

Inteligencia Artificial aplicada a Vehículos Autónomos: Un Análisis Bibliométrico

Artificial Intelligence applied to Autonomous Vehicles: A Bibliometric
Analysis

—

Edwin Fontalvo Montoya
medwin@uninorte.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3367-8339>

UNIVERSIDAD DEL NORTE, BARRANQUILLA, COLOMBIA



Para citar este artículo:

Fontalvo Montoya, E. . (2022). Inteligencia Artificial aplicada a Vehículos Autónomos: Un Análisis Bibliométrico. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(29). <https://doi.org/10.31644/IMASD.29.2022.a07>

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar el campo de estudio de la Inteligencia Artificial (IA) en lo que se refiere a los Vehículos Autónomos (VA). Por medio de un estudio bibliométrico se construyó un panorama de esa área de investigación. A partir de la producción científica disponible en la base de datos Web of Science (WoS), se buscó entender los principales temas que están siendo abordados acerca Vehículos Autónomos y el uso de IA en ellos. La comprensión sobre qué dirección está tomando la Inteligencia Artificial en Vehículos Autónomos es relevante para señalar caminos para nuevas investigaciones, infraestructura, leyes y políticas públicas, principalmente en Latinoamérica, donde el tema es poco explorado.

Palabras clave:

Inteligencia Artificial; IA; Vehículos autónomos; Bibliometría.

— *Abstract*—

This article aims to analyze the field of study of Artificial Intelligence (AI) in regard to autonomous vehicles (VA). Through a bibliometric study, an overview of this research area was constructed. From the scientific production available on the Web of Science (WoS) database, we sought to recognize the critical issues that are being addressed about autonomous vehicles and the use of AI in them. Assuming which direction Artificial Intelligence in autonomous vehicles is taking is relevant to point out paths for recent research, infrastructure, laws, and official policies, mainly in Latin America, where the subject is little explored.

Keywords:

Artificial Intelligence; AI; Autonomous Vehicles; Bibliometric.

Los inicios de la Inteligencia Artificial se remontan a siglos. Desde el renacimiento se crearon autómatas con funciones limitadas. A mediados del siglo XX, con la construcción de las primeras computadoras electrónicas, se empezó a discutir la posibilidad de construir máquinas pensantes. En 1950, Alan Turin, creó su prueba para saber si una máquina es inteligente o no, pero solo se centraba en un diálogo humano-máquina.

John McCarthy acuñó el término Inteligencia Artificial (IA) en 1956, para referirse a la parte de la ingeniería y las ciencias encargadas de construir máquinas inteligentes, específicamente en el área del software. Más adelante, en 1980, John Searle refutó la prueba de Turin, con la que denominó “la habitación china”. En ella, Searle afirma que engañar a un humano no demuestra que un software o máquina piense por sí sola y mostró que pueden hacer actividades sin comprender exactamente lo que hacen.

El significado de IA ha tenido diferentes conceptos y percepciones, lo que ha llevado a diferentes investigaciones sobre lo que realmente es una máquina inteligente. Gartner (Gartner, 2020), empresa consultora en tecnologías de la información, define la IA como aplicar análisis y técnicas basadas en lógica, incluyendo el aprendizaje autónomo al interpretar eventos, toma de decisiones y realizar tareas. De esta forma la IA se puede entender como la ciencia que busca diseñar y programar máquinas para realizar tareas que imiten la inteligencia humana.

Entre algunas de sus aplicaciones modernas están los juegos, especialmente el ajedrez, damas y el go (juego de estrategias chino). Casos sobresalientes fueron la computadora Deep Blue que ganó en 1997 al campeón de ajedrez Gari Kasparov y la supercomputadora Watson, que ganó tres juegos de Jeopardy, superando campeones humanos. También se ha aplicado a la creación de robots como los utilizados por la NASA para la exploración del espacio (Spirit y Opportunity).

