
ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DEL RENDIMIENTO FORESTAL. UN ANÁLISIS DE LA *WEB OF SCIENCE* CON *VOSVIEWER*

CRUZ NAVAS, Karla Yessenia

Universidad Nacional Autónoma de Honduras,
Tegucigalpa, Honduras.

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1444-0095>

E-mail: karlacruznavas@hotmail.com

SAIZ-ÁLVAREZ, José Manuel

Universidad Nacional Autónoma de Honduras,
Tegucigalpa, Honduras y Universidad Católica
de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6435-9600>

E-mail: josemanuel.saizalvarez@gmail.com
jose.saiz@cu.ucsg.edu.ec

Recibido: 29-01-2024

Revisado: 05-06-2024

Aceptado: 06-11-2024

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico entre 1971 y 2023 sobre la producción científica sobre el rendimiento forestal en artículos indexados en la Web of Science (WoS) para conocer el estado del arte del tema analizado e identificar las áreas temáticas específicas del sector forestal. Para ello, se ha usado el programa VOSviewer de visualización de redes bibliométricas complementado con la Ley de Lotka para obtener el subconjunto de autores con más producción científica, la Ley de Zipf para estimar el subconjunto de palabras clave de autor y de palabras clave plus que presentan una mayor frecuencia, y el índice h de Hirsch, para conocer cuáles son los artículos de investigación publicados en WoS más citados. Los resultados muestran un creciente interés en los últimos años en la subdisciplina de rendimiento forestal, lo que puede favorecer la competitividad y la productividad de la industria forestal.

Palabras clave: bibliometría, rendimiento forestal, bosques, silvicultura, producción.

BIBLIOMETRIC STUDY OF FOREST YIELD. AN ANALYSIS OF THE WEB OF SCIENCE WITH VOSVIEWER.

ABSTRACT

This study aims to perform a bibliometric analysis between 1971 and 2023 on the scientific production on forestry performance in articles indexed in the Web of Science (WoS), in order to know the state of the art of the analyzed topic and to identify the specific thematic areas of the forestry sector. For this purpose, the bibliometric network visualization program VOSviewer was used, complemented with Lotka's law to obtain the subset of authors with the highest scientific production, Zipf's law to estimate the subset of author keywords and plus keywords with the highest frequency, and Hirsch's h-index to find out which research articles published in WoS are the most cited. The results show a growing interest in the sub-discipline of forest performance in recent years, which may benefit the competitiveness and productivity of the forest industry.

Keywords: *bibliometrics, forest yield, forests, forestry, production*

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques constituyen una parte importante del ecosistema terrestre al ocupar, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2021), un 31% de la superficie terrestre, esto es, más de 4 mil millones de hectáreas, lo que equivale a 0,58 hectáreas por persona. Los bosques son fundamentales para los ecosistemas, al caracterizarse por su amplia distribución, abundante biodiversidad, complicadas estructuras, funciones y procesos ecológicos que desempeñan un papel clave en el mantenimiento del equilibrio ecológico y la protección de los entornos naturales de los que depende la humanidad (Zhu et al., 2021). Además de proporcionar madera, fibra, frutos y combustible, las plantaciones también son importantes para mitigar los efectos adversos del cambio climático global, mantener la biodiversidad y conservar la calidad del agua y la fertilidad del suelo.

Se pueden distinguir entre dos tipos de bosques: los bosques urbanos, diseñados y adaptados al medio por el ser humano, y los bosques naturales, que se forman y crecen independientemente de la intervención humana. En lo que respecta al bosque urbano, el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos realizó en 2006 una investigación sobre el manejo de los bosques urbanos en las ciudades, donde se establecieron cuatro medidas de rendimiento relacionadas con su ordenación:

- 1) Planes de manejo, mediante la publicación de documentos ad hoc sobre esta especialización y evaluaciones de recursos forestales;
- 2) Personal profesional, con la puesta en marcha de políticas de capacitación y perfeccionamiento de profesionales en silvicultura urbana;
- (3) Ordenanzas/políticas, con la aprobación de estatutos y reglamentos de árboles y
- 4) Organización de promoción, para así fortalecer la conciencia medioambiental en la población en aras a la preservación

y respeto del medio ambiente (Rines et al., 2011).

Estas medidas se complementaron con numerosos estudios (Baskent, Glenwood y Jordania, 1996; Maschmann, 2015; Mena et al., 2001; Sharpe y Mason, 1992; Sengupta, Hawley y Stein, 2017; Baskent (1999) y Baskent y Jordan, 1991) que estudian el rendimiento forestal en otras regiones del mundo para así tener una visión holística del problema de la preservación y mejora de los bosques urbanos.

Los problemas y desafíos de los bosques urbanos de las ciudades estadounidenses también suceden en otras partes del mundo. Así, para la ciudad china de Nanjing, Jim y Chen (2013) proponen una evaluación de los determinantes naturales y culturales de la calidad de los bosques urbanos. Análisis que también es realizado para la ciudad mexicana de Puebla por Pérez et al. (2018), quienes concluyen que la variable que tiene mayor incidencia en la población es el riesgo de caída de árboles por desastres naturales, por lo que las autoridades públicas han de diseñar medidas de contingencia específicas para disminuir este riesgo.

Además de los bosques urbanos, los bosques naturales tienen una gran importancia para la estabilidad de los ecosistemas naturales del planeta. Bosques que se clasifican en su tipología según zonas climáticas (Tabla 1) agrupando el 54% de los bosques del planeta cinco países: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos y China. En este sentido, China aporta el porcentaje más alto (28,8%) de la superficie total de plantaciones del mundo, lo que hace que la producción de madera en tales plantaciones comprenda aproximadamente el 46% de la producción total de madera del mundo, siendo además dichas plantaciones un sumidero de carbono que representa alrededor del 80% del sumidero total de carbono forestal en China (Zhu et al., 2021). Por ello, tanto la productividad como la función ecológica de las plantaciones son esenciales, al impactar en todo el planeta y de forma especial en el cambio climático. De ahí que conseguir la sostenibilidad medioambiental sea fundamental.

