

Análisis bibliométrico de la producción científica relacionada con la aplicación de inteligencia artificial en el proceso de formulación de políticas públicas agrarias

Bibliometric Analysis of scientific publications related to the application of artificial intelligence in the process of formulating agricultural public policies

SÁNCHEZ, Juan M.¹
RODRIGUEZ, Juan P.²
AMAYA, Dario³

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo mostrar la realización de un análisis bibliométrico a las publicaciones científicas correspondientes a la aplicación de inteligencia artificial, en el proceso de formulación de políticas públicas agrarias. Para ello, se creó una ecuación de búsqueda y se aplicó en la base de datos de SCOPUS. A los resultados obtenidos se les aplicaron los indicadores bibliométricos. Se concluyó que los mismos se han aplicado especialmente para determinar el uso adecuado de la tierra y el agua en la agricultura.

Palabras clave: inteligencia artificial, política pública, toma de decisiones, agricultura

Abstract

The objective of this article is to perform a bibliometric analysis of scientific publications related to the application of artificial intelligence in the process of formulating agricultural public policies. For which, a search equation was created and was applied in the database of SCOPUS. Bibliometric indicators were applied to the results obtained. It was concluded that they have been specially applied to determine the adequate use of land and water in agriculture.

Key words: artificial intelligence, public policy, decision making, agriculture

1. Introducción

La inteligencia artificial (I.A.) se puede entender como “la capacidad de una máquina para realizar funciones cognitivas que asociamos con las mentes humanas, como percibir, razonar, aprender, interactuar con el entorno, resolver problemas e incluso ejercitar la creatividad” (Manyika et al., 2017), por lo que se han diseñado diferentes herramientas para emular dichas funciones cognitivas. Entre algunas de estas herramientas están: redes neuronales, lógica difusa, modelos basados en agentes, algoritmos genéticos, autómatas celulares, entre otras.

¹ Ingeniero Electrónico, Especialista en Teleinformática. Magister en Administración. Profesor Asociado e integrante del grupo de investigación GIIRA y AQUAFORMAT. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. jmsanchezc@udistrital.edu.co

² Ingeniero Sanitario y Ambiental, Magister en Gestión y Evaluación Ambiental. Doctor en Ingeniería. Profesor Titular y director del grupo de investigación AQUAFORMAT. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad del Medio Ambiente. jprodriguez@udistrital.edu.co

³ Ingeniero Electrónico. Especialista en Automatización. Magister en Teleinformática. Doctor en Ingeniería Mecánica. Profesor Titular. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Correo electrónico: dario.amaya@unimilitar.edu.co

Las herramientas de I.A. se han usado en diferentes áreas. Por ejemplo, se han usado en inteligencia de negocios para mejorar las decisiones que tomen los directivos en sus empresas, como se evidencia en las investigaciones de Morales, Morales, & Rizo (2017), Zamora (2017), Sosa (2007), Cisneros (2013), Fernández, Martín, & Rodríguez (2013), entre otros. El sector bancario ha usado estas herramientas para tener una mejor medición del riesgo y de esta forma aprobar o no créditos, como se presenta en las publicaciones de López & Silega (2015) y Peña, Chan, & Balam (2017). Pero no solo se ha usado en negocios, también en áreas relacionadas con la tierra y el medio ambiente, donde las herramientas de I.A. han ayudado a crear mejores sistemas de información geográfica (Abarca, Campos, & Reinoso, 2017), a determinar la calidad del agua en diferentes fuentes hidrográficas (Carvajal, 2013), o también a predecir diferentes eventos meteorológicos (Hernández, Duque, & Moreno, 2016; Santacreu, Talavera, Aguasca, & Galván, 2015). Igualmente se han usado en el sector salud para analizar un gran volumen de historias clínicas (Ochoa, Orellana, Sánchez, & Dávila, 2014). En el sector educación, para asignar espacios académicos en instituciones de educación (Badaracco, Mariño, & Alfonzo, 2014). En juzgados, como herramienta de soporte en toma de decisiones (Ramírez, Díaz, & Fernández, 2016). Y existen muchas más aplicaciones realizadas a través de estas herramientas tecnológicas.

Por todo ello, la inteligencia artificial ha demostrado ser de gran utilidad en diferentes áreas. En especial, en el proceso de toma de decisiones, ya que una de las causas por las cuales se toman decisiones erróneas es la racionalidad limitada del ser humano, como lo dijo el premio Nobel de economía Helbert Simon, quien explica que los seres humanos tomamos decisiones de forma parcialmente irracional a causa de nuestras limitaciones cognitivas, de información y tiempo.

Un ejemplo donde existen problemas en el proceso de toma de decisiones es el proceso de formulación de políticas públicas, cuyos resultados presentados al implementar las políticas formuladas no siempre son acordes a los que se tenían planeados. Esta situación, Olson la expone de la siguiente forma: el proceso de formulación de políticas públicas tiene un alto nivel de complejidad debido a la integración de muchos agentes y acciones al mismo tiempo, a lo cual él llamó Anarquía Organizada, lo cual dificulta predecir los resultados que se presentan al implementar la política (Shaffer, 2017; Thomas, 2017).

Para ser más específicos, en el sector agrícola se ha presentado repetidas veces este problema. Una muestra de ello es Colombia, donde las políticas agrícolas desarrolladas no han logrado tener todos los efectos esperados. Diferentes estudios han demostrado que las políticas agrarias implementadas en Colombia han perjudicado al campesinado promoviendo fallas en la redistribución de la tierra como la concentración de tierras en pocos dueños, de esta forma generando desigualdad social, desempleo y migración rural (Baudasse & Calderón, 2009; Gómez, 2016; Morales et al., 2017; Ospina, 2017; Soto, 2003; Vargas, Téllez, Cubillos, Gómez, & Garzón, 2016).

Como se ha presentado, el proceso de toma de decisiones, y en específico el proceso de formulación de políticas públicas agrarias, acusa problemas que se evidencian al implementar las políticas, las cuales generan resultados no esperados. Por todo ello, en el mundo se han desarrollado varias investigaciones donde se han aplicado herramientas de inteligencia artificial para mejorar el proceso de formulación de políticas públicas en el sector agrario. Este documento expone un análisis bibliométrico con las publicaciones científicas realizadas en este ámbito.

2. Metodología

La metodología aplicada fue de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo. Se usaron indicadores bibliométricos para realizar el estudio. El primer paso fue desarrollar la ecuación de búsqueda y probarla en la base de datos utilizada, que fue SCOPUS; luego de obtener los resultados se aplicaron los indicadores bibliométricos; después, los resultados se analizaron y se obtuvieron las conclusiones.