Uno de los casos prácticos de la utilización de la IA, es la conducción de vehículos por sí mismos, es decir vehículos autónomos (VA). Según Gartner (Gartner, 2020), los VA son aquellos que pueden conducir desde un punto origen a un destino, en modo “piloto automático”, utilizando diversas tecnologías y sensores. En 1980, la agencia de proyectos de investigación y defensa de Estados Unidos (DARPA), lanzó su primer vehículo autónomo con fines militares. Actualmente empresas importantes como Apple, Google, Amazon y Uber, entre otras, desarrollan diferentes tecnologías para sus VA a nivel mundial. Estos están equipados con todo tipo de sensores, GPS, LIDAR, visión computarizada y, por supuesto, orquestado por IA (Meseguer Gonzalez & Badia, 2017).

Esta tecnología de IA unida con los VA ya lleva alrededor de 40 años, pero no ha llegado a ser robusta y segura. En 2018 falleció en Tempe, Arizona (Estados Unidos), el primer peatón por un VA suscrito a Uber. A

raíz de este accidente, la sociedad y la industria se han cuestionado sobre la seguridad y riesgos que aún tienen este tipo de vehículos. Se debe garantizar la fiabilidad y protección ante ciberataques, sin dejar de lado las cuestiones éticas, morales y legales en caso de accidentes.

A continuación se explica la metodología usada en este artículo, para revisar las investigaciones publicadas en Web of Science (WoS) de Clarivate Analytics, sobre la utilización de IA en VA y describir el estado del arte con las tendencias de investigación futuras.

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

En la presente revisión bibliométrica, se revisaron las publicaciones realizadas en la Base de Datos Web of Science (WoS), usando su Core Collection y excluyendo las fuentes emergentes (Emerging Sources Citation Index – ESCI) por carecer de índices de impacto. Luego se detalla la cantidad de artículos encontrados y se inicia la revisión de lectura de resúmenes para identificar artículos relevantes para este análisis.

Planeación: El objetivo de este análisis es identificar cómo han evolucionado las investigaciones en revistas científicas sobre IA y VA indexadas en WoS.

Revisión: Se identificaron palabras clave, ecuación de búsqueda usando operadores booleanos, se tomó como periodo de búsqueda desde 2000 hasta 2020, el idioma y los tipos de documentos. A continuación, se muestran los criterios de inclusión y exclusión.

- 1) *Palabras clave:* artificial intelligence; inteligencia artificial; autonomous vehicles; self-driving cars; autonomous mobility; vehículos autónomos; driverless mobility.
- 2) Se revisaron exclusivamente artículos indexados en revistas académicas. Se excluyeron del análisis libros, tesis, ensayos, foros y otro tipo de obras.
- 3) Para que sea replicable esta revisión, se desarrolló la siguiente ecuación de búsqueda:

TOPIC: (("artificial intelligence" OR ai OR "inteligencia artificial") AND ("autonomous vehicles" OR "self-driv* cars" OR "autonomous mobility" OR "vehiculos autonomos" OR "driverless mobility")) Refined by: LANGUAGES: (ENGLISH OR SPANISH) AND DOCUMENT TYPES: (ARTICLE) AND RESEARCH AREAS: (ENGINEERING OR COMPUTER SCIENCE) Timespan: All years. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, BKCI-S, BKCI-SSH.

Criterios de inclusión:

- Todos los países: Para examinar cómo diferentes regiones aportan en la producción científica del tema tratado.
- Idioma: Artículos académicos escritos en inglés y español.
- Tipo de documentos: Se incluyeron artículos.

Criterios de Exclusión:

- Idioma: Artículos escritos en idiomas diferentes al inglés y el español.
- Se excluyeron artículos no académicos o no incluidos en la colección principal de WoS, revisiones, libros, capítulos de libros, patentes y documentos de conferencias (Proceedings).
- Se enmarcó la búsqueda en las áreas de ingeniería y ciencias de la computación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un análisis bibliométrico sistemático y exhaustivo se realizó, utilizando el sistema de análisis de resultado proporcionados por Web of Science (WoS) y la herramienta gratuita para mapas científicos vosviewer.