Tabla 1. Tipología de bosques según zonas climáticas

Tipo	En %	Tipo	En %
Tropical	45	Boreal	27%
Subtropical	12	Templada	16%

Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2021)

Por ello, la base para la gestión sostenible de los bosques consiste en estimar los niveles de aprovechamiento sostenible del bosque. Durante los últimos dos siglos, se han empleado varios métodos europeos y americanos que podríamos denominar clásicos, y que se clasifican en cuatro grupos: a) modelos para la gestión eficiente de los recursos naturales, en los que se evalúa el impacto de la actividad humana en ellos; b) modelos de explotación de especies arbóreas, en los que las plantaciones se guían por criterios físicos, tales como la fertilidad del suelo (con especial importancia de la presencia de humus superficial), el impacto de la erosión y la presencia de humedad superficial y profunda que es fundamental para la supervivencia de los bosques; c) modelos para el cálculo de reservas de carbono, lo que permite estimar la huella de carbono, provocada principalmente por la industria y el uso de combustibles fósiles, para así contrarrestarla, y d) modelos basados en ecuaciones alométricas, para determinar la biomasa arbórea existente en el ecosistema. Estos modelos se han comenzado a utilizar de forma intensiva en China y en otros países, lo que ha permitido determinar el nivel de cosecha sostenible y el grado de deterioro medioambiental. Estos enfoques a menudo se basan en métodos matemáticos complicados y en marcos de modelización que son difíciles de aplicar en muchas situaciones, especialmente para el uso rutinario de los administradores forestales y los responsables de la formulación de políticas (Zhu et al., 2021), lo que constituye un reto a resolver para los países.

Dentro de los bosques naturales, los bosques tropicales tienen una gran importancia en el mundo. Indonesia es uno

de los principales países productores de madera tropical, por lo que trata de aumentar la confianza de los compradores de madera en la legalidad de sus productos. Con este fin, el gobierno indonesio ha implementado un Acuerdo Voluntario de Asociación para la Aplicación de las Leyes, la Gobernanza y el Comercio Forestales (AVA-FLEGT) donde buscan reducir la tala ilegal y el comercio asociado a la misma. Tala excesiva e ilegal que ha tenido una serie de impactos negativos en el medio ambiente, la economía y la sociedad de Indonesia (Astana et al., 2020). Otras iniciativas en este mismo sentido se han realizado en Camerún, en donde, a través de la investigación de expertos profesionales (Duguma et al., 2018), se dio prioridad a una silvicultura comunitaria efectiva caracterizada por el uso eficiente de recursos arbóreos para el bien de la comunidad.

Junto a estas experiencias asiática y africana, la Unión Europea (UE) se caracteriza por su fuerte y efectiva política medioambiental para preservar ecosistemas naturales en riesgo, en especial los bosques. Así, basada en la denominada 'Estrategia de la UE sobre Biodiversidad' para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030 (Comisión Europea, 2011), lo que se está haciendo con la generación de biocombustibles y el uso de energías limpias en toda la UE, la protección de los bosques europeos viene dada por la llamada 'Nueva Estrategia de la UE en favor de los Bosques para 2030', como un componente clave del Pacto Verde Europeo, en el cual se destaca el papel de la silvicultura en la transición hacia una bioeconomía circular ecológica y climáticamente neutra, buscando además la sostenibilidad en la gestión forestal, para hablar así sobre

bosques europeos resilientes (Junto a ello, la denominada 'Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2020' tiene como objetivo detener la pérdida de biodiversidad en Europa, así como frenar la degradación y promover la restauración de los ecosistemas naturales en 2050 (Comisión Europea, 2011).

Desde la perspectiva latinoamericana, Brasil desarrolló un estudio sobre los sistemas integrados de los bosques resumiéndolo en cuatro características principales (Magalhaes *et al.*, 2018): a) la productividad, definida como la cantidad de productos obtenidos por unidad de insumos en los sistemas; b) la estabilidad, que es la consistencia de la productividad frente a pequeños cambios derivados de las fluctuaciones normales y cíclicas del medio ambiente y del mercado; c) la sostenibilidad, que es la capacidad de un sistema para mantener la productividad frente a las fuerzas de la naturaleza; y, por último, d) la uniformidad, que representa la regularidad de la productividad a lo largo del tiempo (Magalhaes *et al.*, 2018).

Este estudio tiene como objetivo analizar la producción científica sobre las tendencias y los desafíos del rendimiento forestal en el mundo, a partir de artículos de investigación publicados en revistas indexadas en la WoS. Para ello se utilizó VOSviewer para dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la producción científica entre 1971 y 2023 en artículos de investigación que tratan sobre rendimiento forestal?

Para responder a esta pregunta de investigación se identificaron las áreas temáticas específicas del sector forestal. Análisis que se realizó mediante un estudio bibliométrico con el uso de VOSviewer, complementado con la Ley de Lotka (Araújo y Arencibia, 2002), para así obtener el subconjunto de autores con mayor producción científica, así como con la Ley de Zipf (Araújo y Arencibia, 2002) para estimar el subconjunto de palabras claves de autor o palabras claves plus con mayor frecuencia. Este análisis se complementó con una descripción de los artículos más citados mediante el índice de Hirsch (Grupo Scimago, 2006).

2. Bases Teóricas

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE), formada por los 56 estados de América del Norte, Europa y Asia, mencionan que las actividades del sector forestal, como la silvicultura, la gestión forestal y la industria de la madera, tienen lugar en Europa, en América del Norte y entre los países asiáticos, donde Europa es, desde un punto de vista comercial, la región exportadora e importadora más grande en el mundo, Rusia es el mayor exportador de madera en rollo industrial y China es el importador más importante de madera y un exportador decisivo de productos elaborados de madera. Por su parte, América del Sur es el más dinámico polo industrial en el sector de la pasta maderera y los países en vías de desarrollo han incrementado su apoyo para la implantación y el desarrollo de industrias forestales (Picos, 2015).

