

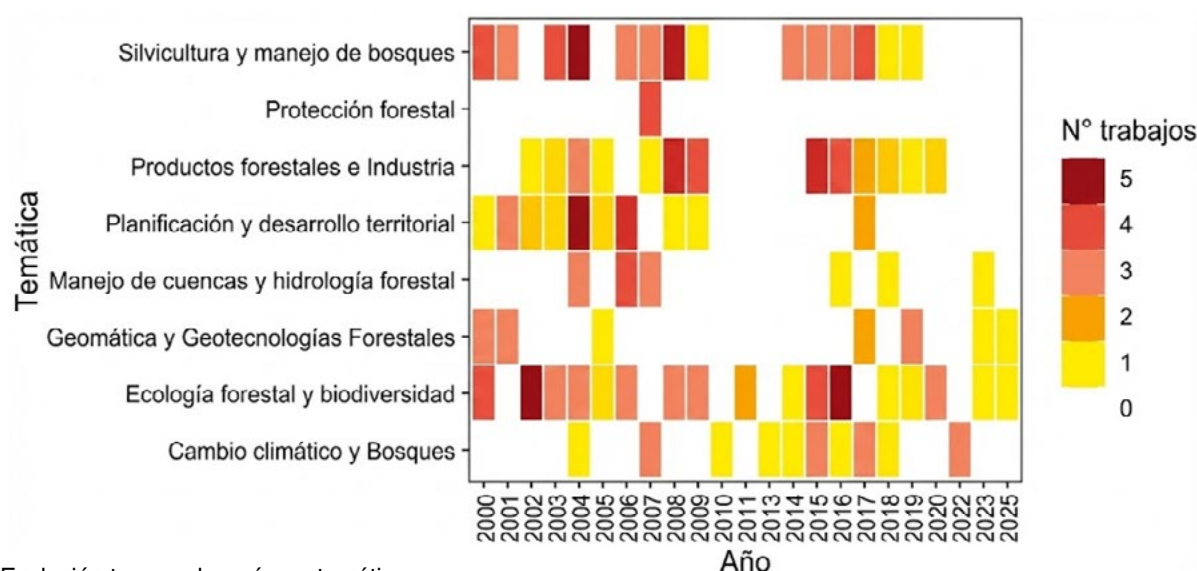


Figura 7. Evolución temporal por áreas temáticas.

Figure 7. Temporal evolution by subject area.

con mayor participación acumuló el 15,6 % del total de trabajos de grado del periodo analizado; en conjunto, los cinco directores con mayor número de trabajos dirigidos concentraron el 36,05 % de la producción total. En relación con la distribución por género en los roles de la dirección, solo una mujer figuró entre los diez directores con mayor número de trabajos dirigidos, lo que representó el 10 % de este grupo.

La distribución de la producción académica por director y área temática evidenció una concentración diferenciada entre líneas de investigación (Figura 6). El director con mayor número de trabajos dirigidos acumuló el 14,3 % del total del periodo analizado, con predominio

en el área de silvicultura y manejo de bosques. Otros directores registraron participaciones que oscilaron entre el 5 % y el 8 %, con contribuciones principalmente en productos forestales e industria y cambio climático y bosques. La asignación temática mostró que algunos directores concentraron su producción en una o dos áreas específicas, mientras que otros presentaron una distribución más diversificada entre categorías, configurando patrones diferenciados de participación temática. En la distribución por género de los directores con mayor número de trabajos dirigidos, solo una mujer figuró entre los diez con mayor participación acumulada, lo que representa el 10 % de este grupo.