2.1. Construcción de ecuación de búsqueda

Para la construcción de la ecuación de búsqueda se tomaron de base los temas de la investigación, que son: Inteligencia Artificial, Política Pública, Toma de Decisiones y Agricultura. A partir de este punto se buscaron las palabras clave que los autores y las publicaciones utilizaban para referenciar el tema. Al final se obtuvo la ecuación, con la cual se obtuvieron 110 publicaciones. La ecuación de búsqueda se presenta a continuación.

TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence" OR "Cybernetics" OR "Neural Network" OR "Fuzzy logic" OR "Machine learning" OR "Data Mining" OR "Expert systems" OR "genetic algorithms" OR "neuro-fuzzy" OR "agent-based model" OR "particle swarm" OR "cellular automata" OR "Ant Colony Optimization" OR "Big Data" OR "Bayesian Network") AND TITLE-ABS-KEY ("public poli" OR "National poli*" OR "Government poli*" OR "political decision-mak" OR "policy mak*") AND TITLE-ABS-KEY ("decision mak*" OR "Decision Supp*") AND TITLE-ABS-KEY ("Agricultur*" OR "agro*" OR "agrarian" OR "farm*") AND NOT TITLE-ABS-KEY (milk)*

2.2. Aplicación de indicadores bibliométricos

Con los datos bibliográficos de las 110 publicaciones que resultaron, se aplicaron los siguientes indicadores bibliométricos:

Histórico de publicaciones. Este indicador muestra el número de publicaciones realizadas año a año.

Autores de publicaciones. Este muestra el listado de autores y el número de publicaciones científicas de cada uno.

Afiliación de autores. Este muestra las organizaciones a las cuales pertenecen los autores y el número de publicaciones asociadas a cada organización.

País de origen. Este presenta el número de publicaciones por país, acorde al país donde se realizó la publicación.

Tipo de publicación. Este indicador muestra el número de publicaciones clasificadas por tipo de medio, por ejemplo revista especializada, memoria de conferencia, revisión, libro o capítulo de libro.

Patrocinador. Este indica los patrocinadores que financiaron las investigaciones que generaron las publicaciones. El número corresponde a las publicaciones que tiene asociadas cada patrocinador.

Palabras clave. Para las palabras clave se usó el método de fuerza de asociación. Este método busca determinar cuáles categorías se relacionan más entre ellas y se agrupan acorde a ello. Para ello se usó el software libre VosViewer, el cual es un software para análisis bibliométrico que ayuda a crear redes bibliométricas para ver gráficamente estas relaciones.

Citación de autores. Este indicador presenta cómo se relacionan y son citados los autores. El método utilizado para encontrar las relaciones y los grupos es el ya nombrado fuerza de asociación, para lo cual se usó también el software VosViewer.

2.3. Análisis de resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos con los indicadores bibliométricos se analizaron y se obtuvieron las conclusiones.

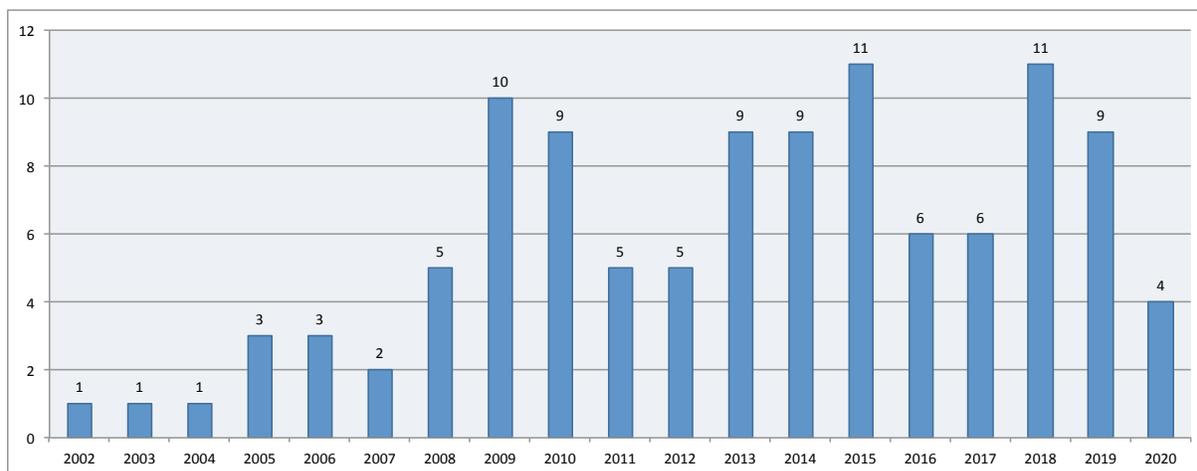
3. Resultados

Al desarrollar la búsqueda con la ecuación se encontraron 110 publicaciones, a las cuales se les hicieron diferentes análisis bibliométricos -histórico, autores, afiliación de los autores, país de origen, tipo de documentos, patrocinadores, citación de autores, palabras claves. A continuación se presentan estos análisis.

3.1. Histórico de publicaciones

En el gráfico 1 se presenta el resultado histórico de las publicaciones científicas encontradas.

Gráfico 1
Años de Publicación



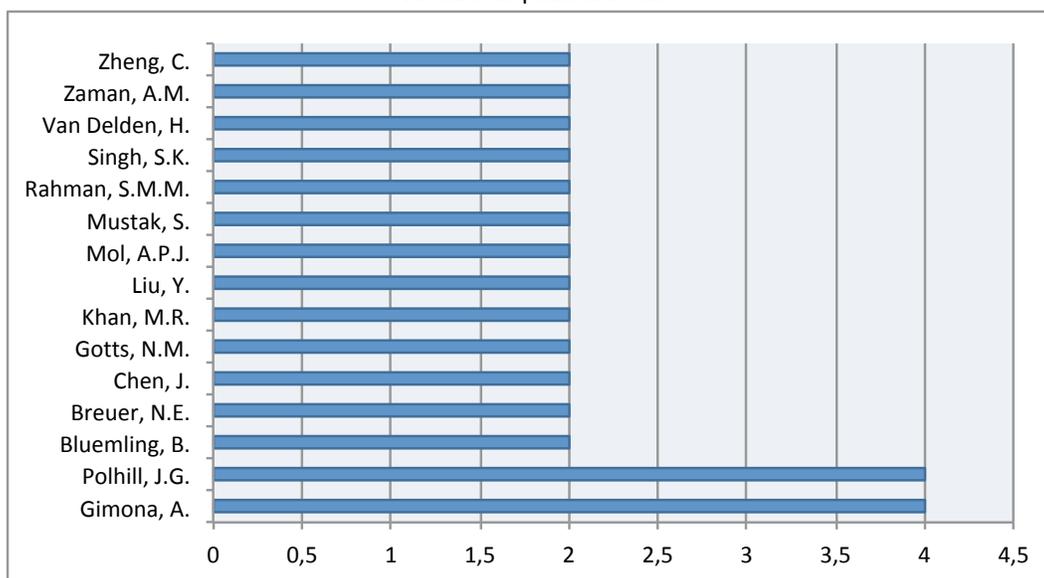
Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

Como se observa en el gráfico 1, se comenzó a publicar sobre el tema en el año 2002, pero realmente no comenzó a tener importancia relativa hasta el año 2009, en el cual se presentaron 10 publicaciones anuales; en los siguientes años las publicaciones han estado oscilando entre 5 y 11 publicaciones anuales. El año 2020 no se toma en cuenta porque en el momento de la búsqueda solo había transcurrido el primer trimestre. Aunque el tema se está trabajando con importancia relativa desde el año 2009, por el número de publicaciones anuales, se puede determina que el tema de investigación se encuentra todavía en etapas iniciales.