En muchas zonas del mundo, los bosques comerciales se regeneran mediante siembra natural, pero en otras se plantan plántulas mediante viveros donde estudios sobre la calidad y el rendimiento del material de vivero, realizados por McKay (1996), demuestran, por ejemplo, que, en el sur y el noroeste del Pacífico de los Estados Unidos, partes de la Columbia Británica en Canadá, Nueva Zelanda, Francia, Irlanda, Gran Bretaña y el sur de Suecia, generalmente se prefiere la siembra de plantas a raíz desnuda en viveros abiertos. Sin embargo, en los últimos 20 años, las plantas cultivadas en contenedores se han utilizado en cantidades cada vez mayores en áreas con condiciones más severas en el sitio, por ejemplo, partes de Canadá, Suecia central y septentrional, Finlandia y la costa mediterránea y otros estudios alternos (McKay y Morgan, 2001; Genere y Garrigou, 1999; O'Reilly *et al.*, 1999).

Por otra parte, Holzfeind *et al.* (2020) demuestran la asistencia de tecnología de aprovechamiento forestal robusta, segura y de alto rendimiento, lo que ha aumentado el rango operativo en el suelo de terrenos forestales. Además, países como España, Suecia e Irlanda han desarrollado estudios sobre la estimación de la altura de los

árboles (Rodríguez de Prado et al., 2020), lo mismo que se ha realizado en otros países de Europa y Asia (Dorman et al., 2013; McKay y White, 1997; Gea et al., 2015; Ismail, Abd Wahab y Alias, 2012; Ooi, Tan y Cheah, 2017), así como la supervisión de la industria maderera mediante sensores (Bahi et al., 2019).

En Latinoamérica, Ecuador realizó una investigación de la producción forestal como una actividad con alto potencial, donde establece que la silvicultura productiva es hablar de mayores rendimientos, mejorar la productividad, planificar para satisfacer la demanda de madera como materia prima (López y Muñoz, 2017). Además, en Guyana se han investigado aspectos relacionados a la protección del bosque (Jetten, 1996; Bini et al., 2018) y también Brasil donde su aporte ha sido significativo al tema del rendimiento (Suominen et al., 2013; Lago et al., 2020; Figueiredo, Martins y Orfanó, 2016).

En Centroamérica, Costa Rica a través de su investigación sobre rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales, plantea que para determinar el rendimiento físico en el procesamiento de la madera, a través de mediciones detalladas, desde que las trozas ingresan al aserradero hasta que salen convertidas en productos finales, es una manera de conocer las debilidades de fases específicas del proceso de transformación, lo cual posibilita realizar los ajustes necesarios que conduzcan al alcance de mayor eficiencia en la industrialización forestal primaria (Quirós, Chinchilla y Gómez, 2005).

El término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados, conocido como coeficiente de aserrío y que constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío. Entre los factores principales que afectan el rendimiento destacan el diámetro y forma de las trozas a procesar, la clase de madera y su calidad, el patrón de corte y el tipo de sierra empleado para transformar la materia prima (Quirós, Chinchilla y Gómez, 2005).

De acuerdo con el estudio realizado por Estados Unidos y Finlandia donde exponen que el cambio global pone en peligro el desempeño de los bosques porque puede aumentar la vulnerabilidad de estos. Son muchos los factores que afectan a los diferentes procesos fisiológicos que impulsan el rendimiento de los bosques, destacando el efecto neto del aumento de la relación de mezcla de CO₂ (Gea et al., 2017), el cambio climático (Suominen et al., 2013; Martínez Sancho et al., 2021; Wylie et al., 2014 y 2008; Buras, Rammig y Zong, 2021; Peng y Wang, 2022), los incendios forestales (Wehner et al., 2021), el empobrecimiento en recursos naturales de los ecosistemas (Genere et al., 2004), y los efectos desecación y estrés (Tabbush, 1987; Bronnum, 2005).

3. Materiales y métodos

Los métodos matemáticos se han aplicado al estudio de la literatura científica desde principios de siglo XX, por lo que se han convertido en una parte importante de la llamada bibliometría que consiste en la aplicación del análisis estadístico para estudiar las características del uso y la creación de documentos clasificados, según las fuentes de datos, en bibliografías, servicios de indización y resúmenes, referencias y citas, llamado también análisis de citas (Araújo y Arencibia, 2002; Acevedo-Duque, Vega-Muñoz y Salazar-Sepúlveda, 2020).

Dentro de la bibliometría se utilizan dos leyes de análisis que aplicaremos en este trabajo. La primera ley, denominada “Ley del cuadrado inverso de Lotka,” fue formulada en 1926 por Alfred J. Lotka quien estudió la productividad de los autores en términos de publicaciones y formuló el primer modelo de distribución tamaño/frecuencia de la autoría en documentos científicos. La “Ley del cuadrado inverso de Lotka” se define matemáticamente como $A^n = A^1/n^2$ siendo A el número de autores A que escriben n artículos. La segunda ley que aplicaremos es la Ley de Zipf, formulada en la década de 1940, según la cual, en una determinada lengua, la frecuencia de aparición de palabras sigue

una distribución que puede aproximarse por $P_n \approx 1/n^a$ donde P_n representa la frecuencia de la n -ésima palabra más frecuente, siendo el número $a \in \mathbb{R}, a > 1$, por lo que la frecuencia de una palabra es inversamente proporcional al rango (ley de Zipf)(Araújo y Arencibia, 2002). Por último, Jorge Hirsch que estudió lo que se conoce como índice de Hirsch que consiste simplemente en ordenar los trabajos de un autor de forma decreciente en virtud de las citas recibidas por cada trabajo (Grupo Scimago, 2006).