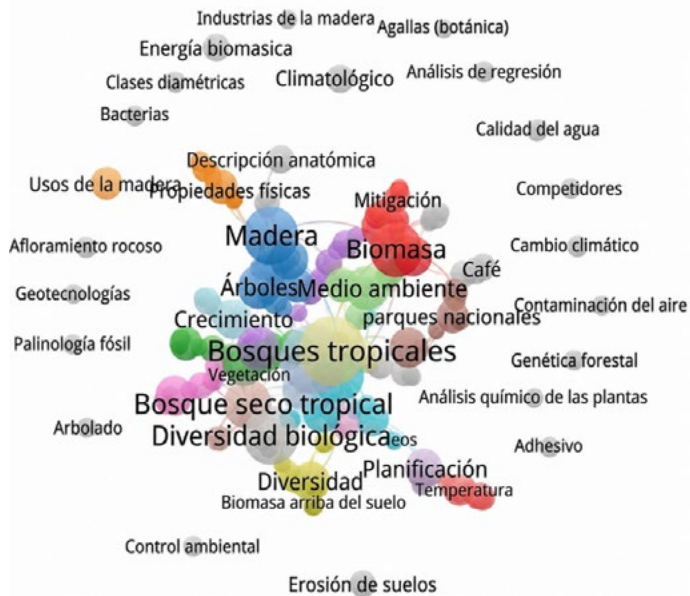


Figura 8. Red de coocurrencia de palabras clave. Nota: El tamaño de los nodos es proporcional a su frecuencia de aparición.

Figure 8. Keyword co-occurrence network. Note: Node size is proportional to appearance frequency.

El análisis conjunto de las áreas temáticas y su distribución temporal evidenció en términos generales una evolución diferenciada de las líneas de investigación forestal durante el periodo 2000–2025 (Figura 7). El área de ecología forestal y biodiversidad registró la mayor frecuencia de trabajos a lo largo del periodo, con picos de hasta cinco trabajos en 2018 y 2019 y una presencia recurrente superior a tres trabajos anuales en varios años. Las áreas de silvicultura y manejo de bosques y protección forestal mostraron una actividad más concentrada en la primera década (2000–2010), con valores máximos de tres a cuatro trabajos por año y una menor frecuencia relativa en los años posteriores. En contraste, geomática y geotecnologías forestales y manejo de cuencas e hidrología forestal registraron frecuencias bajas durante la mayor parte del periodo, generalmente entre cero y un trabajo por año, con apariciones intermitentes. Por su parte, la temática de cambio climático y bosques presentó una presencia reducida antes de 2010, seguida de un incremento gradual en la última década, alcanzando entre dos y tres trabajos anuales en años recientes.

Estructura conceptual y redes bibliométricas

Dentro de la coocurrencia de palabras clave evidenció una estructura temática concentrada en torno a términos asociados con enfoques ecológicos y de manejo de ecosistemas (Figura 8) donde el tamaño de los nodos es directamente proporcional a la frecuencia de las palabras clave y la cercanía entre ellos indica una mayor afinidad temática dentro del corpus. Los nodos de mayor tamaño y centralidad correspondieron a “bosques tropicales”, “diversidad biológica”, “medio ambiente”, “madera” y “biomasa”, lo que refleja su alta frecuencia y conectividad dentro de la red. Asimismo, se observaron agrupamientos cercanos entre términos como “bosque seco tropical”, “crecimiento”, “árbol” y “propiedades físicas”, configurando un clúster vinculado con estudios de silvicultura y tecnología de la madera.

La red de colaboración académica generada en VOSviewer mostró la existencia de varios conglomerados de interacción entre directores y codirectores (Figura 9), donde los enlaces representan las tutorías compartidas, permitiendo identificar clústeres de investigación, el grosor de las conexiones refleja la intensidad del vínculo académico entre directores. El nodo de mayor tamaño y número de enlaces correspondió a Melo Cruz, Omar, reflejando su alta participación en trabajos dirigidos y codirigidos durante el periodo analizado. Otros nodos con tamaño relevante incluyeron a Milena Andrea Segura Madrigal y Julio César Bermúdez Escobar, quienes presentaron múltiples conexiones dentro de sus respectivos clústeres.



Figura 9. Red de colaboración académica entre directores. Nota: El tamaño de los nodos refleja la cantidad de trabajos y el grosor de los enlaces, la intensidad de colaboración.

Figure 9. Academic collaboration network among advisors. Note: Node size reflects the number of theses and link thickness reflects collaboration intensity.

