

Uso de imágenes satelitales de alta resolución en el estudio de los bosques: análisis bibliométrico a través de *Web of Science* (1985-2015)

Exequiel Fontans¹; Beatriz Sosa y Marcel Achkar²

¹ Universidad de la República. Facultad de Información y Comunicación. Instituto de Información. Montevideo, Uruguay.
Email: exequiel151974@gmail.com

² Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Ambientales. Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio. Montevideo, Uruguay.

Resumen: Las técnicas de teledetección constituyen una herramienta indispensable para caracterizar los tipos de hábitat en áreas extensas y detectar los cambios ambientales resultantes de los procesos naturales y las actividades antrópicas. Estas potencialidades se incrementaron con el lanzamiento de los satélites de alta resolución espacial. En este marco constituye una herramienta de análisis para varias disciplinas como la gestión del territorio, la ecología y la conservación. Actualmente los ecosistemas de bosques presentan alta vulnerabilidad debido a los cambios de uso del suelo, la fragmentación y la invasión de especies exóticas siendo objeto de estudio de varias disciplinas. Este trabajo se realizó con el objetivo de analizar la producción científica que vincula el uso de imágenes satelitales de alta resolución con los ecosistemas de bosques. Se conformó un corpus documental de 979 registros obtenidos de la base *Web of Science* (WOS) (1985-2015). Mediante la aplicación de metodologías de los Estudios Métricos de la Información combinadas con Análisis de Redes Sociales se identificaron los autores y las instituciones con mayor producción y las publicaciones más relevantes del dominio. Se identificaron cinco frentes de investigación; a) vinculado a los aspectos técnicos de la teledetección; b) cambio climático y bosques; c) conservación de la biodiversidad; y dos relacionados con el tipo de ecosistema de bosque: d) bosques tropicales y e) bosques boreales. Estos resultados evidencian que el estudio de los bosques templados (presentes en nuestra región) y sus principales amenazas no se ha desarrollado en el corpus estudiado. Se señala el aporte de los EMI en la orientación de líneas de investigación relevantes para la región.

Palabras clave: IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN, BOSQUES, ESTUDIOS MÉTRICOS DE LA INFORMACIÓN, ANÁLISIS DE REDES SOCIALES.

Introducción

Con el reconocimiento mundial de los problemas ambientales surgen nuevos desafíos entre los que destacan el ordenamiento territorial y la gestión ambiental de los recursos cuyo abordaje requiere nueva investigación científica. En este contexto se transita por un proceso de tensión entre el desarrollo científico propio de cada disciplina y la presión de un contexto social que

demanda respuesta sobre la problemática concreta de sus territorios. Un ejemplo en este sentido lo constituyen los ecosistemas de bosques que ocupan actualmente unos 4 000 millones de hectáreas representando cerca del 31 % de la superficie del planeta; se ha calculado que durante los últimos 10 años el promedio anual neto de desaparición de bosques fue de 5,2 millones de hectáreas (FAO, 2012). Por otra parte, es creciente el reconocimiento de la importancia de los bosques en el mantenimiento del ciclo hidrológico, el control de la erosión del suelo, la regulación del clima local, la provisión de reservas de agua, la retención de nutrientes desde las tierras altas y la reducción de deslizamientos de tierras durante eventos de lluvias torrenciales (UICN, 2011).

Las técnicas de teledetección constituyen una herramienta de apoyo indispensable para caracterizar los distintos tipos de hábitat en áreas extensas y detectar los cambios ambientales resultantes de los procesos naturales y las actividades antrópicas. Estas potencialidades se incrementaron a partir de la década del 2000 con el lanzamiento de los satélites de alta resolución espacial que pueden coleccionar datos sobre amplias extensiones espaciales brindando a su vez información detallada sobre las mismas. De hecho, se ha señalado que el acceso a imágenes satelitales de alta resolución implica un cambio de paradigma en el procesamiento de imágenes satelitales para el análisis forestal que transita desde la identificación de unidades forestales a la identificación del individuo "árbol" (Gougeon, 1999), integrando además variables como la composición, la edad, la densidad y la altura (Wulder, Hall, Coops, & Franklin, 2004). Actualmente desarrollar técnicas de procesamiento de imágenes de alta resolución que permitan mejorar la velocidad, precisión y nivel de detalle del mapeo forestal constituye uno de los desafíos principales del manejo forestal (Leckie, Gougeon, Walsworth, & Paradine, 2003). Además se ha señalado que este desarrollo constituye una herramienta sin precedentes para comprender los patrones de distribución de las especies, uno de los temas centrales de la teoría ecológica (Turner et al., 2003).