En cuanto a la metodología, se analizó la evolución y el desarrollo del conocimiento científico a través de un enfoque de la actividad económica del sector forestal, basado en investigaciones documentadas en las principales revistas de WoS, indexadas en el *Journal Citation Report* (JCR) por su alto impacto y visibilidad en general (Acevedo-Duque, Vega-Muñoz y Salazar-Sepúlveda, 2020; Ormeño *et al.*,

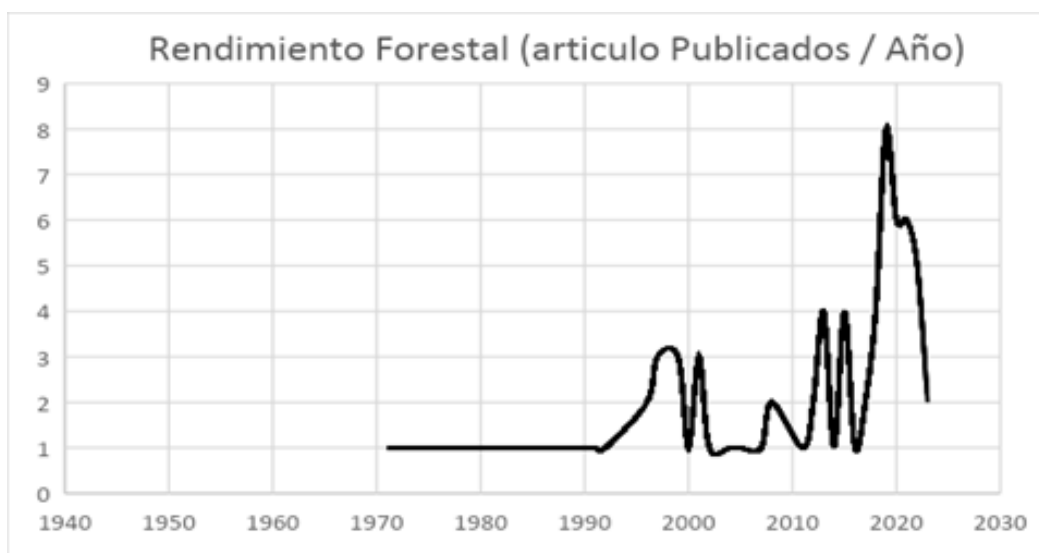
2023). A partir de la bibliometría y enfocada en el aporte al conocimiento científico en rendimiento forestal realizado por varios autores de diferentes países, se definió un vector de búsqueda que incorporó como restricciones las categorías de conocimiento TS= (FOREST* NEAR/0 PERFORMANCE).

4. Resultados

4.1. Producción científica anual sobre rendimiento forestal

Aplicando el programa VOSviewer se introdujo el vector de búsqueda inicial, TS= (FOREST* NEAR/0 PERFORMANCE), limitado a documentos de artículos publicados en revistas indexadas en el WoS entre 1971 y 2023, resultó en un total de 69 registros. Estos registros muestran un patrón de crecimiento irregular a lo largo del tiempo, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Producción Científica anual sobre el rendimiento forestal



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 1 que la producción científica del tema “Rendimiento forestal”, tuvo un crecimiento de un artículo anual entre 1971 y 1996, aumentando el número de publicaciones de una a tres entre

1997 y 2012, y variando dicho rango entre dos a cuatro cada año entre 2013 y 2018, siendo exponencial dicho crecimiento desde 2019 en adelante con la publicación de 6 a 8 artículos anuales sobre esta temática.

4.2. Palabras clave plus con mayor frecuencia en WoS

Para analizar los temas de investigación dentro de la categoría “rendimiento forestal” en WoS, se revisaron las palabras clave designadas por WoS, llamadas también "keyword plus". Dado que este conjunto

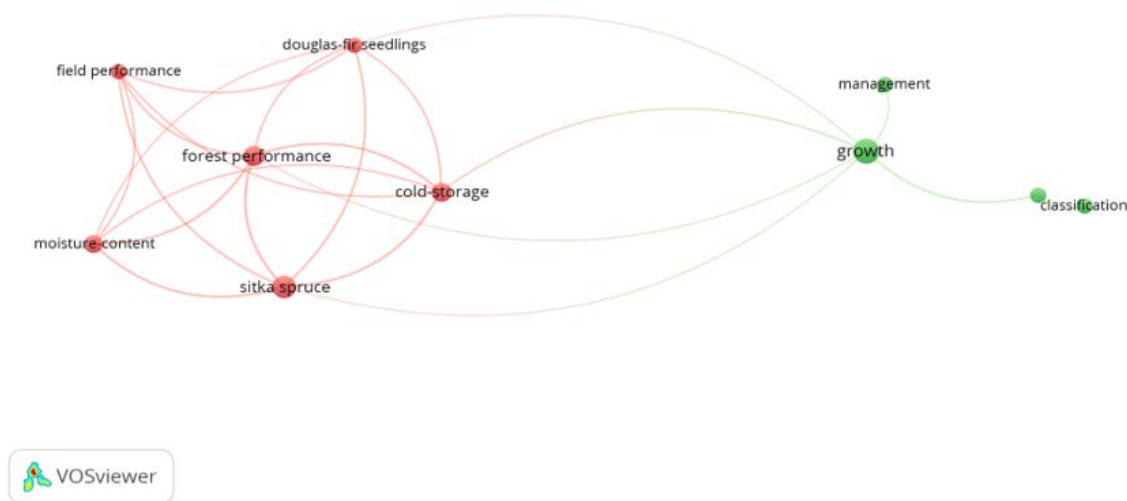
presenta 311 palabras clave, siguiendo la ley de Zipf, se estableció un mínimo de palabras repetidas, por lo que se reflejaron únicamente en 5 las palabras más utilizadas, lo que disminuyó la concentración temática a 4 para poder obtener las 9 palabras más frecuentes (Tabla 2), cuyas conexiones se muestran en la Figura 2.