Los resultados arrojados en este estudio, realizado en junio del 2020, fueron de 61 artículos, 21 de acceso abierto, desde el 2005 al 2020, teniendo los dos últimos años el 67.2% de la totalidad. Como lo muestra la Figura 1, este tema es emergente en la literatura y en creciente incremento.

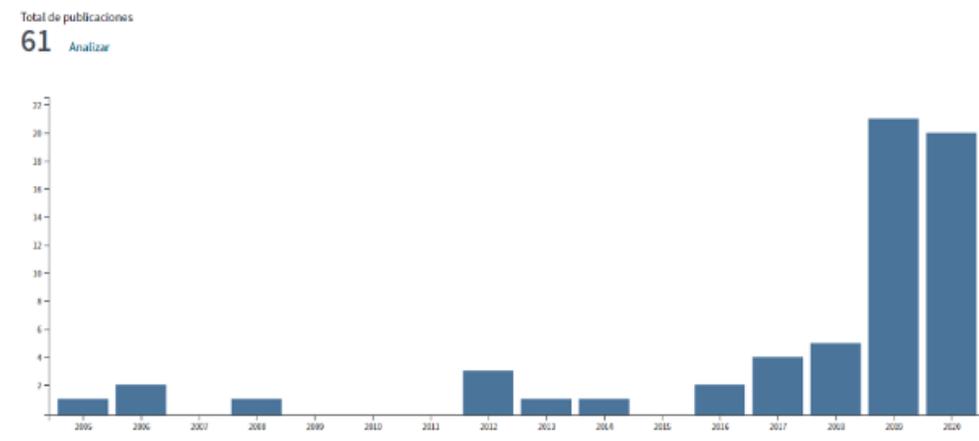


Figura 1. Publicaciones por año. Fuente: Análisis de resultados WoS

Ordenando estos resultados por los más citados, aparece en primer lugar el artículo de Dresner y Stone (Dresner & Stone, 2008), sobre manejo autónomo en intersecciones, de 2008 con 379 citas, seguido muy de lejos con 90 citas por el artículo de Akhtar y Mian (Akhtar & Mian, 2018), sobre ataques adversos al aprendizaje profundo en visión artificial. Siendo el primero de Estados Unidos y el segundo de Australia.

La revisión de la producción de artículos por países/regiones, muestra una actividad significativa en Estados Unidos (42,6%), seguido en Asia por China (14,75%). Solo Brasil hace presencia entre los países latinoamericanos, con un artículo. Europa, que cuenta con un total de 15 países, tiene el 50,8% de artículos publicados. Un análisis sobre los países más productivos y su relación se muestran en la Figura 2. Los resultados muestran que Estados Unidos ocupa el primer lugar con 605 citas y 13 coautorías. Lo sigue China, con 12 citas y 9 coautorías.

Estudiando la contribución científica entre organizaciones, se ve que las universidades lideran las investigaciones. Este estudio muestra al MIT en primer lugar, con 3 documentos y 79 citas, seguido por la Universidad de Stanford con 3 documentos y 8 citas. Los centros de investigación y empresas privadas quedan relegados dada su poca producción académica.

Tras un análisis de Co-ocurrencia de palabras claves en los documentos, pueden notarse las relaciones e interrelaciones entre la IA aplicada en VA y las tendencias emergentes de investigación (Figura 3). Los términos más encontrados fueron: autonomous vehicle (17), artificial intelligence (13), machine learning, big data(6), computer vision, automation, y neural networks.