3.1. Autores de publicaciones

En el gráfico 2 se presenta los autores que han publicado 2 o más publicaciones científicas sobre el tema

Gráfico 2
Número de publicaciones



Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

El gráfico 2 presenta los autores que han publicado 2 o más publicaciones científicas sobre el tema. En él se observa que hay dos autores que tienen un máximo de 4 publicaciones que son Gimona A., y Polhill, J.G. Ellos trabajaron en conjunto, por lo cual son las mismas publicaciones. En la tabla 1 se presentan estas publicaciones.

Tabla 1
Publicaciones de Gimona A. Y Polhill J.G.

Título	Año	Fuente del Documento	Tipo de Documento
Nonlinearities in biodiversity incentive schemes: A study using an integrated agent-based and metacommunity model	2013	Environmental Modelling and Software	Article
Exploring robustness of biodiversity policy with a coupled meta community and agent-based model	2011	Journal of Land Use Science	Article
Sinks, sustainability, and conservation incentives	2011	Sources, Sinks and Sustainability	Book Chapter
Analysis of incentive schemes for biodiversity using a coupled agent-based model of land use change and species metacommunity model	2010	Modelling for Environment's Sake: Proceedings of the 5th Biennial Conference of the International Environmental Modelling and Software Society, iEMSs 2010	Conference Paper

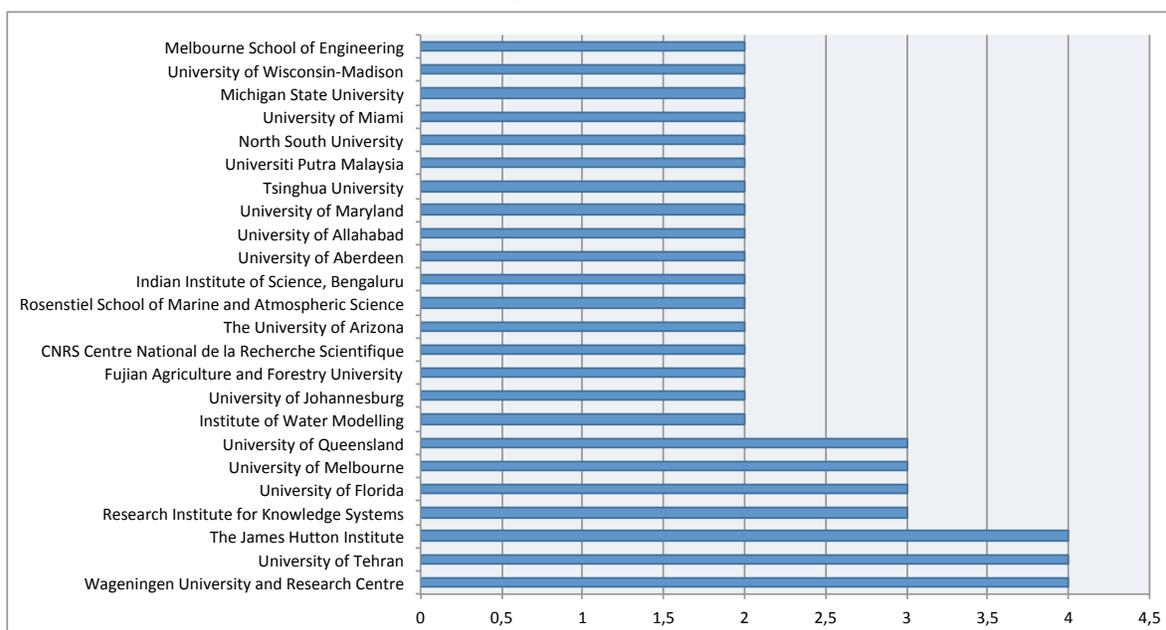
Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

Estas publicaciones son resultado de una investigación en la cual buscaban determinar cómo, a través de subsidios gubernamentales, se lograba el mejor uso de la tierra para el sector agrícola en Escocia (Reino Unido), buscando ser más eficientes en su producción, integrando agricultura sostenible y de esta forma disminuyendo el impacto ambiental negativo. La herramienta de I.A. que usaron fue Modelo Basado en Agentes (Gimona & Polhill, 2011; Gimona, Polhill, & Davies, 2011; Polhill, Gimona, & Gotts, 2010, 2013).

3.2. Afiliación de los autores

En el gráfico 3 se presenta el listado de instituciones a las cuales tienen afiliación los autores.

Gráfico 3
Afiliación autores



Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

En el gráfico 3 aparecen las instituciones que tienen más de dos publicaciones. Se determinan hasta la fecha las instituciones con más publicaciones sobre el tema. Las instituciones con 4 publicaciones son: The James Hutton Institute, creado en 2011, el cual integró a dos instituciones de gran prestigio que son the Macaulay Land Use Research Institute (MLURI) y SCRI (Scottish Crop Research Institute). El instituto está ubicado en Escocia (Reino Unido) (James Hutton Institute, 2013). University of Tehran, es la universidad más grande y antigua de Irán, fundada en 1934 (University of Tehran, 2020); y Wageningen University An Research (WUR), universidad pública de los Países Bajos fundada en 1918. Trabaja en temas de investigación agrícola, en especial lo que se refiere a producción de alimentos (Wageningen University An Research, 2020).

Las instituciones que siguen con 3 publicaciones son: Research Institute for Knowledge Systems, que ha desarrollado herramientas de software para apoyar a los formuladores de políticas en probar y analizar el posible impacto de las alternativas políticas en los Países Bajos (RIKS, 2020). Univeridad de la Florida, ubicada en Estados Unidos. Universidad de Melbourne y la Universidad de Queensland, ubicadas en Australia.