En este marco el objetivo de esta comunicación es caracterizar mediante el uso combinado de herramientas de Estudios Métricos de la Información (EMI) y análisis de redes sociales (ARS) la producción científica vinculada al uso de imágenes de alta resolución para el estudio de los ecosistemas de bosques.

Materiales y métodos

1.-Fuentes

La búsqueda se realizó en la Colección principal de la WOS con los términos de búsqueda "*High resolution and remote sensing and forest*", en el campo Tema. El resultado se refinó por Áreas de investigación: (*PUBLIC ADMINISTRATION OR ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY OR PHYSICAL GEOGRAPHY OR FORESTRY OR ZOOLOGY OR AGRICULTURE OR BIODIVERSITY CONSERVATION OR LIFE SCIENCES BIOMEDICINE OTHER TOPICS OR PLANT SCIENCES OR GEOGRAPHY*) AND [excluyendo] Tipos de documento: (*LETTER OR*

EDITORIAL MATERIAL OR REPRINT). Esto permitió recuperar 979 documentos del periodo 1985-2015 (Figura 1) relativos a imágenes satelitales de alta resolución vinculadas a bosques.



Figura 1. Distribución de la producción. Fuente: WOS (Elaboración propia)

2. Depuración y normalización de los datos.

Para la identificación de autores e instituciones más productivos se trabajó con los datos extraídos de WOS sin normalización. Este criterio se tomó en base a que el margen de error que podría traer aparejada esta decisión no sería significativo para este trabajo exploratorio. En cambio para el análisis de temáticas de investigación se normalizaron los datos mediante el uso de *OpenRefine* (Tabla 1). Ello se debe a que en el análisis con redes sociales las diferencias en el preprocesamiento de los datos afectan la interpretación de la topología de la red, como ha sido reportado para el caso de autores por Kim y Diesner (2015).

Tabla1. Normalización de KW+.

Período completo (1985-2015)			
Documentos	Totales	979	
	Indizados con KW+ [a]	904 (92,3%)	
KW+	Totales [b]	7502	
	Únicos	Sin normalización	2556
		Con normalización [c]	2381 (93,2%)
	Por documento [b/a]	8,4	
	Frecuencia media de aparición [b/c]	3,2	

Fuente: WOS (Elaboración propia)

3. Procesamiento y análisis de los datos

Los datos fueron volcados en una planilla de cálculo de Excel en donde se calcularon las siguientes medidas bibliométricas: para autores, la elite de Price; para las KW+, Ley de Zipf y núcleo de Price. Además se confeccionó una matriz con las KW+ que se procesó en Gephi.

Cabe señalar que como se detallará en los resultados para el análisis de temáticas se avanzó de lo más general a lo más particular. La Ley de Zipf se aplicó sobre todas las KW+ (n=2381) de todo el periodo estudiado (1985-2015); para establecer la estabilidad de Price se consideró los KW+ presentes en 4 años o más dentro del período 2000-2015, debido a que un análisis comparativo por años no era razonable para aquellos años con muy baja producción como los

descartados (1985-1999), lo que redujo la cantidad de KW+ a 324. Sin embargo por su característica de pioneros en la temática se presentan en Anexo los primeros 10 trabajos reportados en WOS. Finalmente para el análisis de redes sociales se acota nuevamente el conjunto de KW+ de manera que la visualización final cuenta con 34 términos.

