



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Ignacio Rodríguez Iturbe - Zuliano ilustre
Ingeniero civil, hidrólogo profesor universitario,
doctor honoris causa de la Universidad del Zulia,
epónimo de la orden al mérito Dr. Ignacio Rodríguez Iturbe,
ciudadano ejemplar con numerosos premios nacionales e internacionales.

Adopción de Tecnologías Verdes en el Sector Industrial: una Revisión Sistemática de la Literatura

Paula A. Rodríguez-Correa¹, Jeri Gloria Ramón Ruffner de Vega²,
Alejandro Valencia-Arias^{*3}, Martha Benjumea-Arias⁴, Aarón José
Alberto Oré León³

¹Centro de Investigaciones, Institución Universitaria Escolme, CP 050001, Medellín,
Colombia.

²Facultad de Ciencias Contables, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, CP 02002,
Lima, Perú.

³Universidad Ricardo Palma, CP 15023, Santiago de Surco, Lima, Perú.

⁴Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Departamento de Finanzas, Instituto
Tecnológico Metropolitano ITM, CP 050001, Medellín, Colombia.

*Autor de correspondencia: javalenciar@gmail.com

<https://doi.org/10.22209/rt.v46a08>

Recepción: 31 de octubre de 2022 | Aceptación: 22 de agosto de 2023 | Publicación: 16 de septiembre de 2023

Resumen

Las tecnologías verdes se han venido consolidando como un aporte para el desarrollo sostenible del sector industrial; sin embargo, aún se conoce poco sobre los factores que inciden en la adopción de estas tecnologías en dicho sector. Dada esta necesidad, surge el objetivo de examinar los factores asociados a la adopción de tecnologías verdes en el contexto individual y empresarial. La metodología se estructuró a partir de una revisión sistemática que sigue los pasos de la metodología PRISMA, a partir de la búsqueda en las bases de datos Scopus, *Web of Science* y Dimensions. Se obtuvo como resultado el análisis de 123 documentos. Entre los hallazgos se observa que los factores más recurrentes son la adopción, la intención de uso, las normas sociales, la actitud y la conciencia ecológica. Se concluye que es necesaria la validación de estos factores en el contexto de economías emergentes, con el fin de establecer estrategias que respondan a las necesidades de su contexto social, tecnológico y económico.

Palabras clave: adopción de tecnologías; beneficios ecológicos; factores de adopción; revisión sistemática; tecnologías verdes.

Adoption of Green Technologies in the Industrial Sector: a Systematic Review of the Literature

Abstract

Green technologies have been consolidating as a contribution to the sustainable development of the industrial sector; however, little is known about the factors that affect the adoption of these technologies in this sector. Given this need, the objective of examining the factors associated with the adoption of green technologies in the individual and business context arises. The methodology was structured from a systematic review that follows the steps of the PRISMA methodology, from the search in the Scopus, Web of Science and Dimensions databases. The analysis of 123 documents was obtained as a result. Among the findings, it is observed that the relevant factors are the intention of use, social norms, attitude, and ecological awareness. It is concluded that the validation of these factors is necessary in the context of emerging economies, to establish strategies that respond to the needs of their social, technological, and economic context.

Keywords: adoption factors; ecological benefits; green technologies; systematic review; technology adoption.

Adoção de Tecnologias Verdes no Setor Industrial: uma Revisão Sistemática da Literatura

Resumo

As tecnologias verdes têm se consolidado como contribuição para o desenvolvimento sustentável do setor industrial; Porém, pouco se sabe ainda sobre os fatores que influenciam a adoção destas tecnologias neste setor. Dada esta necessidade, surge o objetivo de examinar os fatores associados à adoção de tecnologias verdes no contexto individual e empresarial. A metodologia foi estruturada a partir de uma revisão sistemática que segue os passos da metodologia PRISMA, a partir de busca nas bases de dados Scopus, Web of Science e Dimensions. Como resultado obteve-se a análise de 123 documentos. Dentre os achados, observa-se que os fatores mais recorrentes são adoção, intenção de uso, normas sociais, atitude e consciência ecológica. Conclui-se que a validação destes fatores é necessária no contexto das economias emergentes, de forma a estabelecer estratégias que respondam às necessidades do seu contexto social, tecnológico e econômico.

Palavras -chave: adoção de tecnologia; benefícios ecológicos; fatores de adoção; revisão sistemática; tecnologias verdes.

Introducción

Los problemas ambientales relacionados con la contaminación se hacen cada vez más presentes y requieren de soluciones urgentes que permitan reducir la contaminación del aire y el agua causada por la actividad humana (Valencia-Grajales *et al.*, 2019). Una de esas soluciones se podría ver reflejada en el desarrollo de tecnologías limpias o las denominadas tecnologías verdes, que son menos contaminantes y más comprometidas con el bienestar humano (Hossain *et al.*, 2022). Las tecnologías verdes se entienden como métodos, herramientas o materiales que reducen los impactos ambientales negativos (Bukchin y Kerret, 2020). Un beneficio potencial es que podrían reducir sustancialmente el costo de mitigar las emisiones de CO₂ con el desarrollo de tecnologías más asequibles y de mejor rendimiento (Du y Li, 2019). Estas tecnologías deben ser adoptadas y aceptadas en la sociedad como táctica fundamental para el desarrollo sostenible (Xia *et al.*, 2021). Esta es una condición previa necesaria para beneficiarse de sus ventajas (Valencia-Arias *et al.*, 2018). Además, el desarrollo acelerado y la adopción de tales tecnologías constituyen una parte importante de la transición que está haciendo la sociedad a lo sostenible (Girod *et al.*, 2017).

En general, el término “verde” se utiliza comúnmente para referirse a aquello que se percibe como ecológico y que está relacionado con los procesos ambientales. Esto implica que la adopción de tecnologías verdes se considera una alternativa ventajosa en comparación con el uso de otras tecnologías que causan impactos negativos en el ambiente (Martínez-Rubio *et al.*, 2021). En la actualidad las tecnologías verdes están llamando la atención de las organizaciones, de las cuales algunas ya están logrando la sostenibilidad mediante su aplicación en sus operaciones para reducir su consumo de energía y, al mismo tiempo, disminuir su impacto ambiental (Mahajan y Issa, 2020).