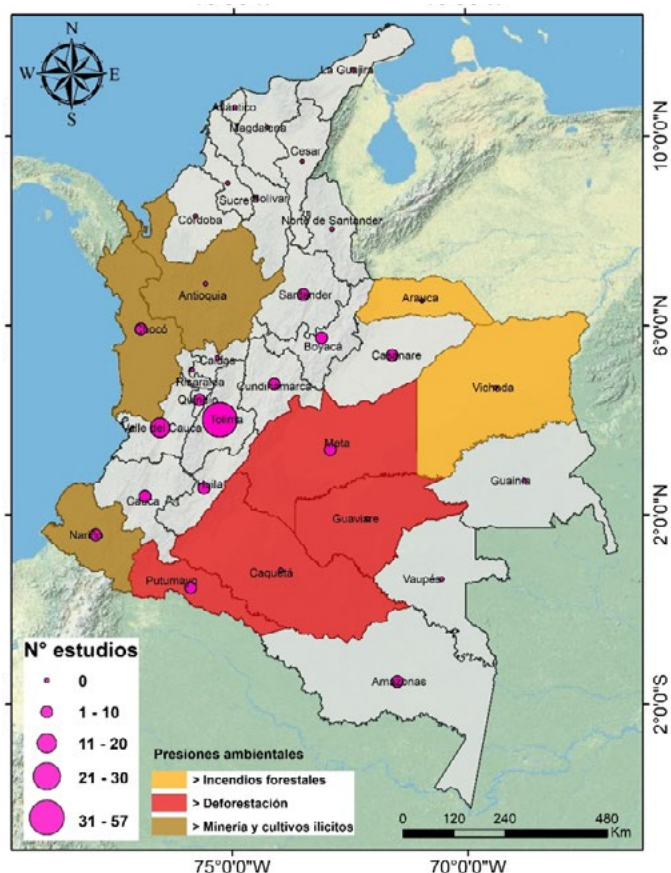


Figura 10. Distribución geográfica de los estudios de caso. Nota: Se referencian las principales presiones ambientales.

Figure 10. Geographic distribution of the case studies. Note: Main environmental pressures are referenced.

Rendimiento académico

De los trabajos de grado que reportaron una nota cuantitativa en el catálogo institucional ($n=27$), el análisis evidenció una marcada concentración en las categorías superiores de evaluación. El 66,7 % de los trabajos (18 documentos) se ubicó en el rango de calificación entre 4,5 y 4,9, lo que los sitúa dentro de los parámetros normativos exigidos para optar por la distinción de trabajo Meritorio. Por su parte, el 25,9 % de la muestra (7 trabajos) registró calificaciones en el rango de 4,0 a 4,4 correspondiente a la categoría de Sobresaliente, mientras que apenas el 7,4 % (2 trabajos) se ubicó en el nivel de Aprobado (3,0 a 3,9). Destaca, además, que ningún trabajo alcanzó la calificación máxima de (5,0) lo cual es el requisito numérico indispensable para la categoría de trabajo Laureado.

Distribución geográfica de los estudios de caso

El análisis de la distribución geográfica de los sitios de estudio mostró una concentración diferenciada de

la producción investigativa a nivel departamental en Colombia (Figura 10) donde el diámetro de cada círculo corresponde al volumen de tesis desarrolladas en cada departamento. El departamento del Tolima presentó el mayor número de estudios, con una frecuencia ubicada en el intervalo de 31 a 57 trabajos desarrollados, representado por el símbolo de mayor tamaño en el mapa. Otros departamentos, como Valle del Cauca, registraron frecuencias intermedias, mientras que varios departamentos del país presentaron una baja frecuencia de estudios, en algunos casos inferior a tres registros durante el periodo analizado. En términos relativos, una proporción considerable de los trabajos se concentró en un número reducido de departamentos, mientras que otras regiones presentaron una presencia esporádica o nula de estudios dentro del conjunto analizado.

Por otro lado, se evidenció una alta concentración de trabajos en Ibagué (22 trabajos) y Armero (17 trabajos), consolidándose como los principales núcleos de investigación. También se registran aportes relevantes en Buenaventura (11 trabajos), así como en el ámbito internacional en Costa Rica (3 trabajos), caso que representa una proyección internacional del programa. Otros municipios presentan menor frecuencia, con 2 trabajos en Alvarado, Cajamarca, Cimitarra, Venadillo y Villanueva, mientras que localidades como Alpujarra, Bogotá, Calarcá, Cunday, Fusagasugá, Natagaima, Puerto Gaitán, San Francisco, Santa Isabel, Tarapacá, Tumaco, Valle del San Juan, Villa de Leyva, Villagarcía, Yopal, entre otros, registraron 1 trabajo cada uno.