4. Productos del procesamiento

- a. Identificación de autores e instituciones más productivas
- b. Análisis de la dispersión de la producción
- c. Análisis de las temáticas e identificación de frentes de investigación

Resultados y discusión

A. Identificación de autores e instituciones más productivas

Según Price (1973) la elite de los autores más productivos sobre determinada temática está conformada por un núcleo pequeño de autores responsables de la mitad de la producción. Para este autor el punto de corte está en la raíz cuadrada de la totalidad de autores; este valor fue contrastado por Glänzel y Shubert (1985) llegando a la conclusión de que ni en poblaciones de científicos muy prolíficos se cumple esta predicción; algunos trabajos cuantitativos han identificado este punto de corte en el 15% de autores (Spinak, 1996). Más allá de la inexactitud de las predicciones con respecto al punto de corte que separa a los autores muy productivos de los menos productivos, identificar la elite de autores que producen el 50% de determinada temática resulta valioso.

En la Tabla 2 se presentan los autores más productivos que conforman la elite que está integrada por el 3% de autores (n=97) que han producido 4 o más trabajos, responsables del 51% de la producción total (n=497).

Tabla 2. Elite de los autores más productivos.

Autor	Cant. Aut. (a)	Cant. Art. (b)	(a)x(b)	
COOPS, NC	1	20	20	
ZENER, GP; WILDER, MA	2	16	32	
CHEN, JM	1	15	15	
KING, DJ	1	9	9	
BLACK, TA; MAYAUX, P; MUTANGA, O	3	7	21	
COUTERON, P.; WALL, FG; HILKER, T; HUDAK, AT; HAGBOHE, EB; LECHKE, DG; RICHARDSON, AD; RUNNING, SW; WHITE, JC; ZARCO-TEJADA, R; ZHENG, DL	11	6	66	
DESCATTI, A; CHIRIO, G; COHEN, WB; DUCEY, MJ; FOODY, GM; GINZLER, C; HEATH, LS; HOLOPAINEN, M; LAMBIN, EF; LE MAIRE, G; LOBODA, T; MASELLI, F; MCCARTY, JL; NEMANI, R; PROBY, C; ROCCHINI, D; SAATCHI, S; SCHAAF, CB; SCHMULLUS, C; STEIN, A; VERBESSELT, J; WAGER, LT	22	5	110	
Varios autores	55	4	224	
	97	4	407	
	Porc./3371	3%	Porc./979	51%

Cant. Aut. = Cantidad de autores; Cant. Art. = Cantidad de artículos

Fuente: WOS (Elaboración propia)

Mediante la herramienta de *Analyze* de WOS se identificaron 378 instituciones que tienen 2 trabajos o más. De este conjunto se lista en la Tabla 3 las 10 instituciones (2,6%) más productivas con 20 o más trabajos, que concentran el 32% de la producción. Siete de estas instituciones son de Estados Unidos, dos de China y una de Canadá.

Tabla 3. Las 10 instituciones más productivas.

Instituciones	registros	% of 979	% acum
NASA	55	5,62%	5,62%
UNIV MARYLAND	44	4,49%	10,11%
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	41	4,19%	14,30%
US FOREST SERVICE	37	3,78%	18,08%
UNIV NEW HAMPSHIRE	28	2,86%	20,74%
UNIV BRITISH COLUMBIA	22	2,25%	22,98%
OREGON STATE UNIV	22	2,25%	25,23%
NAT RESOURCES CANADA	22	2,25%	27,48%
US GEOL SURVEY	20	2,04%	29,52%
BEIJING NORMAL UNIV	20	2,04%	31,56%
Total instituciones 378			

Fuente: WOS (Elaboración propia)

B. Análisis de la dispersión de la producción

La Ley de Bradford es reconocida como una de las tres leyes fundamentales de la bibliometría. Fue formulada por el autor que le dio nombre en un artículo de 1934 pero se puso de relieve recién en 1948 cuando se publicó como un capítulo de su libro *Documentation* (Spinak, 1996). Su formulación es la siguiente:

"Si las revistas científicas se ordenan en orden decreciente de productividad de artículos sobre una materia dada, ellas podrían dividirse en un núcleo de publicaciones periódicas más especialmente dedicadas al tema y varios grupos o zonas que contienen el mismo número de artículos que el núcleo, cuando el número de publicaciones periódicas en el núcleo y zonas sucesivas se presentan como 1 : n : n2..." (Bradford, 1948)

En la Tabla 4 puede verse que 4 revistas (1%) concentran el 33% de la producción de la temática que se analiza en este trabajo. Se destaca también que la primera publicación concentra el 63% de los trabajos del núcleo. Si se considera también la 2da. zona tenemos que el 15% de los títulos de revistas concentran 2/3 de la producción.