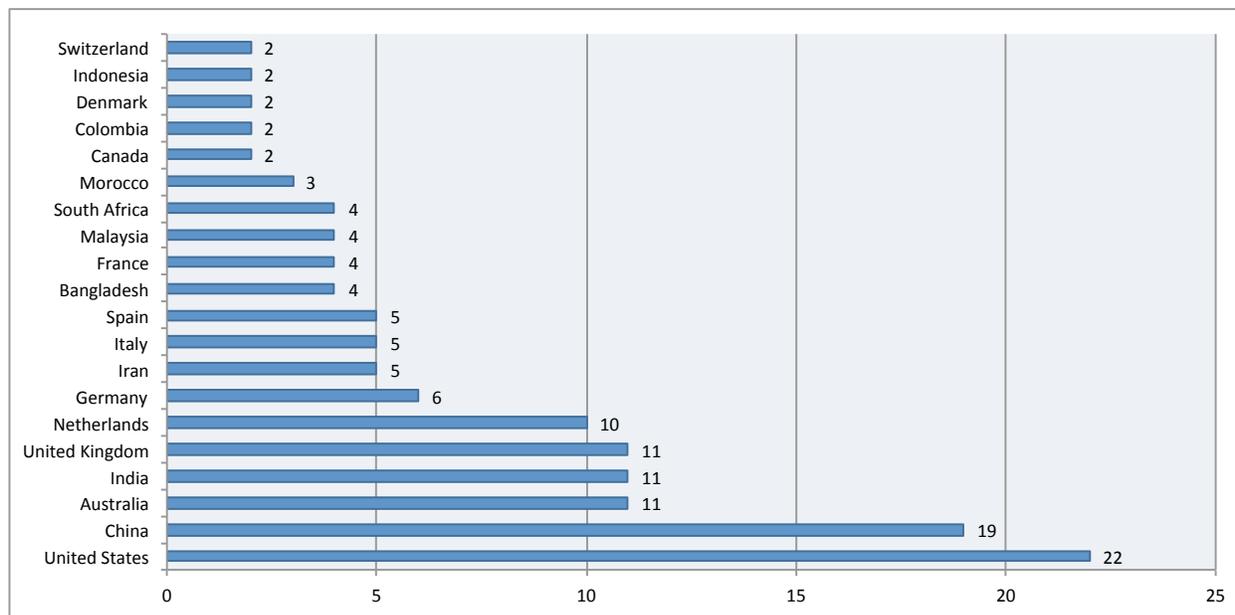
Como se observa, los investigadores en el tema están vinculados a diferentes instituciones de carácter académico, con lo cual se destacan los países que incentivan la investigación científica en el sector académico como son el Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Países Bajos e Irán. Esto es coherente en su gran mayoría y se alinea con lo que se observa en las siguientes partes del artículo con respecto al país de origen de los autores y los patrocinadores de las investigaciones. En el único caso que no se ve esta relación es con China.

3.3. País de origen

En el gráfico 4 se presenta el listado de países con mayores publicaciones en el tema.

Gráfico 4

Países



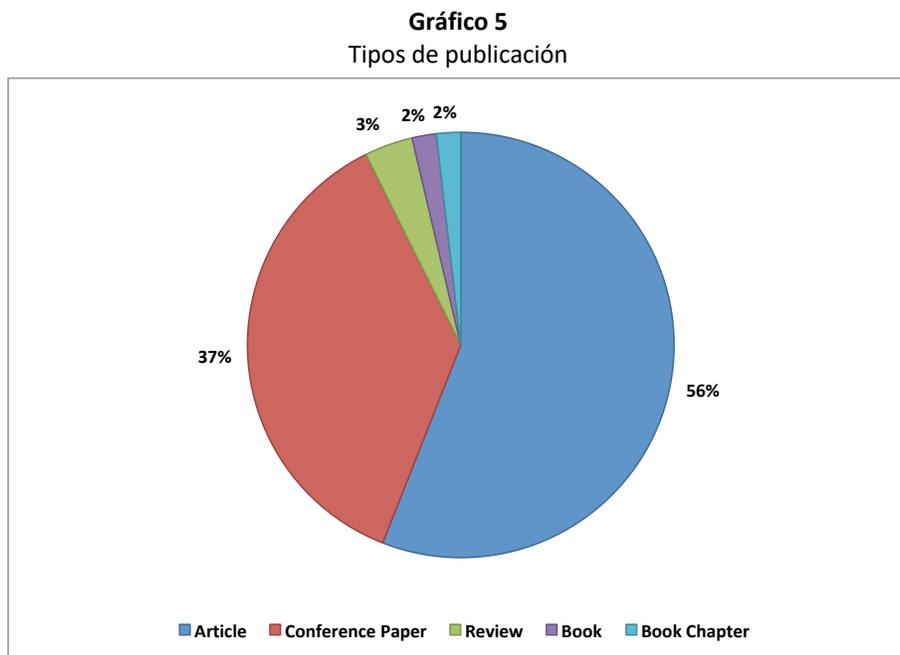
Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

Como se observa en el gráfico 4, hay dos países líderes en aplicar herramientas de I.A. en la formulación de políticas públicas agrarias, los cuales son Estados Unidos -el cual tiene 22 publicaciones- y China -con 19 publicaciones. Luego de los países líderes hay un grupo de países seguidores en investigación sobre el tema, que son Australia con 11 publicaciones, India con 11 publicaciones, Reino Unido con 11 publicaciones y Países Bajos con 10 publicaciones. Lo encontrado es acorde a lo visto en la afiliación de los autores; se observa que los países

líderes en el tema son Estados Unidos, Australia, Reino Unido y Países Bajos; pero también aparecen como países líderes China e India.

3.4. Tipo de publicación

En el gráfico 5 se presenta el porcentaje del tipo de publicación.