Discusión

La evolución temporal de la investigación formativa en el programa de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima revela dinámicas complejas que trascienden la simple contabilidad de la productividad académica. La correspondencia entre los picos históricos de producción y las fases de consolidación curricular subraya cómo el diseño de los planes de estudio y la articulación de líneas de investigación formales actúan como catalizadores directos del quehacer científico estudiantil [11]. No obstante, la ralentización y estabilización observada en el periodo más reciente (2018-2025) exige una lectura crítica. Este comportamiento no debe interpretarse a priori como un declive en las capacidades investigativas, sino como el reflejo de una transición estructural en la educación superior latinoamericana hacia modalidades de grado alternativas (como pasantías, diplomados o trabajos sociales) diseñadas para acelerar la inserción laboral [12], [13].

Si bien estas modalidades alternativas optimizan los tiempos de graduación, su prevalencia plantea un

desafío epistemológico profundo para las ciencias forestales. Tal como lo advierte la literatura nacional, el abandono progresivo de los trabajos de grado tradicionales amenaza la generación de datos primarios y conocimiento empírico local [14], [15]. En disciplinas fundamentadas en la observación territorial, donde el levantamiento de información en campo exige periodos prolongados, la disminución del volumen de trabajos de grado convencionales podría traducirse en una preocupante pérdida de cobertura temporal y espacial para el monitoreo a largo plazo de los ecosistemas regionales [16].

Desde una perspectiva temática, los resultados evidencian una fuerte fidelidad del programa hacia los cimientos clásicos de la disciplina, con una dominancia histórica de la ecología forestal y la silvicultura, áreas que en conjunto abarcaron el 46,2 % de la producción total. Este patrón es coherente con el paradigma tradicional de la ingeniería forestal neotropical, históricamente enfocado en descifrar la estructura y dinámica de los ecosistemas para sustentar su aprovechamiento [17], [18]. Sin embargo, la agenda científica global contemporánea exige evaluar si estas líneas tradicionales están mutando con la velocidad necesaria para enfrentar las polícrisis socioecológicas globales [19]. En este sentido, la emergencia progresiva del área de cambio climático y bosques a partir de la década de 2010 demuestra una capacidad de adaptación del programa frente a mandatos globales como el Acuerdo de París y la consolidación de esquemas REDD+, los cuales han obligado a la disciplina a transitar desde enfoques puramente dasométricos hacia la cuantificación de servicios ecosistémicos [20], [21].

Paradójicamente, frente a esta adaptación climática, la baja representación histórica de la investigación en geotecnologías y otras tecnologías forestales constituye un vacío estratégico. En la literatura actual, los sistemas de información geográfica y la teledetección satelital han dejado de ser herramientas periféricas para convertirse en metodologías centrales del monitoreo forestal moderno [22], [23]. La limitada incorporación de estas tecnologías en los trabajos de grado no refleja una debilidad, sino una oportunidad inmediata de actualización curricular. Resulta imperativo que el programa integre con mayor fuerza estas herramientas espaciales y tecnológicas (inteligencia artificial, Internet de las cosas, sensores ambientales, Big Data, etc.) para garantizar la competitividad técnica de los futuros profesionales frente a problemáticas urgentes de gestión del riesgo y monitoreo ecosistémico [24]–[26].

En el plano demográfico, otro hallazgo relevante fue la marcada desproporción entre la participación femenina en la autoría de los trabajos de grado y su representación en los roles de dirección académica. El hecho de que las mujeres lideraran la producción

individual con un 31,3 % frente al 25,9 % masculino evidenció una exitosa feminización y una superación de los estereotipos históricos en el trabajo de campo intensivo con dominios exclusivamente masculinos [27]. Este fenómeno refleja avances significativos en la inclusión demográfica dentro de la educación superior agropecuaria y ambiental en Colombia [28]. Sin embargo, la masculinización en la dirección académica, donde solo una mujer figura en el top de los diez investigadores más frecuentes (representando apenas un 10 % de ese grupo), pone de manifiesto la persistencia estructural del fenómeno conocido en la sociología de la ciencia como el "techo de cristal" [29]. Esta disparidad no solo es una cuestión de equidad de género, sino que tiene profundas implicaciones epistémicas. Una investigación realizada por [30] demostró que la diversidad de género en los equipos de investigación y dirección amplía los enfoques metodológicos, fomenta aproximaciones más interdisciplinarias y diversifica las preguntas de investigación.