Tabla 2. Palabras clave con mayor frecuencia

Palabra clave	Frecuencia	Palabra clave	Frecuencia
Growth	10	field performance	4
sitka spruce	8	Douglas-fir seedlings	4
forest performance	7	management	4
cold-storage	6	classification	4
moisture-content	5		

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Palabras clave plus (WoS) con mayor frecuencia en VOSviewer



Fuente: Elaboración propia

4.3. Coautoría de la producción científica sobre rendimiento forestal

Para revisar la coautoría, se analizaron 266 autores con al menos 3 artículos publicados en WoS. Según muestra la

Tabla 3, solamente hay 7 autores con 3 documentos publicados en la WoS, por lo que para ampliar el número de autores se disminuyó el número de documentos por autor a 2. Así, el número de autores subió a 15, con los cuales se hizo el análisis, cuyo

resultado se muestra en la Figura 3, en el cual se muestran relacionados los autores en función de la colaboración habida entre ellos a lo largo de los años.

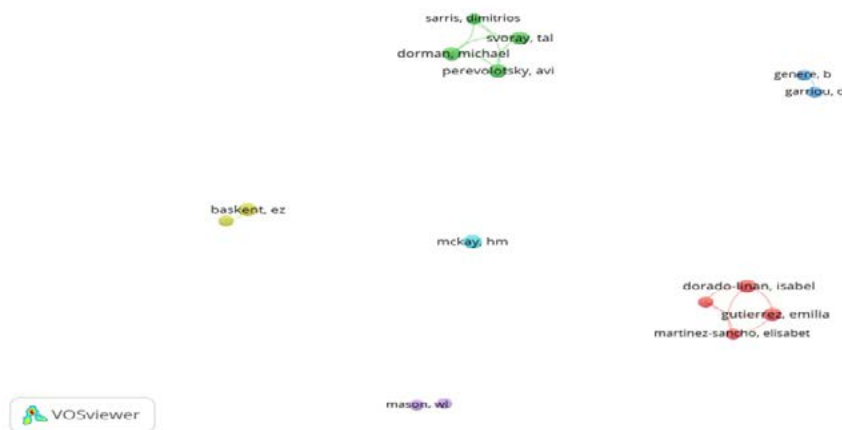
Tabla 3. Coautoría de la producción científica sobre rendimiento forestal

Autores	Documentos	Número de citas
McKay, H.	3	142
Dorman, M. Perevalotsky, A. Svoray, T.	3	111
Baskent, E.	3	111
Dorado-Linan, I. Gutiérrez, E.	3	79
Sarris, D.	2	98
Gea-Izquierda, G.	2	77
Jordan, G.	2	78
Martínez- Sancho, E.	2	49
Mason, W. Sharpe, A.	2	26
Garriou, D. Genere, B	2	24

Fuente: Elaboración propia

Dicho proceso de colaboración se observa en la Figura 3 con la formación de grupos que tienden a realizar de forma sistemática publicaciones en coautoría, ya sea por la creación de grupos de investigación, formalizados o no institucionalmente, o por la atracción ejercida hacia coautores externos que desean colaborar con el grupo.

Figura 3. Palabras clave plus (WoS) con mayor frecuencia en VOSviewer



Fuente: Elaboración propia

4.4 Países con mayor producción científica en WoS sobre rendimiento forestal

Para revisar los países con mayor producción científica sobre este tema, se analizaron 37 países y se seleccionaron únicamente aquellos que contaban con un número de publicaciones mayor o igual a 5. Países

liderados por Estados Unidos (16 artículos con 328 citas), Francia (8 documentos con 301 citas), España (7 documentos con 115 citas), China (6 documentos con 38 citas), Canadá (5 documentos con 94 citas) y Brasil (5 documentos, 71 citas) cuyas relaciones e influencias se muestran en la Figura 4.

Figura 4. Países con mayor producción científica sobre rendimiento forestal en VOSviewer



Fuente: Elaboración propia

4.5. Principales revistas de artículos en WoS sobre rendimiento forestal

En lo que se refiere a las principales revistas, para un mayor alcance hemos considerado tres índices que componen la colección principal (*Core Collection*) de Web of Science: Social Sciences Citation Index (SSCI), Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) y Conference Proceedings Citation Index – Science (CPCI-S). Dentro de la Web of Science no consideramos ni el índice Emerging Sources Citation Index (ESCI) ni el Book Citation

Index – Science (BKCI-S) al ser menor su impacto. Como resultado de este mayor alcance, se analizaron 69 artículos de los que 58 (84,05%) habían sido publicados en revistas indexadas en WoS, de los cuales 20 (29%) se concentraron en 9 revistas que tienen al menos dos artículos en torno al término ‘Rendimiento Forestal’. Como se observa en la Tabla 4, la revista con mayor cantidad de artículos es, ‘Forest Ecology and Management’ (SCI-EXPANDED / Q1), ‘Forestry’ (SCI-EXPANDED / Q1) seguida por ‘Forestry’ (SCI-EXPANDED / Q1) y ‘Forests’ (SCI-EXPANDED / Q1).