Algunas de estas tecnologías pueden ser: electrodomésticos inteligentes que ahorran energía o vehículos eléctricos (Girod *et al.*, 2017); dispositivos que ayudan a reducir emisiones de azufre en transporte marítimo como depuradores (Zhen *et al.*, 2020); tecnologías de adquisición de datos, información y transporte, relacionadas con las actividades de transporte como parte de los servicios logísticos (Zailani *et al.*, 2014); y tecnologías de teñido ecológico que pueden mejorar la sostenibilidad en la producción de telas (Shen *et al.*, 2021). Esto anterior, por mencionar algunas tecnologías que buscan reducir o mitigar los efectos nocivos en el entorno, destacando la importancia de cuidar y preservar el ecosistema.

La adopción de tecnologías verdes se ha abordado en muchos estudios a partir de factores que permiten explicar la decisión de las personas u organizaciones. Estos factores se consideran determinantes en la adopción desde la teoría subjetiva basada en creencias personales (Valencia-Arias y Montoya Restrepo, 2020; Valencia-Arias *et al.*, 2021). Por su lado, otros factores que suelen ser determinantes son los basados en las variables económicas (Girod *et al.*, 2017). Los factores por lo general se plantean en la construcción de conjuntos de bases teóricas primarias (Botero-Gómez *et al.*, 2022; Patiño-Toro *et al.*, 2022). Los modelos más abordados en estos temas, son: el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM, por sus siglas en inglés), que se considera un instrumento admisible en la caracterización asociada a la aceptación de nuevas tecnologías (Patiño-Toro *et al.*, 2020); este comprende factores esenciales como la facilidad percibida, la utilidad percibida y las actitudes, además de las intenciones de comportamiento o el uso de la tecnología (Rodríguez-Correa *et al.*, 2022a); la Teoría del

Comportamiento Planificado (TPB), la cual explica el comportamiento de las personas partiendo de las creencias, actitudes y la relación intención-conducta (Diez-Echavarría *et al.*, 2020); y la Teoría Unificada de Adopción y Uso de Tecnología 2 (UTAUT2, por sus siglas en inglés), que es una extensión de la UTAUT (Shen *et al.*, 2021). Dentro de estos modelos existen factores externos que se logran acoplar a la naturaleza y tema de investigación, pudiéndose correlacionar a fin de influir en la adopción (Patiño-Vanegas y Valencia-Arias, 2019), aceptación (Gómez-Ramírez *et al.*, 2019) y uso (Bermeo Giraldo *et al.*, 2021; Mosquera-González *et al.*, 2021) de la tecnología verde (Xia *et al.*, 2021).

La adopción de tecnologías que proporcionan ventajas ecológicas requiere de considerar factores externos relacionados con la conciencia ambiental de los consumidores (Valencia-Arias *et al.*, 2022a). Dichos factores, que se analizan bajo teorías y modelos de investigación, han permitido estructurar nuevos modelos basados en la industria, el comercio, la educación y los negocios (Bermeo-Giraldo *et al.*, 2022). Estos apuntan a determinar: i) la actitud; es decir, el grado de evaluación o valoración (favorable o desfavorable) de un individuo frente a un comportamiento en cuestión (Bermeo-Giraldo *et al.*, 2019; Valencia-Arias *et al.*, 2022b); ii) la intención, lo que conlleva a asumir un comportamiento (Valencia-Arias *et al.*, 2022c); y iii) la adopción final de las nuevas tecnologías en diversos sectores (Arango Botero *et al.*, 2021). Por tanto, con el fin de predecir los comportamientos intencionales de las personas con respecto a las nuevas tecnologías (como es el caso de las tecnologías verdes), los investigadores suelen implementar metodologías como el Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) (Arango-Botero *et al.*, 2020; Valencia-Arias *et al.*, 2022d) el análisis factorial confirmatorio (Rodríguez-Correa *et al.*, 2022b) o modelado de simulación de dinámica de sistemas (Parra *et al.*, 2022), a partir de los diferentes modelos de adopción.

Con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el desarrollo sostenible de la economía mundial, ha surgido una oportunidad en la adopción de tecnologías verdes a la par que se impulsa el crecimiento económico de los países. Se cree entonces que una gran cantidad de innovaciones relacionadas con la energía y el ambiente pueden ser la clave para abordar el dilema anterior, lo que ha llamado bastante la atención de académicos y políticos (Du y Li, 2019). Esto exige una comprensión profunda de cuáles son los factores que inciden en la aceptación o el rechazo de tales tecnologías (Girod *et al.*, 2017; Palacios-Moya *et al.*, 2021). Con base en lo anterior, se estableció el objetivo de este estudio: identificar los factores más relevantes en la adopción de tecnologías verdes en el sector industrial entre 2005 y 2022, mediante la revisión de documentos científicos almacenados en la web. Con esto, se plantean las preguntas de investigación de este estudio: 1. ¿Cuáles son los actores investigativos más importantes? 2. ¿Cuáles son los clústeres temáticos de investigación alrededor del tema? 3. ¿Cuáles son los factores que afectan la adopción de tecnologías verdes más recurrentes?