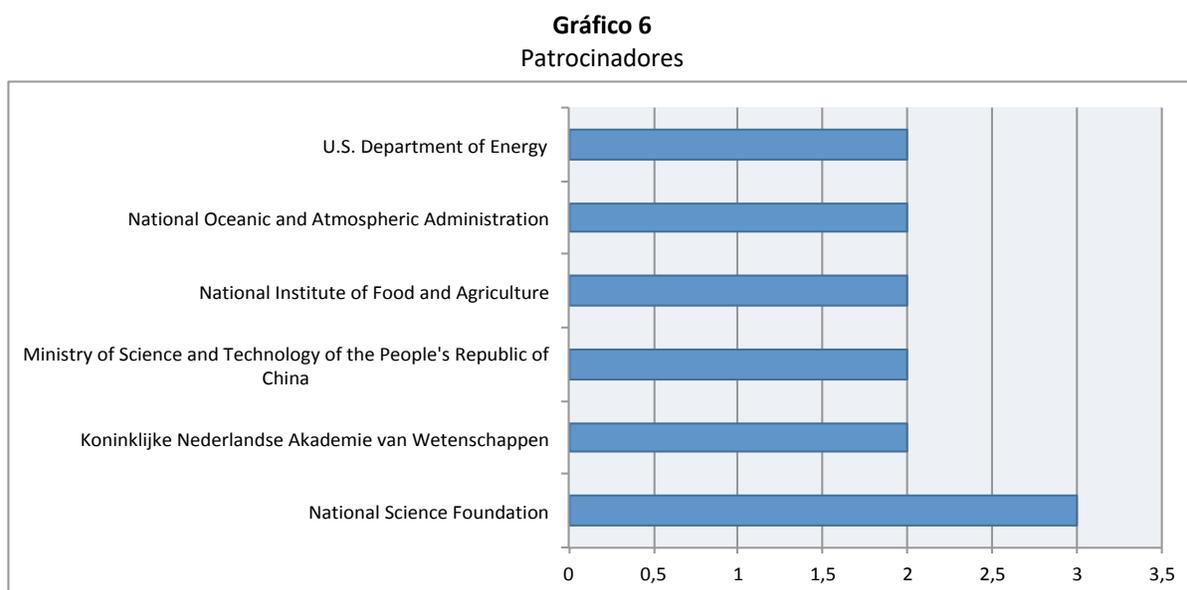


Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

Como se observa en gráfico 5, la mayoría de publicaciones han sido artículos científicos en revistas especializadas. En un segundo lugar son artículos en conferencias.

3.5. Patrocinadores

En el gráfico 6 se presentan los principales patrocinadores de las publicaciones analizadas.



Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

Como se observa en la gráfica 6, las principales organizaciones que han patrocinado estudios para el uso de herramientas de I.A, para la formulación de políticas públicas agrarias se describen a continuación.

National Science Foundation. La fundación financia la investigación y educación en campos de la ciencia y la ingeniería. Lo hace a través de subvenciones y acuerdos de cooperación con instituciones de educación, empresas, organizaciones de ciencias informales y otras organizaciones de investigación en Estados Unidos (National Science Foundation, 2020).

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (The Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences). La Real Academia Holandesa de las Artes y las Ciencias se fundó en 1808 como órgano asesor del Gobierno holandés. La Real Academia es responsable de 14 institutos de investigación (Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2020).

Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Es el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República China, encargado de promover y desarrollar políticas en innovación, ciencia y tecnología (Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, 2020).

National Institute of Food and Agriculture. Es una entidad gubernamental de Estados Unidos creada en el 2008, la cual proporciona financiamiento para programas que promueven las ciencias relacionadas con la agricultura. Trabaja en conjunto con científicos, formuladores de políticas, expertos y educadores en organizaciones de todo el mundo (National Institute of Food and Agriculture, 2020).

National Oceanic and Atmospheric Administration. La NOAA se creó en 1970 y es una agencia gubernamental de los Estados Unidos adscrita al Departamento de Comercio. Esta agencia tiene como objetivo comprender y predecir los cambios en el clima, los océanos y las costas (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2020).

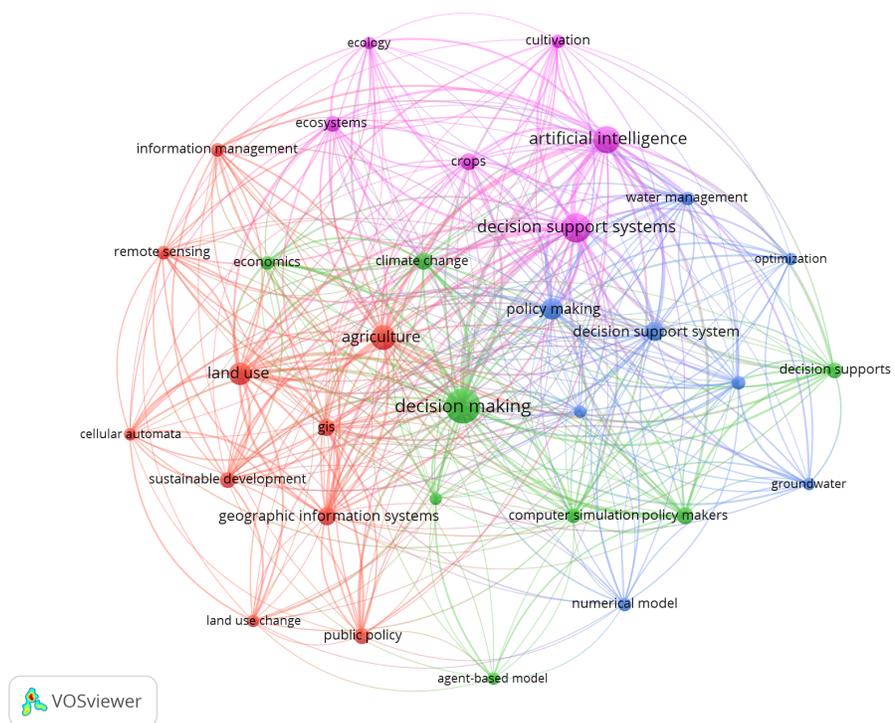
U.S. Department of Energy. Es una entidad gubernamental de los Estados Unidos fundada en 1977, la cual tiene como misión "garantizar la seguridad y la prosperidad de los Estados Unidos abordando sus desafíos energéticos, ambientales y nucleares a través de soluciones transformadoras de ciencia y tecnología" (Department of Energy, 2020).

Como se observa, los países líderes en investigación y desarrollo de herramientas de I.A., para formular políticas públicas en el sector agrícola, los cuales son Estados Unidos y China, patrocinan las investigaciones a través de instituciones gubernamentales, con lo cual se evidencia la voluntad política que existe en este ámbito. Estos dos países son los que tienen un mayor PIB (Producto Interno Bruto) en el mundo. Estados Unidos con un PIB de 20.544.343,46 millones de dólares en el 2018 y China con un PIB de 13.608.151,86 millones de dólares en el 2018 (Banco Mundial, 2020). Ello evidencia la importancia de la voluntad política de los gobernantes de un país en desarrollar políticas y programas de financiamiento para llevar a cabo investigaciones que integren las herramientas de I.A. en el desarrollo de políticas públicas.