Tabla 4. Artículos en revistas WoS sobre rendimiento forestal

Revista	# artículos / % de 69	Índice / Cuartil	Índice h
Forest Ecology and Management	3 / 4,35%	SCI-EXPANDED / Q1	196
Forestry	3 / 4,35%	SCI-EXPANDED / Q1	71
Forests	3 / 4,35%	SCI-EXPANDED / Q1	61
Annals of Forest Science	2 / 2,90%	SCI-EXPANDED / Q1	86
Global Change Biology	2 / 2,90%	SCI-EXPANDED / Q1	293

Revista	# artículos / % de 69	Índice / Cuartil	Índice h
Hydrological Processes	2 / 2,90%	SCI-EXPANDED / Q1	176
New Forests	2 / 2,90%	SCI-EXPANDED, CPCIS / Q1	58
Trees – Structure and Function	2 / 2,90%	SCI-EXPANDED / Q2	94
Computers and Electronics in Agriculture	1 / 1,45%	SCI-EXPANDED, CPCIS / Q1	149
Resumen	20 / 29%		

Fuente: Elaboración propia

4.6 Artículos científicos más citados en WoS sobre rendimiento forestal

El índice h de Hirsch sirve para calcular el impacto de las publicaciones científicas de un autor y se calcula considerando las h

publicaciones que hayan tenido al menos h citas cada uno. De los 69 artículos publicados, se muestran en la Tabla 5 los cuatro trabajos más citados con su correspondiente número de citas, así como el índice h para cada autor según las bases de datos WoS y Scopus.

Tabla 5. Artículos científicos sobre rendimiento forestal más citados

Autor – Índice h (Citas)	Artículos científicos	Citas
Mellor, A. – 95 (45.505) Boukir, S. – 16 (1.338) Haywood, A. – 24 (2.406) Jones, S. – 28 (3.077)	Exploring issues of training data imbalance and mislabelling on random forest performance for large area land cover classification using the ensemble margin	145
McKay, H.M. – 27 (667)	A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance	81
Jetten, V.G. – 40 (5.698)	Interception of the tropical rain forest: Performance of a canopy water balance model	64
Dorman, M. – 47 (1.108) Svoray, T. – 30 (2.282) Perevolotsky, A. – 34 (4.448) Sarris, D. – 12 (1.258)	Forest performance during two consecutive drought periods: Diverging long-term trends and short-term responses along a climatic gradient	58

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico de los 69 artículos científicos publicados sobre rendimiento forestal en revistas indexadas en el WoS entre 1971 y 2023 muestra que sobre este tema de investigación se ha producido un patrón de crecimiento irregular a lo largo del tiempo, observándose un mayor interés científico para publicar sobre este tema a partir de 2019.

En lo que se refiere a los autores, únicamente destacan 15 autores, 9 de ellos publicando en coautoría dentro de grupos de investigación, siendo 3 o menos el número de artículos publicados en WoS sobre rendimiento forestal. Tras haber analizado la productividad científica en WoS de 37 países relacionado con el tema estudiado, solamente destacan 6 países, siendo Estados Unidos (16 artículos con 328 citas), Francia (8 documentos con 301 citas), España (7 documentos con 115 citas), China (6 documentos con 38 citas), Canadá (5 documentos con 94 citas) y Brasil (5 documentos, 71 citas) los países con mayor número de publicaciones científicas en la WoS sobre esta materia.

Por el contrario, en América Latina y el Caribe existe poca inversión en I+D+i (investigación, desarrollo e innovación), en comparación con los países desarrollados, lo cual repercute negativamente en el número de publicaciones en la WoS, junto a la poca cultura para la divulgación científica de muchos investigadores y la prevalencia de la lengua inglesa en la mayoría de la producción científica (León et al., 2020). Solventar estos problemas generaría buenas perspectivas que facilitarían acciones a la política de crear cultura investigativa e inversión en la competitividad y productividad del sector forestal, los cuales evidenciarían el gran interés por el desarrollo investigativo a través de los lineamientos y reglamentaciones establecidos y sobre todo respaldado, tanto por la industria forestal, como por instituciones del gobierno que estén involucradas, teniendo una mayor participación de profesionales en el área, y de esta forma contribuir al crecimiento y la tecnificación del sector, tal como ya lo están haciendo muchos países en la región.

Los resultados de nuestra investigación contribuyen a ampliar el conocimiento sobre la investigación en rendimiento forestal a través del uso integrado de las leyes bibliométricas (Araújo y Arencibia, 2002; Grupo Scimago, 2006), así como para aumentar la producción, el impacto y la relación, comúnmente utilizadas, en la investigación sobre temas de rendimiento forestal y de otros subtemas que están directamente ligados con el sector forestal, cuyos resultados reflejan la poca producción científica en este sector, donde los niveles de generalización son bajos debido a la poca participación en el proceso de las empresas agroforestales (Torres et al., 2017).

Esto da lugar a que merecen ser exploradas en futuros estudios la relación público-privada dentro de esta industria, fortaleciendo así la línea de investigación sobre la competitividad y la productividad de industrias de alto rendimiento sobre la temática de las auditorías industriales y forestales por parte de las instituciones del Gobierno que se ocupan de regular el Sector Forestal. Auditorías que sirven como mecanismo de control para medir el desempeño, la eficiencia y la productividad de la industria forestal.

6. REFERENCIAS

- Acevedo Duque, Á., Vega Muñoz, A., & Salazar Sepúlveda, G. (2020). Analysis of Hospitality, Leisure, and Tourism Studies. *Sustainability*, 12(7238), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12187238>
- Araújo Ruiz, J. A., & Arencibia, J. R. (2002). Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. *ACIMED*, 10(4).
https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Informetr%C3%ADa%2C+bibliometr%C3%ADa+y+cienciometr%C3%ADa%3A+aspectos+te%C3%B3rico-pr%C3%A1cticos.&btnG=
- Astana, A., Riva, w. F., Hardiyanto, G., Kamarudin, H., & Sukanda, A. (2020). Towards improved forestry performance: evaluating the added value of the timber legality assurance system in Indonesia. *International Forestry Review*, 22(1), 1-15. <https://www.researchgate.net/publication/339683679>