Metodología y Fuente de los Datos

Para alcanzar el objetivo planteado, en la presente investigación de tipo exploratoria se desarrolló una revisión de literatura a partir de los parámetros establecidos en la declaración *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews* (PRISMA) (Moher *et al.*, 2009), con relación a todo el proceso de búsquedas bibliográficas, añadiendo los suficientes detalles sobre métodos de ubicación de informes y fuentes de información de forma clara y reproducible (Rethlefsen *et al.*, 2021); de modo tal que, a partir de una hoja de ruta, se pueda describir correctamente lo que se hizo, lo que se encontró, y dado el caso, lo que se planea hacer (Sarkis-Onofre *et al.*, 2021), dependiendo del objetivo y alcance de la investigación. Teniendo en cuenta que la declaración PRISMA consta de una lista de verificación de 27 ítems, de los cuales 12 corresponden específicamente a los métodos (Nawijn *et al.*, 2019), se establecieron los siguientes parámetros:

Criterios de inclusión y exclusión

Para la recolección de bibliografía de la presente revisión de literatura, se incluyeron artículos que abordaran, en sus generalidades o especificidades, factores de adopción o aceptación de tecnologías verdes en el sector industrial, a través de diferentes modelos, que, de acuerdo con Orcan (2018), son el producto de técnicas estadísticas como análisis factorial exploratorio. Por otro lado, los criterios de exclusión, conforme con la ruta de la declaración PRISMA (Nawijn *et al.*, 2019), persiguieron un estricto control de dos procesos: el primero, denominado cribado, inicialmente se filtró los artículos cuya indexación de presentó de forma errónea, así como los artículos incompletos o que fueron escritos en lenguas ininteligibles para los autores, desde las árabicas hasta las chinas (Moher *et al.*, 2009). De acuerdo con sus características, este tipo de filtro responde más a cuestiones de forma, que de fondo; mientras que, por el contrario, el segundo proceso de filtrado de artículos, denominado elegibilidad, persiguió objetivos plenamente metodológicos o de resultados de investigación, eliminando todas aquellas publicaciones que, después de haber sido analizadas individualmente, no referían a cabalidad los criterios de inclusión predefinidos. De este modo, de acuerdo con los términos de Nawijn *et al.* (2019), la investigación

sigue la declaración PRISMA, en este punto, al no incluir ensayos controlados aleatoriamente, sino por el contrario, a partir de rigurosos procesos de revisión.

Fuentes de información

Según Leclercq *et al.* (2019), la mención de la fuente de información para revisiones de literatura fue incluida en aquellas que, de forma preponderante, se ciñeron a los parámetros de la declaración de PRISMA. En ese sentido, la presente investigación enfocada en fuentes secundarias, es decir, bases de datos de investigación (Escalona Fernández *et al.*, 2010). Se estableció como fuentes de información las bases de datos de Scopus, *Web of Science* y Dimensions, ya que estas hacen parte de las principales fuentes de datos bibliográficos a gran escala o metadatos, proporcionando la información multidisciplinaria más relevante en términos científicos (Visser *et al.*, 2021).

Estrategia de búsqueda

Leclercq *et al.* (2019) también resaltaron la importancia de definir la estrategia de búsqueda en documentos que se sustenten en la declaración PRISMA, siendo este paso específico fundamental en el propósito de diseñar una metodología robusta y reproducible, minimizando el sesgo en los resultados (Rethlefsen *et al.*, 2021). En ese orden de ideas, para la extracción de la información en las fuentes mencionadas y bajo la rigurosidad de los criterios establecidos, se diseñó una ecuación de búsqueda específica para cada una de las tres bases de datos científicas, incluyendo palabras clave definidas en el tesoro de la UNESCO (Sunny y Angadim, 2017), de modo tal que esta, siendo homogénea en contenido para las tres, cumpliera los requisitos específicos de cada fuente. A continuación, se indican las ecuaciones empleadas:

Para la base de datos Scopus: (*TITLE* ("green technology") AND *TITLE* (adoption OR accept*)) OR (*KEY* ("green technology") AND *KEY* (adoption OR accept*)). Para la base de datos *Web of Science*: (*TI*=("green technology") AND *TI*=(Adoption OR accep*)) OR (*AK*=("green technology") AND *AK*=(Adoption OR accep*)). Para la base de datos Dimensions: *Title and abstract*: ("green technology") AND (adoption OR acceptance).

Gestión de datos

De la ejecución de cada ecuación especializada de búsqueda en la respectiva base de datos para la cual fue diseñada, se obtuvieron un total de 463 registros, discriminados de la siguiente manera: Scopus (90), *Web of Science* (90) y Dimensions (340). Es imprescindible mencionar que la información arrojada por cada base de datos presentó diferentes características de forma, por lo que, inicialmente, fue necesario un proceso de normalización y estandarización, de modo que todos los datos fuesen homogéneos, comparables y, por tanto, analizables. Este proceso de organización y análisis se realizó a partir de la herramienta ofimática de Microsoft Excel® 2021 (18.0), por medio de la cual se estableció el estudio de los registros obtenidos en una sola base de datos organizada por autores, año de publicación, tipo de publicación, título, revista, país, palabras clave y resumen. Así como la generación de los respectivos gráficos de distribución temporal, principales autores, revistas y países, que sustentan el análisis cuantitativo. También, se utilizó el programa de acceso libre VOSviewer versión 1.6.19 para analizar la estructura del cuerpo literario sobre la adopción de tecnologías verdes, mediante la generación de redes o mapeo (Nandiyanto *et al.*, 2021); esto permitió identificar la estructura de coautoría o autoría conjunta en la literatura, así como la relación directa que puedan tener dos o más palabras clave usadas en los artículos mediante redes de coautoría y redes de coocurrencia de palabras clave.

Proceso de selección

Seguidamente, con relación a la implementación de la declaración PRISMA para revisiones de literatura (Moher *et al.*, 2009), se realizó la aplicación de los criterios de exclusión a los 463 artículos registrados por las 3 bases de datos. Este proceso riguroso de filtrado fue aplicado paralelamente por todos los autores de este trabajo, de modo tal que se redujese o minimizase el sesgo. Inicialmente, se eliminaron los registros duplicados, luego, se revisaron aspectos como título, resumen y el texto completo, para aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Aquellos documentos extraídos se descartaron a partir del criterio de todos los autores. De forma específica, a partir de la Figura 1, por medio del diagrama de flujo sugerido por la declaración PRISMA (Moher *et al.*, 2009), se resume el proceso de inclusión y exclusión de datos, con el detalle específico en cada paso, para el posterior tratamiento cuantitativo. Finalmente, con relación a los métodos seguidos en la presente revisión de literatura, se menciona que el análisis de datos de los 123 estudios resultantes del procedimiento previamente descrito fue elaborado a partir de un análisis bibliométrico que, de acuerdo con Nawijn *et al.* (2019), para seguir las especificaciones PRISMA, debe contener aspectos como análisis de años de publicación, revistas y autores.