Tabla 4. Zonas de Bradford.

Zona	Artículos		Títulos	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
1ra.	321	33%	4	1%
2da.	327	33%	37	14%
3ra.	331	34%	233	63%
	979		274	

Título	Artículos
REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	203
ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING	65
FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	30
JOURNAL OF APPLIED REMOTE SENSING	26
Total de títulos = 4	Total de artículos = 321

Fuente: WOS (Elaboración propia)

C. Análisis de las temáticas e identificación de frentes de investigación

Para esta sección se optó por utilizar el campo ID que contiene los *Key Word Plus (KW+)*. Estos descriptores son asignados por *Science Citation Index (SCI)* mediante un algoritmo que analiza los títulos de las referencias contenidas en los documentos (Cantos-Mateos, Zulueta, Vargas-Quesada, & Chinchilla-Rodríguez, 2014; Garfield & Sher, 1993; Garfield, 1990). La ventaja sobre otros métodos como el de palabras clave asignadas por el autor es que son más específicos y aluden directamente al contenido conceptual de los documentos (Cantos-Mateos et al., 2014).

De los 979 artículos que conforman el corpus, 75 no tenían palabras clave y fueron descartados para esta parte del análisis. Luego de normalizados los KW+ se obtuvieron 2381 descriptores (Tabla 1). Sobre este conjunto de descriptores, con distintos recortes para mejorar los resultados, se aplicaron tres análisis: la Ley de Zipf, la estabilidad de Price y análisis de redes sociales.

Ley de Zipf

Mediante la Ley de Zipf se identifican 3 zonas de frecuencias de palabras clave de la siguiente manera: la primera zona la integran todos los términos con una frecuencia igual o mayor a la raíz cuadrada del término más frecuente, la segunda se calcula de la misma manera utilizando el término más frecuente que quedó fuera de la primera zona, la tercera la conforman el resto de los términos (André, Pinto, Matias, Dutra, & Gonzales-Aguilar, 2014; Quoniam, Tarapanoff, Araújo Júnior, & Alvares, 2001). En la Tabla 5 pueden verse las tres zonas obtenidas, en dónde el 6% (n=131) de los descriptores explican cerca de la mitad de las ocurrencias (44%). Si se consideran las dos primeras zonas tenemos que el 24% de los descriptores explican el 71 % de las ocurrencias.

Tabla 5. Distribución de la frecuencia de descriptores.

Palabras	Porcentaje	Porc. Acum.	Frecuencia	Porcentaje	Porc. Acum.
131	6%	6%	3361	44%	44%
432	18%	24%	2044	27%	71%
1818	76%	100%	2187	29%	100%

Porc. Acum. = Porcentaje acumulado

Total de palabras 2381

Frecuencia 7562

Fuente: WOS (Elaboración propia)

Estabilidad de Price

La estabilidad entre periodos fue propuesta por Price y Gürsey (1975) para analizar la movilidad de los autores en un frente de investigación. Cobo y colaboradores (2012) adaptaron esta metodología para el estudio de palabras clave. Este último es el uso que se le da en esta sección.

Se consideró las KW+ que estuvieran presentes en 4 años o más dentro del periodo 2000-2015. Este recorte dio por resultado 324 KW+ con: 5 KW+ en 16 años; 6 en 15; 6 en 14; 9 en 13; 10 en 12; 14 en 11; 17 en 10; 11 en 9; 27 en 8; 28 en 7; 43 en 6; 58 en 5; y 90 KW+ en 4 años. Si se comparan estas 324 KW+ con la distribución de Zlpf de la Tabla 4 tenemos que una sola palabra de la primera zona (*HIGH RESOLUTION RADIOMETER*) no se encuentra entre las 324, y una sola palabra de la zona 3 integra dicho conjunto. Ello se debe a que en un análisis se consideran las frecuencias de aparición y en el otro no.