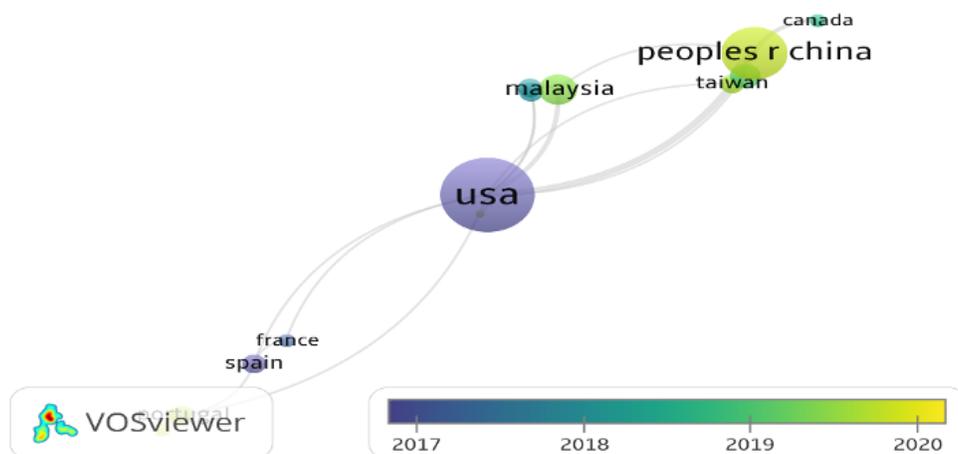


Figura 2. Colaboración entre países. Fuente: creación propia con VOSviewer. Fuente: Elaboración propia

Analizar bibliométricamente la frecuencia de aparición de las palabras claves (indexadas por autores y editores), nos permite evaluar el peso de la inves-

tigación en estos temas. La visualización de la red en la Figura 3 corresponde a los 51 términos más comunes, de un total de 361 palabras, en los 61 trabajos de resultados. Usando vosviewer, se dividieron las palabras claves en 4 clúster (Figura 3). Un clúster es un conjunto de nodos relacionados, dependiendo de los pesos asignados a cada uno (Van Eck & Waltman, 2013). Esta clasificación se tomó para analizar la literatura encontrada.

El primer conjunto está conformado por las palabras claves importantes para la búsqueda de vehículos autónomos e inteligencia artificial. Además, están relacionadas con temas muy importantes en cuanto a la seguridad, toma de decisiones, ética, visión computarizada y experiencia del usuario, entre otras. De acuerdo con la literatura encontrada, J. Millar (2016) estudió cómo debemos automatizar la toma de decisiones éticas en robots y vehículos autónomos. Propone cinco especificaciones para una herramienta que ayude a los diseñadores en la evaluación ética de toma de decisiones. Se deben considerar los principios de ética de interacción humano-robótica (HRI), para diseños aceptables, ya que ayuda a subrayar problemas de diseño mientras sugiere la forma de solucionarlos. Por otro lado, J. Hass, recientemente en abril del 2020, propuso un enfoque novedoso de aprendizaje por refuerzo, por “mundos de cuadrícula moral”, en el que la IA aprenda del entorno, en lugar de programarlos con contenidos aprendidos por los humanos. Contrario a ellos, H. Etienne en febrero de este año 2021, desnuda las falencias y peligros existentes en la “Máquina Moral” (MM), donde se alimenta la IA con votaciones de las personas y deja de lado la ética normativa. Entre algunos peligros que menciona están el uso de estos VA para fines terroristas y la legislación para la protección de datos tomados por estos vehículos.

Para la correcta toma de decisiones el VA debe estar equipado con la mejor tecnología en radares, sensores, cámaras, LIDAR, redes neuronales convolucionales (CNN) para realizar reconocimiento y técnicas wimax. Lo anterior fue estudiado por Zhou (2019), con un vehículo utilizado en el DARPA Urban Challenge 2007. Se evidenció la mejoría en la conducción y menos colisiones, al tener intercambio de información entre los vehículos que permite planificar y evitar los obstáculos con precisión.

reservas. Por otro lado, se emplean lógica y control difuso para simular el control de humanos en VA y mejorar el rendimiento en la toma de decisiones (Naranjo, Gonzalez, Garcia, de Pedro, & Haber, 2005; Naranjo, Jimenez, Gomez, & Zato, 2012).