3.6. Palabras clave

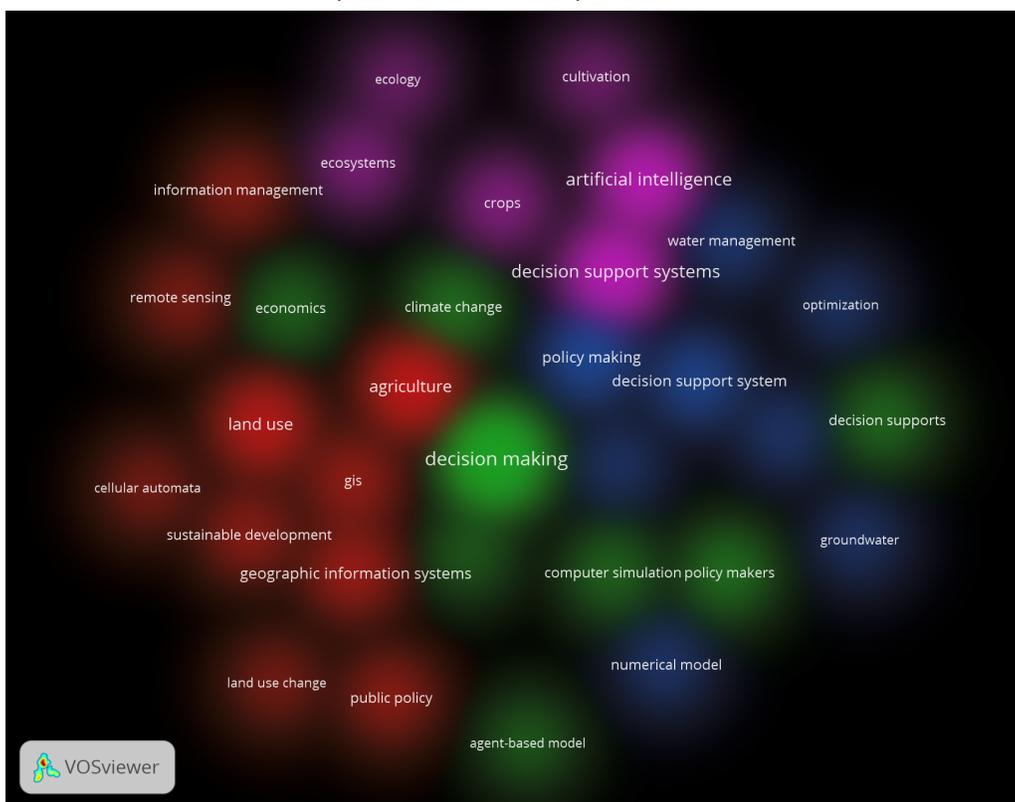
En el gráfico 7 se observa la red de relaciones de las palabras clave encontradas en las publicaciones y en el gráfico 8 el mapa de densidad de dichas palabras agrupadas. La herramienta informática que se usó, como se explicó en la metodología, fue VosViewer en su versión libre.

Gráfico 7
Red de relaciones de las palabras claves



Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores con VosViewer

Gráfico 8
Mapa de densidad de las palabras claves



Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores con VosViewer

Para crear los enlaces y la asociación de las palabras claves se utilizó el método llamado fuerza de asociación. Al aplicar el método, el sistema agrupó las palabras clave en 4 grupos, como se observa en gráfico 9, y la relación entre palabras se observa en la gráfica 8. A continuación se presentan los grupos.

Grupo 1 (Agricultura, celular autómatas, geographic information systems, gis, information management, land use, land use change, public policy, remote sensing, sustainable development). En el primer grupo se observa que se ha usado inteligencia artificial, en especial autómatas celulares, en conjunto son sistemas de información geográfica para generar políticas públicas en el uso y sustitución de las tierras en pro de un desarrollo sostenible.

Grupo 2 (agent-based model, climate change, computer simulation, decision making, decision supports, economics, forestry, policy makers). En el grupo dos se observa que se ha usado simulación computacional a través de la técnica de inteligencia artificial llamada modelos basados en agentes para toma de decisiones en formulación de políticas públicas, tomando en cuenta como variable el cambio climático y la forestación de zonas.

Grupo 3 (decision support system, genetic algorithm, groundwater, numerical model, optimization, policy making, water management, water quality). El tercer grupo presenta que se han desarrollado sistemas de soporte de decisión DSS, con herramientas de I.A como algoritmos genéticos, para formular políticas públicas relacionadas con la gestión del agua y la calidad del agua.

Grupo 4 (artificial intelligence, crops, cultivation, decision support systems, ecology, ecosystems). El cuarto grupo presenta que se han desarrollado sistemas de soporte de decisión DSS con herramientas de inteligencia artificial para determinar tipos de cultivos y su producción, buscando que sean amigables al medio ambiente.

Se evidencia a través de las publicaciones científicas la gran utilidad de las técnicas de inteligencia artificial I.A. en el proceso de toma de decisiones para el sector agrícola y también al proceso de formulación de políticas públicas al respecto, en especial buscando generar políticas que ayuden a determinar el uso adecuado de la tierra y el agua, en pro de generar cultivos que sean amigables al medio ambiente; en otras palabras, busca generar una agricultura sostenible. También se toma en cuenta el cambio climático para la generación de estas políticas.