En la Figura 2 se presenta el gráfico de solapamiento de las palabras clave para el período estudiado. Los círculos representan el período y el número de palabras clave asociadas (la unidad de análisis). La flecha horizontal representa el número de elementos compartido entre ambos períodos, el número en la parte superior de la flecha representa las palabras clave compartidas, el índice de estabilidad se representa debajo (el cociente de elementos compartidos con el periodo a/total de elementos del periodo b). La flecha de entrada superior representa el número de elementos nuevos (que no estaban presentes en el periodo anterior), la flecha de salida superior representa el número de elementos que no están en el periodo siguiente (Cobo et al., 2012). Del año 2000 al 2007 el índice de estabilidad indica que las palabras que se mantienen de un período al otro se encuentran entre un 30% y 50%. A partir de 2008 el índice se estabiliza en 60% y a partir de ese año llega a 70%. Se destaca además que el núcleo de palabras que se solapan entre períodos va en aumento, comenzando con 14 palabras para el 2000-2001 a 158 palabras en el 2013-2014.

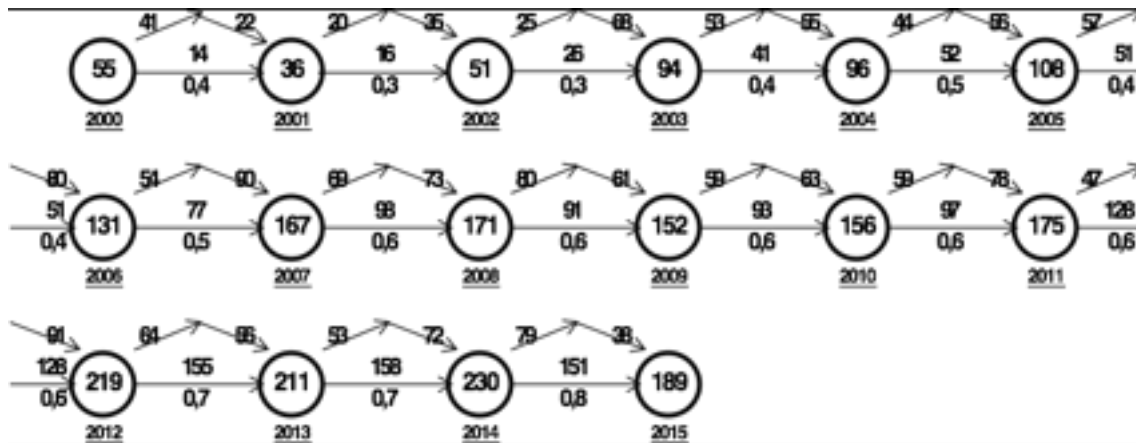


Figura 2. Estabilidad entre períodos de las temáticas de investigación. Fuente: WOS (Elaboración propia)

Análisis de redes sociales

Para este análisis se confeccionó la matriz de ocurrencias de 324x324 KW+ y una matriz de atributos en la que se estableció la cantidad de ocurrencias en la totalidad del corpus. Finalmente, se realizan los grafos de coocurrencia de KW+ con el *software* Gephi (Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009). Para la distribución se utiliza el algoritmo Fruchterman – Reingold (Fruchterman & Reingold, 1991) y Force Atlas2 (Jacomy, Venturini, Heymann, & Bastian, 2014), se identifican 6 comunidades a través del algoritmo de detección de modularidad incorporado

lo considera muy vinculado a importantes procesos como la fotosíntesis, y la evapotranspiración. Los “índices de vegetación” se han desarrollado para destacar alguna propiedad particular de la vegetación; actualmente existen aproximadamente 150 índices de vegetación reportados. Esta comunidad estaría indicando la presencia de estudios dedicados a analizar características específicas de los bosques vinculados fundamentalmente a la producción de biomasa. En este marco es de destacar que este tipo de enfoque se asocia principalmente con el estudio de los bosques boreales, término presente en esta comunidad.