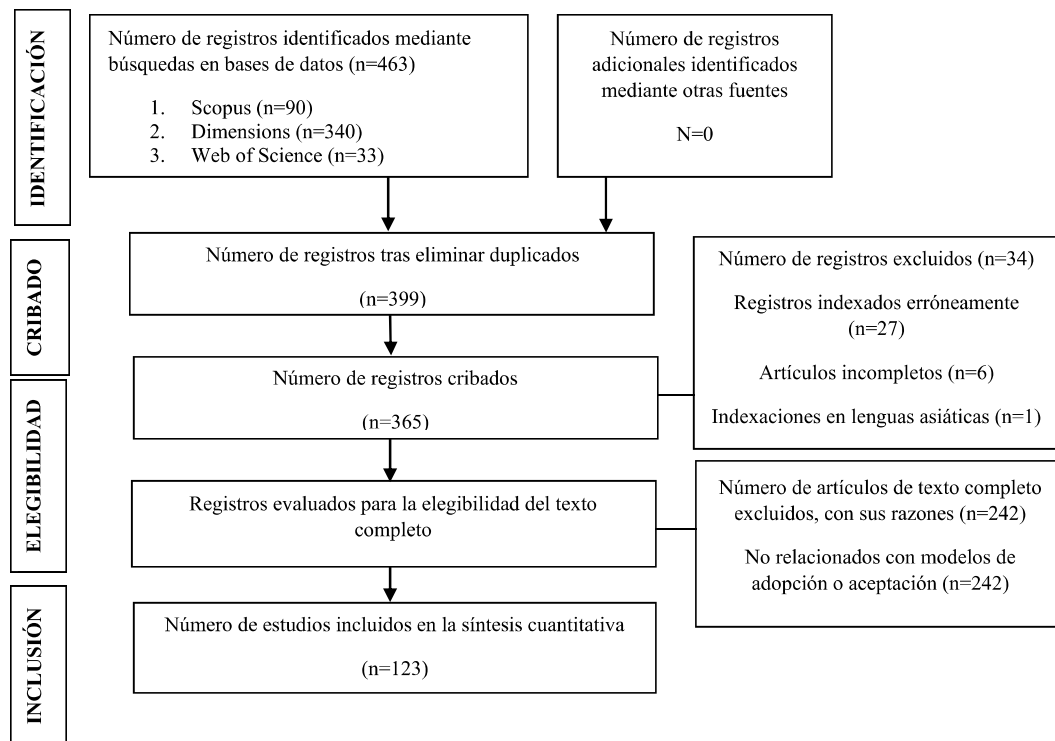


Figura 1. Elementos de informe para la revisión de literatura, adaptado de la declaración PRISMA (Moher *et al.*, 2009).

Resultados y Análisis de los Datos

Dentro de las características de los estudios incluidos se analizaron las publicaciones por año; la ventana de tiempo correspondiente fue desde 2005 hasta 2022. El año con mayor número de estudios relacionados fue 2021, el cual sumó 28 publicaciones. De igual manera, se presentó un número importante de publicaciones en 2017, con 17 registros. Los resultados evidencian un incremento de publicaciones desde el primer documento en el 2005, sobre todo en los últimos seis años. También, se identificaron aquellas revistas con una mayor cantidad de publicaciones y una mayor cantidad de citas recibidas (Figura 2).

Del total de revistas identificadas (100) que publicaron trabajos relacionados con la adopción de tecnologías verdes en el periodo de estudio (123 trabajos en total), se encontró en primer lugar la revista *Sustainability* (MDPI AG, Suiza), con nueve publicaciones, revista que publica en áreas como las ciencias de la computación, energía, ciencia medioambiental y ciencias sociales. En segundo lugar, la revista *SSRN Electronic Journal* (Maastricht University, Estados Unidos de América) y en tercer lugar la revista *Management Science* (INFORMS, *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, Estados Unidos de América). Esta última lidera el grupo de las revistas con una mayor cantidad de citas recibidas en el campo de estudio con 236 menciones, por lo que se considera como una revista de alto impacto. Con la revista *Sustainability* ocurrió de manera similar, considerándose también una revista de alto impacto en el tema relacionado. Además, se encontraron coincidencias en términos de revistas más productivas y citadas, tal es el caso de la revista *Resources, Conservation and Recycling*, por lo que resalta como una de las revistas más influyentes en el tema de adopción de tecnologías verdes.