En relación con lo anterior, el análisis de redes de colaboración y dirección reveló un alto grado de concentración de las direcciones en un grupo reducido de académicos, quienes lideran una fracción significativa de la producción formativa. De hecho, los cinco directores principales concentraron el 36,05 % de la producción total y solo el investigador central aglomeró el 15,6 % de las tutorías. Desde una perspectiva institucional, esta concentración posee ventajas, por ejemplo, garantiza la consolidación de líneas de investigación sólidas y asegura una tutoría con alta experiencia temática. Sin embargo, en el mediano plazo, expone al programa a vulnerabilidades estructurales. Una alta dependencia en un número reducido de directores genera una red menos resiliente ante el eventual retiro o jubilación de estos actores centrales. En la cienciometría, este fenómeno es descrito por el "Efecto Mateo", donde investigadores ya consolidados atraen cada vez más recursos, estudiantes y visibilidad, perpetuando su centralidad en la red [31].

El análisis del rendimiento académico evidenció altos estándares de exigencia institucional, reflejados en la concentración de calificaciones entre 4,5 y 4,9. Aunque estos valores ubican a una parte importante de los trabajos dentro del rango asociado a la distinción Meritoria, es importante aclarar que dicho reconocimiento depende también de procesos formales de evaluación y aprobación institucional. Asimismo, la ausencia de calificaciones máximas (5,0) no necesariamente indica falta de calidad investigativa, sino que refleja criterios de evaluación particularmente rigurosos dentro del programa [32], [33]. Reformular estos mecanismos, de modo que las máximas distinciones se fundamenten no solo en un valor numérico restrictivo, sino en la

recomendación cualitativa y el sustento argumentativo de los jurados evaluadores, tal como ocurre en otras instituciones de educación superior referentes en el país, podría estimular aún más la calidad, el impacto y la motivación en la investigación formativa.

Por otra parte, la distribución espacial de los estudios confirmó la fuerte articulación territorial de la Universidad del Tolima, especialmente en el departamento del Tolima, donde municipios como Ibagué y Armero concentraron una parte significativa de los trabajos desarrollados. Esto evidencia el aporte del programa al conocimiento y manejo de ecosistemas regionales estratégicos, como el bosque seco tropical [34], [35]. Sin embargo, también se identificaron vacíos importantes en regiones de alta relevancia ambiental como la Amazonía, la Orinoquía y el Chocó biogeográfico, territorios que actualmente concentran problemáticas críticas de deforestación y transformación del paisaje [36]–[38].

En conjunto, los resultados sugieren que el programa cuenta con una base sólida en las áreas tradicionales de las ciencias forestales, pero enfrenta el reto de fortalecer su diversificación temática y territorial. En este contexto, una mayor integración de enfoques interdisciplinarios, analítica espacial y herramientas de monitoreo ambiental podría contribuir a consolidar investigaciones más alineadas con las tendencias contemporáneas de gestión y conservación de los ecosistemas forestales [39]–[46].

Finalmente, es pertinente declarar algunas limitaciones metodológicas inherentes a este estudio que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, la recolección de información dependió estrictamente de la disponibilidad de los documentos en el catálogo institucional de la biblioteca. Esta dependencia logística supone una posible subestimación del volumen real de la producción histórica, debido a la eventual falta de digitalización de trabajos físicos de la primera década evaluada. En segundo lugar, el proceso de clasificación de áreas temáticas mediante codificación manual conlleva un grado de subjetividad humana en investigaciones contemporáneas de carácter interdisciplinario. En tercer lugar, el uso exclusivo de literatura gris (trabajos de grado) introduce un sesgo de publicación documentado en la cienciometría. Al no incluir la producción de artículos científicos indexados en bases de datos globales generada por los grupos de investigación del programa, es posible que se subestime el impacto internacional y la adopción de fronteras tecnológicas por parte de la facultad. No obstante, se mantuvo este diseño metodológico bajo la premisa de que los trabajos de grado constituyen el registro más transparente y representativo de la investigación formativa; son estos documentos los que capturan sin filtros las respuestas técnicas a las problemáticas

territoriales a escala local [4], [32], las cuales a menudo quedan excluidas de los circuitos de publicación comercial debido a su especificidad geográfica.