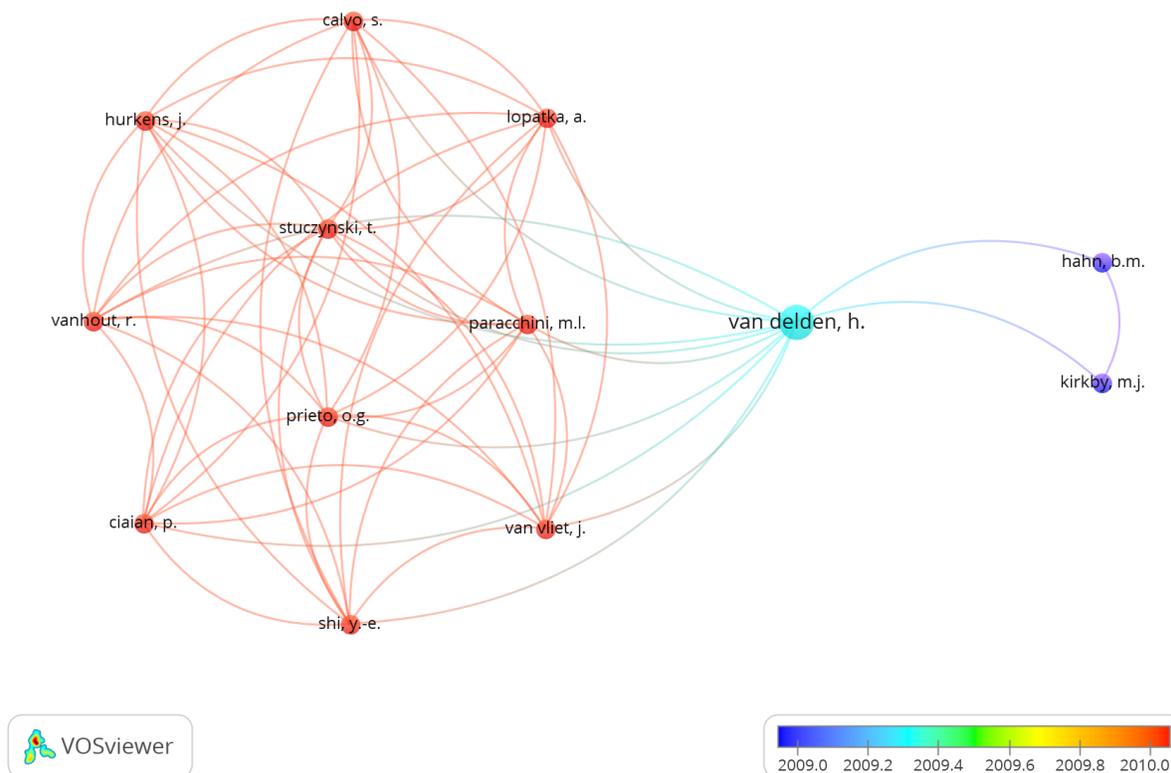
3.7. Citación de autores

En el gráfico 9 se observa cómo es la relación de citaciones entre autores de forma cronológica. Los autores se agruparon en 2 grupos. El método que se utilizó para agrupar fue el de fuerza de asociación. A continuación se presentan los grupos.

Grupo 1 (hahn, b.m.; kirkby, m.j.; van delden, h.). El primer grupo corresponde a los pioneros en el tema, pero la más significativa de los 3 es Hedwig Van Delden, que ha sido la investigadora referente para los futuros investigadores. Van Delden es actualmente la directora del Research Institute for Knowledge Systems (RIKS) y profesora asociada de la Universidad de Adelaide. En la tabla 2 se presentan las publicaciones de Van Delden sobre el tema.

Grupo 2 (calvo, s.; ciaian, p.; hurkens, j.; lopatka, a.; paracchini, m.l.; prieto, o.g.; shi, y.-e.; stuczynski, t.; van; vliet, j.; vanhout, r.). El segundo grupo corresponde a los autores que han trabajado sobre el tema, luego de los pioneros.

Gráfico 9
Red de citaciones de autores



Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores con VosViewer.

Tabla 2
Publicaciones de Hedwig Van Delden

Título del Documento	Año	Fuente del Documento	Tipo de Documento
Integrated assessment of agricultural policies with dynamic land use change modeling	2010	Ecological Modelling	Article
Towards a modelling framework for integrated assessment in arid and semi-arid regions	2009	18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings	Conference Paper
Integration of socio-economic and bio-physical models to support sustainable development	2009	18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings	Conference Paper

Fuente: SCOPUS, Adaptado por autores

Las publicaciones de Van Delden se refieren a desarrollos de sistemas de soporte en toma de decisiones en el sector agropecuario que se crearon en el Research Institute for Knowledge Systems (RIKS). Estos sistemas se

crearon para soportar el proceso de toma de decisiones en formulación de políticas públicas en la Unión Europea. A continuación se explican brevemente.

Sistema LUMOCAP. Este es un sistema de apoyo de políticas públicas que va dirigido a los responsables políticos de la Comisión Europea (CE) y tiene como objetivo proporcionar apoyo en el campo del desarrollo agrícola y rural sostenible. El modelo del sistema integra procesos socioeconómicos y biofísicos. El sistema tiene un módulo de evaluación que presenta indicadores sociales, económicos y ambientales relevantes para las políticas (Hedwig Van Delden et al., 2010).

Sistema DeSurvey IAM. El Modelo de Evaluación Integrada DeSurvey (DeSurvey IAM) es un sistema que tiene como objetivo apoyar a los planificadores y responsables de políticas en desarrollo regional y la desertificación en regiones áridas y semiáridas: agricultura sostenible, gestión de recursos hídricos y degradación de la tierra. El sistema sirve para llevar a cabo una evaluación integrada del impacto de diferentes factores externos y opciones de política en una serie de indicadores relevantes (H. Van Delden, Kirkby, & Hahn, 2009).

Sistema MedAction (PSS). El Sistema de Apoyo de Políticas de MedAction (PSS) tiene como objetivo apoyar a los formuladores de políticas en las regiones áridas y semiáridas en la comprensión de los impactos de los desarrollos autónomos y otros impactos, como el crecimiento económico y demográfico o el cambio climático. Permite a los usuarios realizar análisis hipotéticos de diversas alternativas de políticas. Los impactos se pueden medir por medio de una serie de indicadores, como las ganancias en el sector agrícola, el área forestal, el uso y la disponibilidad del agua, la degradación de la tierra y los cambios en el uso de la tierra (H. Van Delden, 2009).

4. Conclusiones

La inteligencia artificial aplicada en la formulación de políticas públicas agrarias es una aplicación de la ciencia que se ha comenzado a desarrollar en los últimos 10 años y, tomando en cuenta el número de publicaciones elaboradas, se observa que es un área de investigación que tiene mucho que desarrollar.

Los países desarrollados son los países que demuestran más interés en desarrollar investigaciones relacionadas con inteligencia artificial aplicada a la formulación de políticas públicas, donde los 2 países que encabezan el listado son Estados Unidos y China. Este interés se afirma debido a que las investigaciones son financiadas a través de organismos gubernamentales de cada país.

Hasta el momento, las investigaciones desarrolladas han buscado generar políticas públicas agrarias que ayuden a determinar el uso adecuado de la tierra y el agua en la producción agrícola para, de tal forma, lograr generar una agricultura sostenible.

Referencias bibliográficas

- Abarca, F. J., Campos, F. S., & Reinoso, R. (2017). Methodology of Decision Support through GIS and Artificial Intelligence: Implementation for Demographic Characterization of Andalusia based on Dwelling. *Estoa*, 6(11), 33–51. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a03>
- Badaracco, N., Mariño, S., & Alfonso, P. (2014). Modelización De La Asignación De Aulas Con Técnicas Simbólicas De La la Como Ayuda A La Toma De Decisiones. *Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, 13(2), 16–35.
- Banco Mundial. (2020). PIB (US\$ a precios actuales) | Data. Recuperado 17 de abril de 2020, de datos banco mundial website: https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_value_desc=true