En la tercera comunidad se encuentran aspectos vinculados a la clasificación de imágenes satelitales. La presencia de términos como “exactitud” apoyan este enunciado ya que conocer la fiabilidad o exactitud de la clasificación realizada mediante el procesamiento de imágenes satelitales constituye un elemento esencial en el proceso de clasificación.

Tabla 6. Medidas centrales de las cinco comunidades más importantes.

Label	Cant.	Degree	Deg. N.	Clos. N.	Bet. N.
FOREST	122	201	0,62	0,73	0,05
VEGETATION	109	219	0,68	0,76	0,06
CLIMATE CHANGE	68	151	0,47	0,65	0,02
ALGORITHM	37	114	0,35	0,61	0,01
DYNAMICS	44	116	0,36	0,61	0,01
LEAF AREA INDEX	69	172	0,53	0,68	0,04
SATELLITE DATA	67	176	0,54	0,69	0,04
VEGETATION INDEX	66	159	0,49	0,66	0,03
BOREAL FOREST	63	150	0,46	0,65	0,03
MODEL	55	121	0,37	0,62	0,01
CLASSIFICATION	110	190	0,59	0,71	0,04
MAGERY	74	159	0,49	0,66	0,02
REMOTE SENSING DATA	49	142	0,44	0,64	0,02
AREA	42	121	0,37	0,62	0,01
ACCURACY	38	105	0,32	0,60	0,01
BIODIVERSITY	37	99	0,31	0,59	0,01
CONSERVATION	31	86	0,27	0,58	0,01
CANOPY	30	98	0,30	0,59	0,01
BIOMASS	53	141	0,44	0,64	0,02
RAIN FOREST	38	107	0,33	0,60	0,01

Cant. = Cantidad de artículos
 Deg. N. = Degree normalizado
 Clos. N. = Closeness normalizado
 Bet. N. = Betweenness Normalizado

Fuente: WOS (Elaboración propia)

En la cuarta comunidad los términos están vinculados a la utilización de técnicas de procesamiento de imágenes de alta resolución para el análisis de la conservación de la biodiversidad el cual se realizaría fundamentalmente a través del estudio del canopy del bosque.

Finalmente en la quinta comunidad destaca el énfasis en los estudios de los bosques tropicales en relación a su biomasa. Cabe señalar que esta comunidad está muy vinculada a la primera que refiere a bosque y cambio climático (Figura 3).

Conclusiones

En este trabajo se exploró mediante herramientas bibliométricas y de ARS la producción científica vinculada al uso de imágenes de alta resolución para el estudio de los ecosistemas de bosques.

Más allá de la identificación de los autores, instituciones y títulos de revistas más importantes sobre la temática estudiada el aporte más relevante de este trabajo se vincula con la detección de las temáticas y frentes de investigación. Puede decirse que si bien todas las comunidades detectadas contienen aspectos técnicos referidos a la teledetección, este enfoque predomina claramente en la tercera encabezada por el término "Clasificación". Los resultados de este trabajo indican que los frentes de investigación se orientan a estudiar los ecosistemas de bosques en relación a problemáticas ambientales destacadas como el cambio climático y la conservación de la biodiversidad. Además los tipos de ecosistemas en los que se enfocan estos estudios son los bosques boreales y tropicales. Asimismo se señalan vacíos en los frentes de investigación como por ejemplo la ausencia en el corpus estudiado de estudios relativos a los bosques templados. Cabe destacar que estos ecosistemas que se encuentran en nuestra región presentan actualmente un alto grado de vulnerabilidad.

En este marco las herramientas de EMI resultan tan importantes para detectar frentes de investigación como la ausencia de ellos en temáticas relevantes para la sociedad. De hecho se proyecta aplicar esta metodología en otros ecosistemas como las praderas y los humedales, vulnerables debido a las presiones sobre el uso del suelo en la región. Ello permitirá brindar elementos para orientar la investigación sobre las necesidades concretas de nuestra sociedad.