Conclusiones

La investigación formativa del programa consolidó su pertinencia en las ciencias forestales clásicas, como ecología y silvicultura, pero evidenció una baja en la adopción de geotecnologías, tecnologías y temáticas de cambio climático, limitando su articulación con los enfoques contemporáneos de monitoreo ambiental. En la dimensión sociodemográfica, la feminización en la autoría de los estudios demostró un avance tangible en la equidad de género estudiantil.

No obstante, la dirección académica exhibió un marcado sesgo masculino y una alta concentración en un grupo reducido de investigadores, configurando una estructura relacional vulnerable ante posibles relevos generacionales institucionales. Finalmente, la focalización espacial de los estudios ratificó el alto impacto institucional en la gestión de los ecosistemas de su entorno regional. Sin embargo, existe un vacío crítico de generación de conocimiento formativo en regiones estratégicas y altamente deforestadas del país, como la Amazonía, la Orinoquía y el Chocó biogeográfico territorios que requieren un fortalecimiento urgente de la investigación aplicada, la formación técnica y la incorporación de enfoques interdisciplinarios orientados a la conservación, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas forestales.

Referencias

- [1] B. Louman et al., “SDG 13 : Climate Action – Impacts on Forests and People,” in *Sustainable Development Goals: Their Impacts on Forests and People*, United Kingdom: Cambridge University Press, 2019, pp. 419–444.
- [2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), *Estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques: “bosques territorios de vida.”* Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018. [Online]. Disponible en: https://redd.unfccc.int/files/eicdgb_bosques_territorios_de_vida_web.pdf [Acceso May 05, 2026].
- [3] Asociación Colombiana de Ingenieros Forestales (ACIF), “Historia y aportes de la Ingeniería Forestal en Colombia: Volumen I,” Bogotá, 2019. [Online]. Disponible en: <https://www.acif.com.co/wp-content/uploads/2021/11/ACIF-VOLUMEN-I.pdf> [Acceso May 03, 2026].