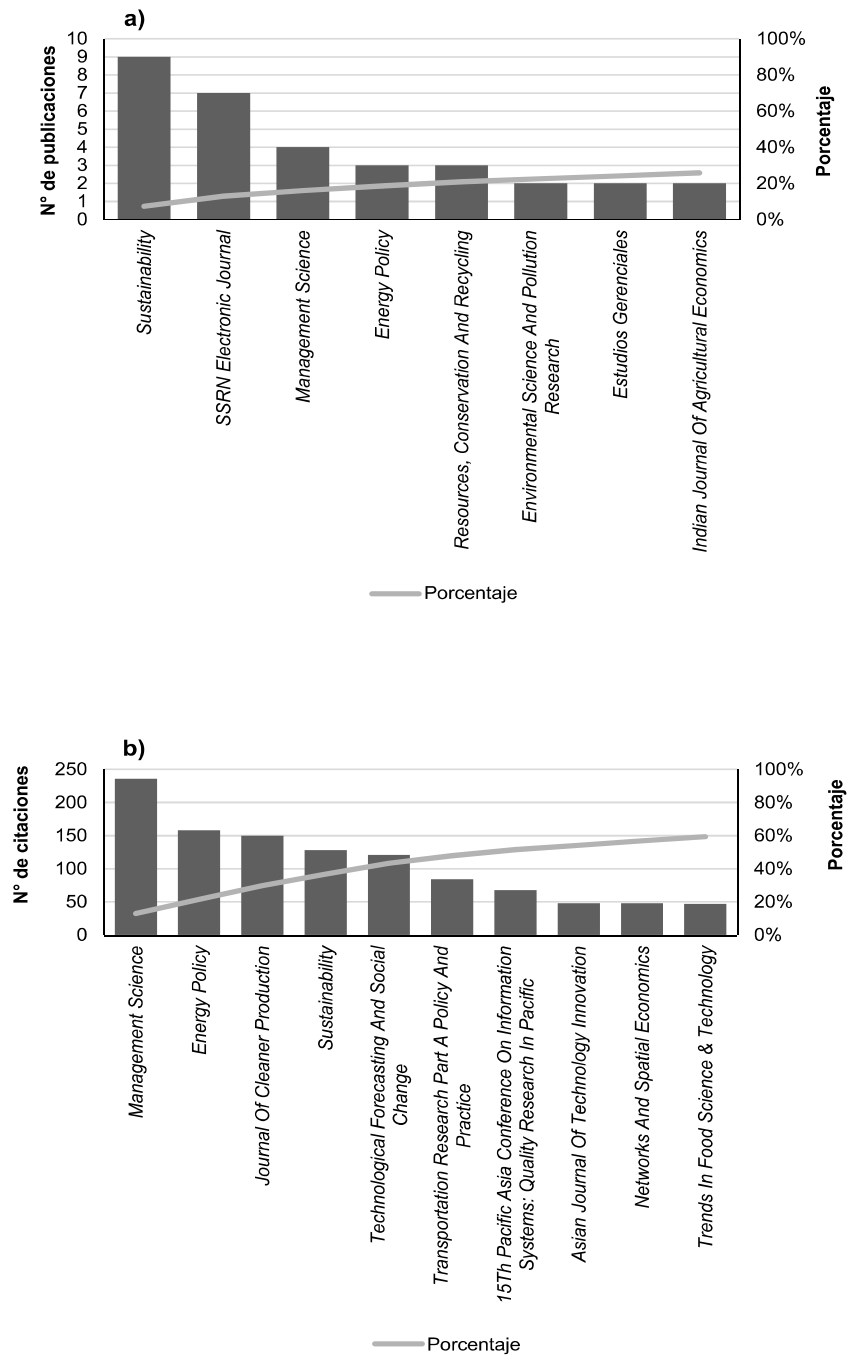


Figura 2. Revistas con mayor cantidad de publicaciones (a) y citas de trabajos (b) sobre la adopción de tecnologías verdes.

Por otra parte, se analizaron los autores más productivos y citados en el tema. Como se evidencia en la Figura 3, el autor más productivo fue X. Wang (*North China University of Technology*, Beijing, China), pues se registró con cinco publicaciones en la temática. Sus estudios se han basado en la adopción de tecnologías verdes en las cadenas de suministro de textiles y prendas de vestir, así como el análisis de competencia, regulación e incertidumbre (Shen *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021). Seguidamente, se ubicaron los autores S. Bukchin y D. Kerret (*Tel-Aviv University*, Ramat Aviv, Tel-Aviv, Israel), quienes han trabajado en temas de la adopción temprana de tecnologías verdes en el sector de la agricultura (Bukchin y Kerret, 2018; 2020). El autor D. Xia (*University of Technology*, Wuhan, China), también figura como otro de los investigadores más productivos, con cuatro publicaciones. Dicho autor se ha destacado por investigar en el tema de la adopción de tecnología ecológica empresarial, a partir de las barreras y regulaciones ambientales (Xia *et al.*, 2021; Xia *et al.*, 2019).

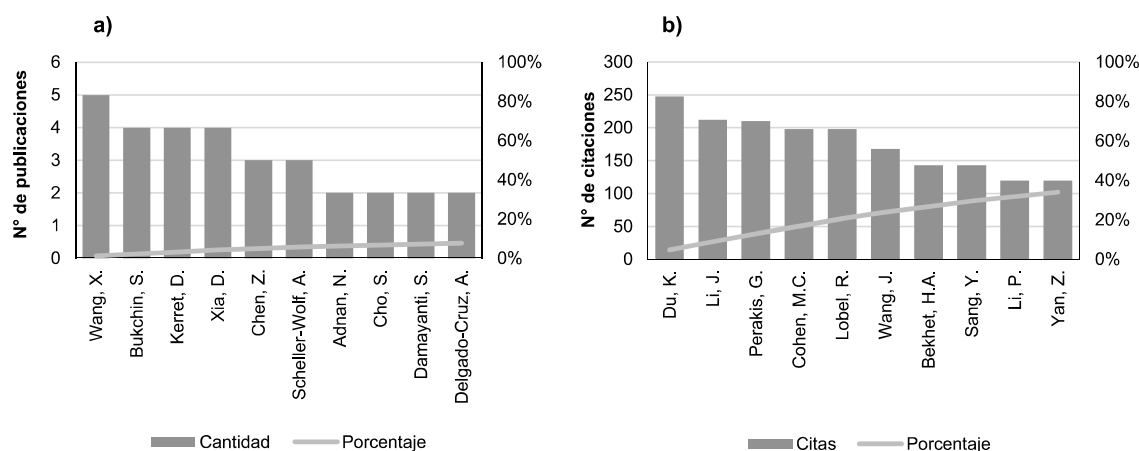


Figura 3. Autores con mayor cantidad de publicaciones (a) y mayor cantidad de citas registradas (b) sobre adopción de tecnologías verdes.