Bibliografía

- André, C.-S., Pinto, A. L., Matias, M., Dutra, M.-L., & Gonzales-Aguilar, A. (2014). Análise bibliométrica do periódico Transinformação. *El Profesional de La Información*, 23(4), 433–442.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. In *Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media* (pp. 361–362). San Jose, California: AAAI Press.
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008. <http://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. London: Crosby Lockwood and Son.
- Cantos-Mateos, G., Zulueta, M.-Á., Vargas-Quesada, B., & Chinchilla-Rodríguez, Z. (2014). Estudio evolutivo de la investigación española con células madre. Visualización e identificación de las principales líneas de investigación. *El Profesional de La Información*, 23(3), 259–271.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: a new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 3(8), 1609–1630. <http://doi.org/10.1002/asi>
- FAO. (2012). *El estado de los bosques del mundo*. Roma: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>
- Fruchterman, T. M. J., & Reingold, E. M. (1991). Graph Drawing by Force-directed Placement. *Software: Practice and Experience*, 21(NOVEMBER), 1129–1164.

- Garfield, E. (1990). KeyWords Plus - ISI's Breakthrough Retrieval Method. 1. Expanding Your Searching Power on Current-Contents on Diskette. *Current Contents*, 1(32), 5–9. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1990DQ40100001
- Garfield, E., & Sher, I. H. (1993). KeyWords Plus Algorithmic Derivative Indexing. *Journal of the American Society for Information Science*, 44(5), 298–299.
- Glänzel, W., & Schubert, A. (1985). Price distribution. An exact formulation of Price's "square root law." *Scientometrics*, 6(3-6), 211–219.
- Gougeon, F. A. (1999). Automatic individual tree crown delineation using a valley-following algorithm and a rule-based system. In : *International Forum on Automated Interpretation of High Satial Resolution Digital Imagery for Forestry. Proceedings*. Victoria: Canadian Forest Service (pp. 11–23). Victoria: Canadian Forest Service.
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software. *PloS One*, 9(6), e98679. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679>
- Kim, J., & Diesner, J. (2015). The effect of data pre-processing on understanding the evolution of collaboration networks. *Journal of Informetrics*, 9(1), 226–236.
- Lambiotte, R., Delvenne, J.-C., & Barahona, M. (2008). Laplacian Dynamics and Multiscale Modular Structure in Networks. *arXiv Preprint arXiv:0812.1770*, 1–29. <http://doi.org/10.1109/TNSE.2015.2391998>
- Leckie, D., Gougeon, F., Walsworth, N., & Paradine, D. (2003). Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis. *Remote Sensing of Environment*, 85(3), 355–369.
- Quoniam, L. M., Tarapanoff, K., Araújo Júnior, R. H. De, & Alvares, L. (2001). Inteligência obtida pela aplicação de data mining em base de teses francesas sobre o Brasil. *Ciência Da Informação*, 30(2), 20–28. <http://doi.org/10.1590/S0100-19652001000200004>
- Solla Price, D. J. de. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel [1963].
- Solla Price, D. J. de, & Gürsey, S. (1975). Studies in scientometrics I: Transience and continuance in scientific authorship. *Ciência Da Informação*, 4(1), 27–40.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario Enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría*. Caracas: UNESCO.
- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., & Steininger, M. (2003). Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(6), 306–314.
- UICN. (2011). Bosques. Retrieved September 30, 2015, from https://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/med/programa_uicn_med/ecosistemas_y_medios_de_vida/bosques/
- Wulder, M., Hall, R., Coops, N., & Franklin, S. (2004). High Spatial Resolution Remotely Sensed Data for Ecosystem Characterization. *BioScience*, 54(6), 511–521.

Anexos

Tabla 7. Los 10 artículos y un libro, pioneros en la temática estudiada.