- [4] Y. Yoshida et al., "Beyond Academia : A case for reviews of gray literature for science-policy processes and applied research," *Environ. Sci. Policy*, vol. 162, Dec., pp. 1–11, 2024, doi: 10.1016/j.envsci.2024.103882.
- [5] O. V Groos and A. Pritchard, "Documentation notes," *J. Doc.*, vol. 25, no. 4, Apr., pp. 344–349, 1969.
- [6] M. Ordoñez and L. Galicia, "Análisis bibliométrico de la modelación de bosques templados manejados: una perspectiva global en las herramientas de manejo forestal sustentable," *Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. y del Ambient.*, vol. 26, no. 3, Jun., pp. 357–372, 2020, doi: 10.5154/r.rchscfa.2019.11.079.
- [7] Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), "Forest terminology: Living expert knowledge. how to get society to understand forest terminology," Vienna, 2010. [Online]. Disponible en: <https://www.iufro.org/media/fileadmin/publications/occasional-papers/op14.pdf> [Acceso May 01, 2026].
- [8] L. Hartling, R. Featherstone, M. Nuspl, K. Shave, D. M. Dryden, and B. Vandermeer, "Grey literature in systematic reviews: a cross-sectional study of the contribution of non-English reports, unpublished studies and dissertations to the results of meta-analyses in child-relevant reviews," *BMC Med. Res. Methodol.*, vol. 17, no. 64, Apr., pp. 1–11, 2017, doi: 10.1186/s12874-017-0347-z.
- [9] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, Dec., pp. 523–538, 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [10] Environmental Systems Research Institute (ESRI), "ARCGIS 10.6.1." 2018. [Online]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/> [Acceso Abr 14, 2026].
- [11] Asociación Colombiana de Ingenieros Forestales (ACIF), "Historia y aportes de la ingeniería forestal en Colombia: Volumen III," Bogotá, 2020. [Online]. Disponible en: <https://www.acif.com.co/wp-content/uploads/2021/11/ACIF-VOLUMEN-III.pdf> [Acceso Abr 22, 2026]
- [12] E. Aoyama, A. Peralta, and J. Loza, "Factores determinantes en la elección de la modalidad de titulación por estudiantes de la Facultad de Pedagogía," *Rev. Latinoam. Ciencias Soc. y Humanidades*, vol. 5, no. 6, pp. 2264–2278, 2024.
- [13] N. Romero-Amores, B. Macas-Padilla, and G. Ruiz-Muñoz, "Impacto de las modalidades de trabajos de titulación en la Universidad de Guayaquil," *Rev. Investig. y Cult. Académica*, vol. 1, no. 1, Jul., pp. 38–58, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15804244.
- [14] J. Cruz, J. Olarte, S. Hernández, and E. Hernández, "La investigación formativa en Colombia: una mirada desde su implementación," *Rev. Boletín Redipe*, vol. 11, no. 2, Feb., pp. 177–187, 2022. <https://doi.org/10.36260/rbr.v11i2.1676>
- [15] J. Madrid, "El trabajo de grado como experiencia que devela las falencias de la formación en investigación durante el pregrado: un estudio de caso," *Rev. Educ@rnos*, vol. 36, Dec., pp. 133–150, 2020.
- [16] D. B. Lindenmayer and G. E. Likens, "The science and application of ecological monitoring," *Biol. Conserv.*, vol. 143, no. 6, Jun., pp. 1317–1328, 2010, doi: 10.1016/j.biocon.2010.02.013.
- [17] M. R. Guariguata and R. Ostertag, "Neotropical secondary forest succession : changes in structural and functional characteristics," *For. Ecol. Manage.*, vol. 148, no. 1-3, Jul., pp. 185–206, 2001.
- [18] N. Saha, "Tropical Forest and Sustainability: An Overview," in *Life on Land. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*, W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, A. Lange Salvia, and T. Wall, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 1052–1059. doi: 10.1007/978-3-319-95981-8_37.
- [19] FAO, *The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies*. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations, 2022. doi: 10.4060/cb9360en.
- [20] Y. Pan et al., "A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests," *Science* (80)., vol. 333, no. 6045, Aug., pp. 988–993, 2011, doi: 10.1126/science.1201609.
- [21] M. Barker, "Forest Education : Past , Present , and Future," *Forests*, vol. 16, no. 12, Nov., pp. 1–22, 2025. <https://doi.org/10.3390/f16121801>
- [22] P. Corona, "Consolidating new paradigms in large-scale monitoring and assessment of forest ecosystems," *Environ. Res.*, vol. 144, Jan., pp. 8–14, 2016, doi: 10.1016/j.envres.2015.10.017.
- [23] M. A. Wulder et al., "Lidar sampling for large-area forest characterization: A review," *Remote Sens. Environ.*, vol. 121, Jun., pp. 196–209, 2012, doi: 10.1016/j.rse.2012.02.001.
- [24] T. Bastos, L. C. Teixeira, and L. J. R. Nunes, "Forest 4 . 0 : Technologies and digitalization to create the residual biomass supply chain of the future," *J. Clean. Prod.*, vol. 467, Aug., pp. 1–12, 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.143041.