En cuanto a los autores más citados se encontró primeramente K. Du (*Xiamen University*, Xiamen, China), con alrededor de 250 citas recibidas de sus trabajos. Sus estudios más destacados se han basado en el análisis de las innovaciones tecnológicas verdes para la reducción de emisiones de dióxido de carbono (Du *et al.*, 2019) y en la productividad total del carbono (Du y Li, 2019). J. Li comparte autoría en este último trabajo y, además, también ha estudiado el tema de implicaciones políticas para promover la adopción de vehículos eléctricos (Wang *et al.*, 2018), por lo cual, de igual manera, ha recibido reconocimiento en términos de citas registradas. Cabe resaltar que para el caso de los investigadores no se encontró ninguna coincidencia entre el top 10 de autores que más publican y que han recibido una mayor cantidad de citas, con base a un análisis estadístico de funciones en Microsoft Excel® 2021.

Clústeres temáticos alrededor de la adopción de tecnologías verdes

En la Figura 4 se puede observar la red de coocurrencia de palabras clave elaborada a partir del programa VOSviewer. La red está compuesta por seis clústeres identificados con colores. Cada nodo representa una palabra clave y su tamaño refleja cualitativamente la cantidad de documentos publicados en los que se utilizó esa palabra clave específica. La cercanía o lejanía de una palabra clave con respecto a otra refleja la fuerza de coautoría que ejerce; es decir, cuanto más cerca se encuentra una de otra, mayor será la fuerza de coautoría entre ellas. Los colores indican clústeres de palabras clave que están relativamente relacionadas entre sí, a partir de las aristas, es decir, conexiones de colores.

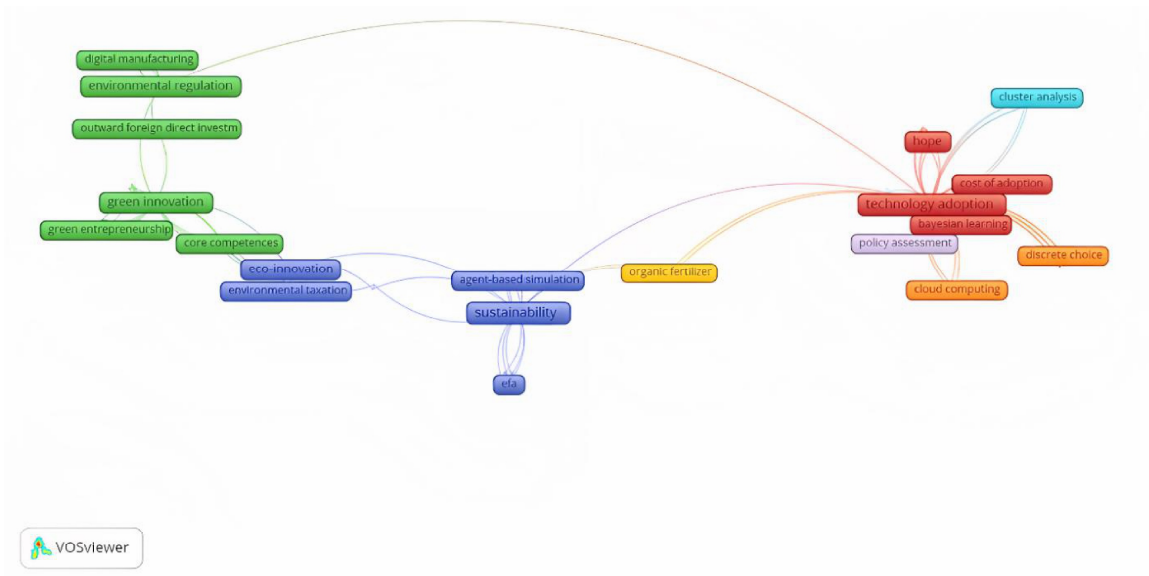


Figura 4. Clústeres temáticos obtenidos a partir del programa VOSviewer. EFA: *Exploratory factor analysis*.

El clúster más grande fue el de color verde en donde se encuentran temas alrededor de la innovación verde como nodo principal. En este clúster se puede ver una relación entre los temas de manufactura digital, regulación ambiental, emprendimiento verde, inversión extranjera directa, innovación verde y competencias básicas. Este clúster está más aplicado a la industria, y salida de inversión. Al mismo tiempo, se conectó con el clúster de color morado, donde resaltan los temas de ecoinnovación, impuestos ambientales, simulación basada en agentes, análisis factorial exploratorio (EFA, por sus siglas en inglés) y sustentabilidad. Estos temas se relacionan con la fiscalía ambiental, la técnica estadística análisis factorial y la técnica de simulación basada en agentes. Al respecto, se resalta el estudio de Bossle *et al.* (2016), en el cual la ecoinnovación encierra enfoques externos e internos dentro de los factores que pueden influir en la adopción de las tecnologías verdes. La simulación basada en agentes develó una relación directa con los temas de fertilizantes orgánicos y adopción de tecnologías, asumiendo entonces el papel de nodo enlazador a dos clústeres (naranja y rojo). En el clúster rojo se observó una combinación de factores que giran alrededor de la adopción tecnológica, la esperanza y el costo.

Factores que afectan la adopción de tecnologías verdes

Sobre los 123 estudios analizados se identificaron un total de 24 factores que afectan la adopción de tecnologías verdes. Resulta imperativo mencionar que solo se consideraron aquellos factores que aparecieran por lo menos tres veces en el grupo de publicaciones analizadas. Como se puede evidenciar en la Tabla 1, se seleccionaron los 10 factores más relevantes (principales), es decir, los factores más recurrentes en los estudios seleccionados en la adopción de tecnologías amigables con el ambiente y los estudios en los que se han analizado. La adopción de tecnologías verdes es un factor relevante que es motivo de estudio en muchos artículos para identificar cuáles son los factores que más lo determinan. De acuerdo con Yunus *et al.* (2013), la adopción de este tipo de tecnologías incluye la actividad sobre cómo limitar y reducir la huella de carbono general en organizaciones. Dichas tecnologías pueden ir desde conocimientos, artefactos y herramientas de alto rendimiento, hasta modelos intelectuales que brindan solución en el uso de recursos en las empresas (Martínez-Rubio *et al.*, 2021).