El tercer clúster muestra los retos más recientes de los vehículos autónomos: big data, aprendizaje automático, aprendizaje profundo, ciudades inteligentes. En una revisión de literatura con un enfoque en modelos matemático, realizada en 2017, por F. Alam sobre fusión de datos para IoT, se discuten los desarrollos futuros en estas áreas emergentes y los beneficios para las ciudades inteligentes y los VA. Concluyeron que los enfoques basados en probabilidad para la Data Fusion son simples y altamente aceptados como los enfoques clásicos de fusión de datos. Muestran que el uso de fusión de datos en VA, aunque no es nuevo, no ha tenido mucha aplicación hasta el 2010. También muestran la utilización del Data Fusion para las ciudades inteligentes controlando el tráfico, suministro de energía y controlando la contaminación.

El último clúster, aparecen términos como coordinación, aprendizaje reforzado, control difuso, control de vehículos en carretera y control inteligente. Es esta línea de ideas, C. Yu (2020) propuso utilizar un gráfico de coordinación dinámica para modelar topologías cambiantes, siguiendo dos enfoques de aprendizaje para coordinar las maniobras de conducción con un grupo de vehículos. Un enfoque es el aprendizaje de refuerzo de múltiples agentes (MARL). Este modelo solo se usó para la conducción, sin tener en cuenta las intersecciones viales. Este problema lo atacaron precisamente K. Dresner y P. Stone (2008) Vasirani & Ossowski(2012), con un enfoque multiagente basado en reservas con protocolos de comunicación definidos. También proponen solucionar los dilemas de las intersecciones con un enfoque basado en subastas combinatorias para la asignación de reservas. Por otro lado, se emplean lógica y control difuso para simular el control de humanos en VA y mejorar el rendimiento en la toma de decisiones (Naranjo, Gonzalez, Garcia, de Pedro, & Haber, 2005; Naranjo, Jimenez, Gomez, & Zato, 2012).

Las empresas que están probando los VA prometen mejorar la calidad del aire, disminuir los accidentes, ser inclusivos y seguros. Pero a raíz de algunos accidentes estas promesas están en tela de juicio.

Aunque cada vez es más común el uso de la IA artificial en celulares, video juegos, exploración del espacio y demás, aún hace falta algunos años para que su uso en vehículos autónomos sea confiable y masiva. Ya existen las primeras aproximaciones con empresas como Tesla, Uber, Google que realizan pruebas en países desarrollados, especialmente en Estados Unidos.

Los VA tienen 5 niveles de automatización, según la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) (NHTSA, 2020), pero escasamente los que

ruedan actualmente están en nivel 3. Para alcanzar el nivel 5, hacen falta cubrir muchas dudas sobre seguridad y toma de decisiones éticas y riesgos cibernéticos, sin contar con las legislaciones e infraestructuras de los países.

Estados Unidos y China llevan la delantera en los estudios hallados. Solo Brasil hace presencia, por Latinoamérica, con un artículo de la Universidades Federal do Piauí en unión con Universidades de la India y Portugal. Esto, sumado a la poca infraestructura diseñada y legislación, deja a los países latinos con pocas posibilidades de ver rodar VA en sus carreteras, según el ranking de KPMG (KPMG, 2020).

CONCLUSIÓN

En este artículo se presentó una breve revisión de literatura sobre la aplicación de la IA en VA, desde el punto de vista bibliométrico y académico, utilizando publicaciones en WoS y la herramienta vosviewer.

Se probó un aumento sistemático entre los académicos por analizar la aplicación y uso de la IA en VA desde 2005 a 2020. El análisis permite indicar que los sistemas de transporte inteligente y la inteligencia artificial son campos de estudio creciente en los dos últimos años, caracterizados por plantear cuestiones importantes para las futuras ciudades inteligentes sobre infraestructuras y legislación.

Los resultados de esta revisión pueden ser tomados como referencia por académicos, empresas privadas y gobiernos para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y ampliar el alcance de la investigación que incluyan otras fuentes de información confiable como Scopus, ACM e IEEE y nuevas herramientas y técnicas bibliométricas.