- [25] R. Saha, P. Bagchie, P. Lalremsang, and K. C. Rai, "Digital Innovation in Forest Science: Applications of Artificial Intelligence, Remote Sensing and Smart Monitoring Systems for Ecosystem Conservation," *The Bioscan*, vol. 20, no. 3, Sept., pp. 907–911, 2025, doi: [https://doi.org/10.63001/tbs.2025.v20.i03.S.I\(3\).pp907-911](https://doi.org/10.63001/tbs.2025.v20.i03.S.I(3).pp907-911)
- [26] R. Sahal, S. Alsamhi, J. Breslin, and M. Ali, "Industry 4.0 towards Forestry 4.0: Fire Detection Use Case †," *Sensors*, vol. 21, no. 694, Jan., pp. 1–36, 2021. <https://doi.org/10.3390/s21030694>
- [27] A. Paz and C. Pardo-Díaz, "Female researchers are under-represented in the Colombian science infrastructure," *PLoS One*, vol. 19, no. 3, Mar., pp. 1–18, 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0298964.
- [28] Ministerio de Educación Nacional (Mineducación), "Las mujeres siguen ganando terreno en la educación superior en Colombia," Bogotá, Mar. 10, 2025. [Online]. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Comunicados/423751:Las-mujeres-siguen-ganando-terreno-en-la-educacion-superior-en-Colombia> [Acceso May 10, 2026].
- [29] S. C. Rivera and M. Salazar, "Guía de medición de las brechas de género en ciencia," Madrid, 2023. [Online]. Disponible en: <https://oei.int/wp-content/uploads/2023/05/forcyt-guia-de-medicion-brechas-genero-en-ciencia.pdf> [Acceso May 05, 2026].
- [30] M. Longo et al., "Degradation and deforestation increase the sensitivity of the amazon forest to climate extremes," *Environ. Res. Lett.*, vol. 20, no. 5, Apr., pp. 1-17, 2025, doi: 10.1088/1748-9326/adc58c.
- [31] B. Uzzi, S. Mukherjee, M. Stringer, and B. Jones, "Atypical Combinations and Scientific Impact," *Science*, vol. 342, no. 6157, Oct., pp. 468–471, 2013, doi: 10.1126/science.1240474.
- [32] I. Rinne, "Same grade for different reasons, different grades for the same reason?," *Assess. Eval. High. Educ.*, vol. 49, no. 2, Apr., pp. 220–232, 2024, doi: 10.1080/02602938.2023.2203883.
- [33] D. R. Sadler, "Indeterminacy in the use of preset criteria for assessment and grading," *Assess. Eval. High. Educ.*, vol. 34, no. 2, Mar., pp. 159–179, 2009, doi: 10.1080/02602930801956059.
- [34] Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima), "Plan de acción regional en biodiversidad del departamento del Tolima 2015-2025," Ibagué, 2018. [Online]. Disponible en: https://cortolima.gov.co/images/Link_biodiversidad/plandepalbiobiodiversi/PARB_TOLIMA_2018.pdf [Acceso Abr 28, 2026].
- [35] C. Pizano et al., "El bosque seco tropical en Colombia," En *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia.*, vol. 21, no. 1, M. F. Gómez, L. a. Moreno, G. i. Andrade, and C. Rueda, Eds. Bogotá D.C.: Instituto Alexander von Humboldt, 2016, p. 59. [Online]. Disponible en: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203> [Acceso Abr 22, 2026].
- [36] L. Melo-Becerra, J. Ramos-Forero, and P. Hernández-Santamaría, "La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia," *Rev. Desarro. y Soc.*, vol. 1, no. 78, Mar., pp. 59–111, 2017, doi: 10.13043/DYS.78.2.
- [37] D. Armenteras, T. M. González, and J. Retana, "Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests," *Biol. Conserv.*, vol. 159, Mar., pp. 73–79, 2013, doi: 10.1016/j.biocon.2012.10.026.
- [38] IDEAM, "Actualización de cifras de monitoreo de la superficie de bosque y la deforestación - Año 2022," Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2023. https://visionamazonia.minambiente.gov.co/content/uploads/2023/04/SMBByC_Resumen-ejecutivo.pdf
- [39] C. Messier et al., "For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests!," *Conserv. Lett.*, vol. 15, no. 1, Jul, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1111/conl.12829.
- [40] L. Feng and F. K. Du, "Landscape Genomics in Tree Conservation Under a Changing Environment," *Front. Plant Sci.*, vol. 13, Feb., pp. 1–13, 2022, doi: 10.3389/fpls.2022.822217.
- [41] J. He et al., "Estimating the dynamics of ecosystem functions under climate change in a temperate forest region," *Ecol. Indic.*, vol. 166, Sept., pp. 1–11, 2024, doi: 10.1016/j.ecolind.2024.112353.
- [42] J. K. Shuman et al., "Reimagine fire science for the anthropocene," *PNAS Nexus*, vol. 1, no. 3, Aug., pp. 1–14, 2022, doi: 10.1093/pnasnexus/pgac115.
- [43] F. Berkes, "Environmental Governance for the Anthropocene? Social-Ecological Systems, Resilience, and Collaborative Learning," *Sustainability*, vol. 9, Jul., pp. 1–12, 2017, doi: 10.3390/su9071232.
- [44] UICN, Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, el diseño y la extensión de SbN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, 2020.

- [45] IPBES, Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019.
- [46] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), “Actualización de la Contribución Prevista Determinada (NDC) la República de Colombia,” Bogotá, 2020. [Online]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/NDC_Libro_final_digital-1.pdf