- Baudasse, T., & Calderón, C. (2009). Integración comercial del sector agrícola y desigualdad económica en los países en vías de desarrollo. *investigación económica*, 68(269), 37–72.
- Carvajal, L. F. (2013). Un Modelo De Gestión De La Calidad Y Cantidad De Agua Con Lógica Difusa Gris Para El Río Aburrá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12(22), 33–44.
- Cisneros, A. M. (2013). Sistema De Inteligencia Artificial Como Soporte A La Toma De Decisiones Financieras En Las Sociedades De Corretaje. *Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, 4(2), 54–73.
- Department of Energy. (2020). About Us | Department of Energy. Recuperado 17 de abril de 2020, de About Us website: <https://www.energy.gov/about-us>
- Fernández, J. A., Martín, Q. M., & Rodríguez, J. M. C. (2013). Business Intelligence Expert System on SOX Compliance over the Purchase Orders Creation Process. *Intelligent Information Management*, 5(3), 49–72. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/iim.2013.53007>
- Gimona, A., & Polhill, J. G. (2011). Exploring robustness of biodiversity policy with a coupled meta community and agent-based model. *Journal of Land Use Science*, 6(2–3), 175–193. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2011.558601>
- Gimona, A., Polhill, J. G., & Davies, B. (2011). Sinks, sustainability, and conservation incentives. En J. Liu, V. Hull, A. T. Morzillo, & J. A. Wiens (Eds.), *Sources, Sinks and Sustainability* (pp. 155–178). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511842399.010>
- Gómez, P. P. (2016). *Evaluación de la política pública de reforma agraria en Colombia (1991 – 2010): Estudios de caso en seis municipios del país* (Universidad Nacional de Colombia Facultad). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/53481/>
- Hernández, E. J., Duque, N. D., & Moreno, J. (2016). Generación de pronósticos para la precipitación diaria en una serie de tiempo de datos meteorológicos. *Ingenio Magno*, 7(June), 144–155.
- James Hutton Institute. (2013). The James Hutton Institute | Science connecting land and people. Recuperado 16 de abril de 2020, de Home Page website: <https://www.hutton.ac.uk/>
- López, A., & Silega, N. (2015). Ontología para la clasificación del riesgo de crédito en el Banco Nacional de Cuba Ontology to credit risk classification in the National Bank of Cuba. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 8(1), 17–31.
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, K., ... Dewhurst, M. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad* (p. 27). p. 27.
- Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. (2020). Mission. Recuperado 16 de abril de 2020, de Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China website: <http://www.most.gov.cn/eng/eng/organization/>
- Morales, S. L., Morales, M. R., & Rizo, R. (2017). Metodología para Procesos de Inteligencia de Negocios con mejoras en la extracción y transformación de fuentes de Datos. *Revista Publicando*, 4(11), 107–119. Recuperado de http://rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/view/553/pdf_364
- National Institute of Food and Agriculture. (2020). About NIFA | National Institute of Food and Agriculture. Recuperado 17 de abril de 2020, de About NIFA website: <https://nifa.usda.gov/about-nifa>

- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020). About Our Agency | National Oceanic and Atmospheric Administration. Recuperado 17 de abril de 2020, de About Our Agency website: <https://www.noaa.gov/about-our-agency>
- National Science Foundation. (2020). US NSF - About Funding. Recuperado 16 de abril de 2020, de National Science Foundation website: <https://www.nsf.gov/funding/aboutfunding.jsp>
- Ochoa, A. J., Orellana, A., Sánchez, Y., & Dávila, F. (2014). Componente web para el análisis de información clínica usando la técnica de Minería de Datos por agrupamiento Web component for the analysis of clinical information using the technique of clustering data mining. *Revista Cubana de Informática Médica*, 6(1), 5–16.
- Ospina, D. M. (2017). *Reivindicando al campesinado en Colombia: Análisis de las fallas de redistribución y de reconocimiento en la implementación de las Política Agrarias de los Siglos XX - XXI, y en la Política Pública de Víctimas y Restitución de Tierras.*
- Peña, J. J., Chan, A. O., & Balam, C. del C. (2017). Sistema Experto En Apoyo A Toma De Decisiones Para Aprobación De Líneas De Crédito. *Pistas Educativas*, 39(04), 402–411.
- Polhill, J. G., Gimona, A., & Gotts, N. M. (2010). Analysis of incentive schemes for biodiversity using a coupled agent-based model of land use change and species metacommunity model. *Modelling for Environment's Sake: Proceedings of the 5th Biennial Conference of the International Environmental Modelling and Software Society, iEMSs 2010, 1*, 809–816.
- Polhill, J. G., Gimona, A., & Gotts, N. M. (2013). Nonlinearities in biodiversity incentive schemes: A study using an integrated agent-based and metacommunity model. *Environmental Modelling and Software*, 45, 74–91. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.11.011>
- Ramírez, R. A., Díaz, Y. V., & Fernández, Y. A. (2016). Jurimetría : Una opción para la sociedad . Jurimetrics : An choice for society . *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas Vol.*, 9(4), 1–6.
- RIKS, R. I. for K. S.-. (2020). RIKS - Home. Recuperado 17 de abril de 2020, de Home Page website: <http://www.riks.nl/>
- Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. (2020). About us - About us. Recuperado 16 de abril de 2020, de Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences website: <https://knav.nl/en/about-us>
- Santacreu, L. J., Talavera, A., Aguasca, R., & Galván, B. J. (2015). Sistema experto para tomar decisiones de emergencias y seguridad ante meteorología adversa. *Dyna Ingeniería E Industria*, 90(5), 502–512.
- Shaffer, R. (2017). Cognitive load and issue engagement in congressional discourse. *Cognitive Systems Research*, 44, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.03.006>
- Sosa, M. D. C. (2007). Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial. *Pensamiento & Gestión*, (23), 153–186. <https://doi.org/10.1657-6276>
- Soto, C. (2003). La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (50), 173–195.
- Thomas, H. F. (2017). Modeling contagion in policy systems. *Cognitive Systems Research*, 44, 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.03.003>

University of Tehran. (2020). University of Tehran. Recuperado 16 de abril de 2020, de Home website: <https://ut.ac.ir/en>

Van Delden, H. (2009). Integration of socio-economic and bio-physical models to support sustainable development. *18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings*, (July), 2457–2463.

Van Delden, H., Kirkby, M. J., & Hahn, B. M. (2009). Towards a modelling framework for integrated assessment in arid and semi-arid regions. *18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings*, (July), 3563–3569.

Van Delden, Hedwig, Stuczynski, T., Ciaian, P., Paracchini, M. L., Hurkens, J., Lopatka, A., ... Vanhout, R. (2010). Integrated assessment of agricultural policies with dynamic land use change modelling. *Ecological Modelling*, 221(18), 2153–2166. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.03.023>

Vargas, C., Téllez, G., Cubillos, A., Gómez, P., & Garzón, Lady. (2016). Análisis de los beneficiarios de la Política Pública de Reforma Agraria en el marco del desarrollo rural en Colombia (1994–2010). *Pampa*, (13), 31–53.

Wageningen University An Research. (2020). WUR. Recuperado 16 de abril de 2020, de Home Page website: <https://www.wur.nl/en.htm>

Zamora, A. P. (2017). Aplicación de la inteligencia artificial en la inversión de campañas publicitarias Application of artificial intelligent in the investment of advertising campaigns. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4(3), 312–322.