PT	AU	TI	SO	PY
J	BONAN, GB	IMPORTANCE OF LEAF-AREA INDEX AND FOREST TYPE WHEN ESTIMATING PHOTOSYNTHESIS IN BOREAL FORESTS	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	1993
J	DANTON, HL; SPANNER, MA	REMOTE SENSING AND MODERN POLLEN DISPERSAL IN SOUTHERN PATAGONIA AND TIERRA DEL FUEGO (ARGENTINA) - MODELS FOR PALEOECOLOGY	GRANA	1993
B	ESTRÉGUIL, C; SOUZA, G	REMOTE SENSING MEASUREMENT OF FOREST PARAMETERS IN THE INSULAR PART OF SOUTH-EAST ASIA - HIGH-LOW RESOLUTION IMAGE DATA ANALYSIS	IGARSS'93: BETTER UNDERSTANDING OF EARTH ENVIRONMENT, VOLS I-IV	1993
J	PIERCE, LL; WALKER, J; DOWLING, TE; MCVICAR, TR; HATTON, TJ; RUNNING, SW; COUGHLAN, JC	ECO-HYDROLOGICAL CHANGES IN THE MURRAY-DARLING BASIN 3. A SIMULATION OF REGIONAL HYDROLOGICAL CHANGES	JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY	1993
J	TREITZ, PM; HOWARTH, RJ; SUFFLING, RC; SMITH, P	APPLICATION OF DETAILED GROUND INFORMATION TO VEGETATION MAPPING WITH HIGH-SPATIAL-RESOLUTION DIGITAL IMAGERY	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	1992
J	MYNEN, RB; ASRAR, G; HALL, FG	A 3-DIMENSIONAL RADIATIVE TRANSFER METHOD FOR OPTICAL REMOTE SENSING OF VEGETATED LAND SURFACES	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	1992
J	POPE, KD; SHEFFNER, EJ; LINTHICUM, KJ; BAILEY, CL; LOGAN, TM; KASSO-HKE, ES; BRNEY, K; NUGUJAR, ROBERTS, CR	IDENTIFICATION OF CENTRAL KENYAN RIFT-VALLEY FEVER VILUS VECTOR HABITATS WITH LANDSAT TM AND EVALUATION OF THEIR FLOODING STATUS WITH AIRBORNE IMAGING RADAR	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	1992
B	MILINGTON, AC; STYLES, RJ; CRITCHLEY, RW	MAPPING FORESTS AND SAVANNAS IN SUB-SAHARAN AFRICA FROM ADVANCED VERY-HIGH-RESOLUTION RADAR (AMHR) IMAGERY	NATURE AND DYNAMICS OF FOREST-SAVANNA BOUNDARIES	1992
J	BRAND, LE; PETERSON, DL; RUNNING, SW; COUGHLAN, J; LAMMERS, R; DUNGAN, J; NEMANI, R	FOREST ECOSYSTEM PROCESSES AT THE WATERSHED SCALE - BASIS FOR DISTRIBUTED SIMULATION	ECOLOGICAL MODELLING	1991
J	Iverson, LR; Graham, RL; Cook, EA	Applications of satellite remote sensing to forested ecosystems	LANDSCAPE ECOLOGY	1990
J	JENSEN, JR; HODGSON, ME	REMOTE SENSING FOREST BIOMASS - AN EVALUATION USING HIGH-RESOLUTION REMOTE SENSOR DATA AND LOBLOLLY PINE FLOES	PROFESSIONAL GEOGRAPHER	1985

PT = Tipo de publicación (J = Journal, B = Book); AU = Autor; TI = Título; SO = Fuente; PY = Año

Fuente: *Web of Science* (Elaboración propia)

Tabla 8. Lista de las KW+ más relevantes.

Cant.	Key Word plus	Años
5	CLASSIFICATION; MODEL; FOREST; SATELLITE DATA; IMAGERY	16
6	LEAF AREA INDEX; VEGETATION; REFLECTANCE; BIOMASS; RESOLUTION; CANOPY	15
6	VEGETATION INDEX; ECOSYSTEM; NET PRIMARY PRODUCTION; VARIABILITY; LANDSCAPE; BOREAL FOREST	14
9	UNITED STATES; CLIMATE; SCALE; REMOTELY SENSED DATA; CLIMATE CHANGE; ALGORITHM; EMISSIONS; AREA; LANDSAT	13
10	DEFORESTATION; DYNAMICS; SPATIAL RESOLUTION; MODIS; LANDSAT DATA; ACCURACY; VALIDATION; TROPICAL FORESTS; LANDCOVER; VOLUME	12

Fuente: *Web of Science* (Elaboración propia)

Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons (CC) 3.0, disponible en:

http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/es/deed.es_AR