- Bahi, J., Elghazel, W., Guyeux, C., Hakem, M., Mediaher, K., & Zerhouni, N. (2019). Reliable diagnostics using wireless sensor networks. *Computers in Industry*, 104, 103-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.10.006>
- Baskent, E. Z. (1999). Controlling the spatial structure of forested landscapes: a case study towards landscape management. *Landscape Ecology*, 83-97. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008071307848>
- Baskent, E. Z., & Jordan, G. A. (1996). Designing forest management to control spatial structure of landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 34(1), 55-74. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)00200-6](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)00200-6)
- Baskent, E. Z., & Jordan, G. A. (1991). Spatial wood supply simulation modelling. *Forest Chron*, 67(6). DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc67610-6>
- Bini, D., Alcantara dos Santos, C., Calcciolari Pinheiro da Silva, M., Bon Fim, J. A., & Nogueira Cardoso, E. J. (2018). Intercropping *Acacia mangium* stimulates AMF colonization and soil phosphatase activity in *Eucalyptus grandis*. *SCI AGR*, 75(2), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0337>
- Bronnum, P. (2005). Preplanting indicators of survival and growth of desiccated *Abies procera* bareroot planting stock. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20(1), 36-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02827580510008257>
- Buras, A., Rammig, A., & Zong, C. S. (2021). The European Forest Condition Monitor: Using Remotely Sensed Forest Greenness to Identify Hot Spots of Forest Decline. *Front. Plant Sc*, 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.689220>
- Comisión Europea (2011). Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hacia 2020: nuestro seguro de vida y capital natural, Comunicación de la Comisión Europea al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, COM(2011) 244 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0244&from=ES>
- Dorman, M., Svaray, T., Perevolotsky, A., & Sarris, D. (2013). Homogenization in forest performance across an environmental gradient – The interplay between rainfall and topographic aspect. *Forest Ecology and Management*, 310, 256-266. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.026>
- Dorman, M., Svaray, T., Perevolotsky, A., & Sarris, D. (2013). Forest performance during two consecutive drought periods: Diverging long-term trends and short-term responses along a climatic gradient. *Forest Ecology and Management*, 310, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.009>
- Duguma, L. A., Minang, P. A., Foundjem-Tita, D., Makui, P., & Mandiefe Piabuo, S. (2018). Prioritizing enablers for effective community forestry in Cameroon. *Ecology & Society*, 23(3), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-10242-230301>
- FAO (s.f.). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Principales resultados. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Figueiredo, S. M., Martins Venticinque, E., & Orfanó Figueiredo, E. (2016). Spatial scale effects of sampling on the interpolation of species distribution models in the southwestern Amazon. *Rev. Árvore*, 40(4), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400005>

- Gea Izquierdo, G., Guibal, F., Joffre, R., Ourcival, J. M., Simioni, G., & Guiot, J. (2015). Modelling the climatic drivers determining photosynthesis and carbon allocation in evergreen Mediterranean forests using multiproxy long time series. *Biogeosciences*, 12, 3695-3712. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-12-3695-2015>
- Gea Izquierdo, G., Nicault, A., Doreado Liñan, I., Gutiérrez, E., Ribas, M., & Giot, J. (2017). Risky future for Mediterranean forests unless they undergo extreme carbon fertilisation. *Glob. Change Biol.*, 2915-2927. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13597>
- Genere, B., & Garriou, D. (1999). Stock quality and field performance of Douglas fir seedlings under varying degrees of water stress. *Ann For Sci*, 56, 501-510. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/forest:19990607>
- Genere, B., Garriou, D., Omarzad, O., Grivet, J. P., & Hagege, D. (2004). Effect of a strong cold storage induced desiccation on metabolic solutes, stock quality and regrowth, in seedlings of two oak species. *Trees*, 18, 559-565. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-004-0348-5>
- Grupo Scimago (2006). El índice h de Hirsch: Aportaciones a un debate. *El Profesional de la información*, 15(4), 304-306. https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=El+%C3%ADndice+h+de+Hirsch%3A+Aportaciones+a+un+debate&btnG=
- Holzfeind, T., Visser, R., Chung, W., Holzleitner, F., & Erber, G. (2020). Development and Benefits of Winch-Assist Harvesting. *Current Forestry Reports*, 6, 201-209. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00121-8>
- Ismail, H., Abd Wahab, A. K., & Alias, N. E. (2012). Determination of mangrove forest performance in reducing tsunami run-up using physical models. *Natural Hazards*, 63, 939-963. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0200-y>
- Jetten, V. G. (1996). Interception of tropical rain forest: performance of a canopy water balance model. *hydrological processes*, 10, 671-685. https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as_FOREST%3A+PERFORMANCE++OF+A+CANOPY+WATER+BALANCE+MODEL&btnG=
- Jim, C. Y., & Chen, S. S. (2013). Assessing Natural and Cultural Determinants of Urban Forest Quality in Nanjing (China). *Physical Geography*, 455-473. DOI: <https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.5.455>
- Lago Barcia, D., Bernardino DaSilva, M., Americo Conti, L., & Carbayo, F. (2020). Areas of endemism of land planarians (Platyhelminthes: Tricladida) in the Southern Atlantic Forest. *Plos One*, 1-24. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235949>
- León González, J. L., Socorro Castro, A. R., Cáceres Mesa, M. L., & Pérez Maya, C. J. (2020). Producción científica en América Latina y el Caribe en el período 1996-2019. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 49(3), 1-10. https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Producci%C3%B3n+cient%C3%ADfica+en+Am%C3%A9rica+Latina+y+el+Caribe+en+el+per%C3%ADodo+1996-2019&btnG=
- López, N., & Muñoz, J. (2017). La producción forestal una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), 1-8. https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as_restal+una+actividad+con+alto+potencial+en+el+Ecuador+requiere+un+cambio&btnG=
- Magalhaes, C. S., Pedreira, B. C., Tonini, H., & Farias Neto, A. L. (2018). *Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil*. *Agroforest Syst*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0311-x>