REFERENCIAS

- Akhtar**, N., & Mian, A. (2018). Threat of Adversarial Attacks on Deep Learning in Computer Vision: A Survey. *Ieee Access*, 6, 14410–14430. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2807385>
- Alam**, F., Mehmood, R., Katib, I., Albogami, N. N., & Albeshri, A. (2017). Data Fusion and IoT for Smart Ubiquitous Environments: A Survey. *Ieee Access*, 5, 9533–9554. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2697839>
- Bagga**, P., Das, A. K., Wazid, M., Rodrigues, J. J. P. C., & Park, Y. (2020). Authentication Protocols in Internet of Vehicles: Taxonomy, Analysis, and Challenges. *Ieee Access*, 8, 54314–54344. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2981397>
- Dresner**, K., & Stone, P. (2008). A multiagent approach to autonomous intersection management. *Journal of artificial intelligence research*, 31, 591–656. <https://doi.org/10.1613/jair.2502>
- Etienne**, H. (2021). When AI Ethics Goes Astray: A Case Study of Autonomous Vehicles. *Social science computer review*. <https://doi.org/10.1177/0894439320906508>
- Fu**, Y., Yu, F. R., Li, C., Luan, T. H., & Zhang, Y. (2020). Vehicular Blockchain-Based Collective Learning for Connected and Autonomous Vehicles. *Ieee wireless communications*, 27(2), 197–203. <https://doi.org/10.1109/MNET.001.1900310>
- Gartner**. (2020). Artificial Intelligence (AI). Recuperado el 6 de julio de 2020, de <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/artificial-intelligence>
- KPMG**. (2020). *Assessing the preparedness of 30 countries and jurisdictions in the race for autonomous vehicles 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index*. Recuperado de <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>
- Meseguer Gonzalez**, P., & Badia, R. L. de M. (2017). *Inteligencia artificial*. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/unorte/titulos/42319>
- Millar**, J. (2016). An Ethics Evaluation Tool for Automating Ethical Decision-Making in Robots and Self-Driving Cars. *Applied artificial intelligence*, 30(8), 787–809. <https://doi.org/10.1080/08839514.2016.1229919>
- Naranjo**, J. E., Gonzalez, C., Garcia, R., de Pedro, T., & Haber, R. E. (2005). Power-steering control architecture for automatic driving. *Ieee transactions on intelligent transportation systems*, 6(4), 406–415. <https://doi.org/10.1109/TITS.2005.858622>
- Naranjo**, J. E., Jimenez, F., Gomez, O., & Zato, J. G. (2012). Low level control layer definition for autonomous vehicles based on fuzzy logic. *Intelligent automation and soft computing*, 18(4), 333–348. <https://doi.org/10.1080/10798587.2012.10643247>

- NHTSA.** (2020). Vehículos Automatizados para la Seguridad - NHTSA. Recuperado el 10 de julio de 2020, de <https://www.nhtsa.gov/es/tecnologia-e-innovacion/vehiculos-automatizados-para-la-seguridad>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L.** (2013). vosviewer manual. Recuperado de Leiden: Univeristeit Leiden website: http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf
- Vasirani, M., & Ossowski, S.** (2012). A Market-Inspired Approach for Intersection Management in Urban Road Traffic Networks. *Journal of artificial intelligence research*, 43, 621–659. <https://doi.org/10.1613/jair.3560>
- Yu, C., Wang, X., Xu, X., Zhang, M., Ge, H., Ren, J., ... Tan, G.** (2020). Distributed Multiagent Coordinated Learning for Autonomous Driving in Highways Based on Dynamic Coordination Graphs. *Ieee transactions on intelligent transportation systems*, 21(2), 735–748. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2893683>
- Zhou, Z., Akhtar, Z., Man, K. L., & Siddique, K.** (2019). A deep learning platooning-based video information-sharing Internet of Things framework for autonomous driving systems. *International journal of distributed sensor networks*, 15(11). <https://doi.org/10.1177/1550147719883133>