La mayoría de los modelos y teorías que estudian el uso y adopción de tecnologías incluyen un factor principal que se ve influenciado por otros factores. En general, se destacan 21 estudios en donde la adopción de tecnología verde es el factor principal al que apuntan las relaciones de causalidad (10 %). Por su parte, la intención de uso de tecnología verde también resultó ser uno de los factores más relevantes representando cada uno el 10 % total de los factores, específicamente en 19 estudios (Tabla 1). En este contexto, la intención de uso generalmente operacionalizado como un constructo reflexivo en la mayoría de los modelos basados en creencias (Girod *et al.*, 2017). Xia *et al.* (2021) definen la intención de adopción de tecnologías ecológicas como el antecedente de la acción del comportamiento que ayuda a comprender mejor el mecanismo del proceso de respuesta empresarial.

Tabla 1. Factores principales en modelos y teorías de adopción de tecnologías verdes, de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada.

Factor	Frecuencia	Referencias
Adopción de tecnología verde	10 %	Chen <i>et al.</i> (2021), Afum <i>et al.</i> (2021), Hao <i>et al.</i> (2020), Bukchin y Kerret (2020), Shen y Li (2019), Xia <i>et al.</i> (2019), Masele (2019), Bukchin y Kerret (2018), Chen y Chen (2017), Zailani <i>et al.</i> (2014), Yunus <i>et al.</i> (2013), Bohas <i>et al.</i> (2013), Molla y Abareshi (2011), Martínez-Rubio <i>et al.</i> (2021), Adnan <i>et al.</i> (2019), Yoo <i>et al.</i> (2015), Hossain <i>et al.</i> (2022), Bandi <i>et al.</i> (2015), Mao <i>et al.</i> (2021), Ramli <i>et al.</i> (2021), Hammond <i>et al.</i> (2021)
Intención de uso de tecnología verde	10 %	Huang y Qian (2021), Xia <i>et al.</i> (2021), Han <i>et al.</i> (2021), Girod <i>et al.</i> (2017), Gan <i>et al.</i> (2013), Adnan <i>et al.</i> (2019), Mejia (2019), Mansor <i>et al.</i> (2014), Gill <i>et al.</i> (2021), Wang <i>et al.</i> (2018), Sang y Bekhet (2015), Lovelody <i>et al.</i> (2021), Wati y Koo (2012), Shankar y Kumari (2019), Mohiuddin <i>et al.</i> (2018), Dezdard (2017), Chen y Lu (2016), Qian y Yin (2017), Ansong <i>et al.</i> (2017)
Normas sociales	9 %	Chen <i>et al.</i> (2021), Damayanti <i>et al.</i> (2020), Hao <i>et al.</i> (2020), Chen y Chen (2017), Girod <i>et al.</i> (2017), Bossle <i>et al.</i> (2016), Sa'ari <i>et al.</i> (2017), Adnan <i>et al.</i> (2019), Mejia (2019), Yoo <i>et al.</i> (2015), Gill <i>et al.</i> (2021), Sang y Bekhet (2015), Adnan <i>et al.</i> (2019), Lovelody <i>et al.</i> (2021), Wati y Koo (2012), Hammond <i>et al.</i> (2021), Shankar y Kumari (2019), Mohiuddin <i>et al.</i> (2018), Dezdard (2017)
Actitud ecológica	7 %	Fouad <i>et al.</i> (2021), Han <i>et al.</i> (2021), Xia <i>et al.</i> (2019), Yunus <i>et al.</i> (2013), Adnan <i>et al.</i> (2019), Gill <i>et al.</i> (2021), Wang <i>et al.</i> (2018), Adnan <i>et al.</i> (2019), Lovelody <i>et al.</i> (2021), Wati y Koo (2012), Wang, Zhang <i>et al.</i> (2018), Shankar y Kumari (2019), Mohiuddin <i>et al.</i> (2018), Dezdard (2017), Chen y Lu (2016)
Conciencia ecológica	7 %	Xia <i>et al.</i> (2022), Mahajan y Issa (2020), Mustapha <i>et al.</i> (2019), Sa'adi y Zainordin (2019), Mittal (2017), Adnan <i>et al.</i> (2019), Yoo <i>et al.</i> (2015), Yu <i>et al.</i> (2017), Adnan <i>et al.</i> (2019), Bandi <i>et al.</i> (2015), Abd-Rahim <i>et al.</i> (2020), Mohiuddin <i>et al.</i> (2018), Qian y Yin (2017), Arroyo y Carrete (2019)
Costo de tecnología verde	5 %	Zhen <i>et al.</i> (2020), Hao <i>et al.</i> (2020), Shen y Li (2019), Ansong <i>et al.</i> (2017), Martínez-Rubio <i>et al.</i> (2021), Adnan <i>et al.</i> (2019), Mansor <i>et al.</i> (2014), Ramli <i>et al.</i> (2021), Shankar y Kumari (2019)
Innovación de tecnología verde	4 %	Wang <i>et al.</i> (2021), Afum <i>et al.</i> (2021), Girod <i>et al.</i> (2017), Bossle <i>et al.</i> (2016), Yunus <i>et al.</i> (2013), Sa'ari <i>et al.</i> (2017), Foroozanfar <i>et al.</i> (2017), Abd-Rahim <i>et al.</i> (2020), Anser <i>et al.</i> (2020)
Regulación ambiental	4 %	Xia <i>et al.</i> (2021), Bossle <i>et al.</i> (2016), Ndichu <i>et al.</i> (2015), Martínez-Rubio <i>et al.</i> (2021), Adnan <i>et al.</i> (2019), Hossain <i>et al.</i> (2022), Ramli <i>et al.</i> (2021), Wang, Zhang <i>et al.</i> (2018), Arroyo y Carrete (2019)
Incentivos de los gobiernos	4 %	Shen <i>et al.</i> (2021), Damayanti <i>et al.</i> (2020), Shen y Li (2019), Bossle <i>et al.</i> (2016), Ndichu <i>et al.</i> (2015), Zailani <i>et al.</i> (2014), Wang <i>et al.</i> (2018), Sang y Bekhet (2015), Mao <i>et al.</i> (2021)
Expectativa de rendimiento	4 %	Damayanti <i>et al.</i> (2020), Hao <i>et al.</i> (2020), Xia <i>et al.</i> (2019), Sa'ari <i>et al.</i> (2017), Mejia (2019), Foroozanfar <i>et al.</i> (2017), Sang y Bekhet (2015)