- Martinez Sancho, E., Gutierrez, E., Valeriano, C., Ribas, M., Popkova, M. I., Shishov, V. V., & Dorado Liñan, I. (2021). Intra- and Inter-Annual Growth Patterns of a Mixed Pine-Oak Forest under Mediterranean Climate. *Forest*, 12(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/f12121746>
- Maschmann, M. R. (2015). Integrated simulation of active carbon nanotube forest growth and mechanical compression. *Carbon*, 86, 26-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2015.01.013>
- McKay, H. M. (1996). A review of the effect of stresses between lifting and. *New Forests*, 363-393. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006563130976>
- McKay, H. M., & Morgan, J. L. (2001). The physiological basis for the establishment of bare-root larch seedlings. *Forest Ecology and Management*, 142, 1-18. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00336-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00336-4)
- McKay, H. M., & White, M. S. (1997). Fine root electrolyte leakage and moisture content: indices of Sitka spruce and Douglas-fir seedling performance after desiccation. *New Forest*, 139-162. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006571805960>
- Mellor, A., Boukir, S., Haywood, A., & Jones, S. (2015). Exploring issues of training data imbalance and mislabelling on random forest performance for large area land cover classification using the ensemble margin. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 105, 155-168. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.03.014>
- Mena Petite, A., Ortega Lasuen, U., González Moro, M., Lacuesta, M., & Muñoz Rueda, A. (2001). Storage duration and temperature effect on the functional integrity of container and bare-root *Pinus radiata* D. Don stock-types. *Trees*, 289-296. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s004680100104>
- O'Reilly, C., McCarthy, N., Keane, M., Harper, C. P., & Gardiner, J. J. (1999). The physiological status of Douglas fir seedlings and the field performance of freshly lifted and cold stored stock. *Annals of Forest Science*, 297-306. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/forest:19990404>
- Ormeño Fuenzalida, J., Araya Castillo, L., Hernández Perlines, F., & Moraga Flores, H. (octubre-diciembre de 2023). Bioética en la empresa: análisis cuantitativo. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(104), 1825-1848. DOI: <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.104.18>
- Peng, Y., & Wang, Y. (2022). Automatic wildfire monitoring system based on deep learning. *European Journal Of Remote Sensing*, 55(1), 554-567. DOI: <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2133745>
- Pérez, R., Santillán, A., Narváez, F.D., & Galeote, B. (2018). Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 208-228. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.143>
- Picos Martin, J. (2015). Industria Forestal y Mercado de la Madera: Navegando en la Tormenta. *Sociedad Española de la Ciencias Forestales*, 39, 367-380. https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as_dustria+Forestal+y+Mercado+de+la+Madera%3A+Navegando+en+la+Tormenta&btnG=
- Quirós, R., Chinchilla, O., & Gómez, M. (2005). Rendimiento en Aserrío y procesamiento primario de madera provenientes de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*, 29(2), 7-15. <https://scholar.google.hn/scholar?hl=es&as>

[procesamiento+primario+de+madera+provenientes+de+plantaciones+forestales&btnG=](#)

- Rines, D., Kane, B., Kittredge, D. B., Dennis, H., Ryan, P., & Butler, B. (2011). Measuring urban forestry performance and demographic associations in Massachusetts, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10, 113-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.12.005>
- Rodriguez de Prado, D., Riofrio, J., Aldea, J., McDermott, J., Bravo, F., & Herrera de Aza, C. (2022). Species Mixing Proportion and Aridity Influence in the Height–Diameter Relationship for Different Species Mixtures. *Forest*, 13(119), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13010119>
- Sengupta, a., Hawley, R. J., & Stein, E. D. (2017). Predicting Hydromodification in Streams Using Nonlinear Memory-Based Algorithms in Southern California Streams. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(1). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000853](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000853)
- Sharpe, A. L., & Mason, W. L. (1992). Some Methods of Cold Storage can Seriously Affect Root Growth Potential Root Moisture Content and Subsequent Forest Performance of Sitka Spruce and Douglas Fir Transplants. *Forestry*, 463-472. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/65.4.463>
- Suominen, L., Ruokolainen, K., Tuomisto, H., Llerena, N., & Higgins, M. A. (2013). I am predicting soil properties from floristic composition in western Amazonian rain forests: performance of k-nearest neighbour estimation and weighted averaging calibration. *J. Appl. Ecol.* DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.12131>
- Tabbush, P. M. (1987). Effect of Desiccation on Water Status and Forest Performance of Bare-rooted Sitka Spruce and Douglas Fir Transplants. *Forestry*, 60(1), 31-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/forestry/60.1.31>
- Torres Cala, Y., Ramírez Cruz, Z. D., Muñoz González, R., & González Pérez, M. (2017). Introducción y generalización de resultados científicos en el Sector Forestal Cubano. Principales regularidades. *Ciencias de la Información*, 8(3), 48-54.
- Wehner, K., Simons, N. K., Blüthgen, N., & Heethoff, M. (2021). Drought, windthrow and forest operations strongly affect oribatid mite communities in different microhabitats. *Global Ecology and Conservation*, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01757>
- Wylie, B. K., Zhang, L., Bliss, N., Ji, L., Tieszen, L. L., & Jolly, W. M. (2008). Integrating modelling and remote sensing to identify ecosystem performance anomalies in the boreal forest, Yukon River Basin, Alaska. *International Journal of Digital Earth*, 196-220. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538940802038366>
- Wylie, B., Rigge, M., Brisco, B., Murnaghan, K., Rover, J., & Long, J. (2014). Effects of Disturbance and Climate Change on Ecosystem Performance in the Yukon River Basin Boreal Forest. *Remote Sensing*, 6(10), 9145-9169. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6109145>
- Yin Ooi, S., Chiang Tan, S., & Ping Cheah, W. (2017). Temporal sampling forest (TS-F): An ensemble temporal learner. *Soft Computing Article*, 21, 7039-7052. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00500-016-2242-7>
- Zhu, J., Dai, E., Zheng, D., & Wang, S. (2021). Using a Simple Model to Determine the Best Management Regimes for Plantations at the Stand Level: A Case Study of Moshao Forest Farm in the Red-Soil Hilly Region of Southern China. *Forest*, 12(1358), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/f1210135>