Las normas o influencias sociales/normas subjetivas resultaron ser el tercer factor más importante (9 %) en la adopción de tecnologías verdes (Tabla 1). Este se refiere a la presión del entorno externo en el proceso de decisión y, por lo general, para las organizaciones las normas sociales provienen del empleador/cliente, los socios del proyecto, los competidores y el público (Chen y Chen, 2017). Para las personas, la influencia social se refiere

al grado en el que sienten que es importante que los miembros de familia, amigos, colegas y demás personas de referencia, crean que ellos deben adoptar una tecnología amigable con el ambiente (Sa'ari *et al.*, 2017). Bajo el mismo contexto, también se consideró importante la actitud ecológica (7 %) en el proceso de adopción. La actitud refleja una tendencia psicológica de una evaluación que puede ser positiva o negativa sobre una tecnología en particular. Este factor se considera uno de los mejores predictores de la intención de un individuo de usar esa tecnología (Wang *et al.*, 2018). Particularmente, en los casos de innovación verde, la actitud ecológica ha sido un factor relevante en la predicción exitosa de la disposición de un individuo de adoptar innovaciones ecológicas (Mohiuddin *et al.*, 2018).

Otro factor relevante que se ha encontrado es la conciencia ecológica, con una frecuencia de 7 % (Tabla 1). La conciencia ecológica consiste en reconocer la existencia de una innovación orientada a la reducción del impacto negativo en el ambiente (Sa'adi y Zainordin, 2019). De esta manera, una persona puede estar en la capacidad de comprender la necesidad de cuidar el ambiente y articular una tecnología que pueda apoyar ese cuidado (Adnan *et al.*, 2019). La conciencia está directamente relacionada con la adopción de tecnologías verdes, pues primero es necesario crear conciencia sobre este tipo de tecnologías en términos de conocimiento y aplicación para realizar exitosamente una adopción (Sa'adi y Zainordin, 2019). La conciencia y el costo provienen del TAM y son importante predictores de la intención de uso de estas tecnologías (Abd-Rahim *et al.*, 2020). El costo es un factor decisivo sobre todo en las industrias, pues en estas podrían aumentar significativamente los costos operativos al incluir tecnologías beneficiosas para reducir la emisión de gases que generan un impacto negativo en el ambiente (Zhen *et al.*, 2020). Por tanto, para aumentar la adopción de tecnologías verdes en las organizaciones la reducción de costos es vital, dado que los altos costos podrían desalentar a las empresas no solo a reconsiderar el beneficio de la tecnología ecológica, sino que también valorar la capacidad de sus técnicos para utilizar dichos sistemas (Hao *et al.*, 2020). La estructura de costos toma en cuenta entonces una inversión que, tanto para las empresas como para las personas, representa un esfuerzo enorme que se sustenta en factores que permitan evaluar el costo-beneficio en materia de provecho al ambiente y como características deseables en términos de productividad, fiabilidad y sostenibilidad (Martínez-Rubio *et al.*, 2021; Xia *et al.*, 2019).

Los resultados de esta revisión indican que las acciones centradas en el equilibrio entre precio y valor, como el respaldo gubernamental y las políticas y regulaciones ambientales, son los aspectos más recurrentes encontrados en el análisis. Se puede evidenciar que el factor innovación también fue relevante, denotando un 4 % de aparición en los trabajos consultados (Tabla 1). Este factor se refiere, según Foroosanfar *et al.* (2017), a la capacidad que tienen las personas de probar cosas nuevas como es el caso de las nuevas tecnologías, en las que entran las tecnologías verdes. Dichas personas se caracterizan por no tener miedo a correr riesgos y, por lo tanto, tienen un enfoque positivo hacia la adopción de las tecnologías ecológicas (Yunus *et al.*, 2013). En estudios anteriores se ha demostrado que la innovación ecológica aumentaría las decisiones de compra ecológicas (Anser *et al.*, 2020). Entre otros factores convincentes que podrían afectar positivamente el uso de productos ecológicos, se encontró además la regulación ambiental (4 %). De acuerdo con Xia (2021), la regulación ambiental comprende componentes tangibles e intangibles, imponiendo influencia sobre los individuos y las organizaciones. Dichos componentes influyen en los comportamientos amigables con el medio ambiente. Para las organizaciones, contar con regulaciones entorno a la protección del ambiente ayuda a equilibrar sus fines comerciales y, además, manifiesta su responsabilidad social corporativa (Martínez-Rubio *et al.*, 2021).

De la mano del factor antes mencionado (Tabla 1), se encuentra el de incentivos del gobierno (4 %). En ese sentido, es indispensable considerar el tema de los impuestos para la adopción de tecnologías verdes, sobre todo por los alivios tributarios que ofrecen los gobiernos a las empresas por la introducción de tecnologías amigables con el ambiente en los procesos y actividades generales. En su afán de apoyar la protección del ambiente, desde las distintas instancias de los gobiernos se han contemplado impuestos ambientales para reducir la contaminación y los gases de efecto invernadero en las actividades económicas (Damayanti *et al.*, 2020). También, se han promovido iniciativas para que las organizaciones sustituyan aquellas tecnologías que generan un impacto negativo, por innovaciones tecnológicas de carácter ecológico (Shen *et al.*, 2021). Los esfuerzos realizados por los gobiernos para incentivar el uso de tecnologías verdes solo se pueden lograr si los usuarios aceptan, compran y luego usan las mencionadas tecnologías (Damayanti *et al.*, 2020).

Dentro de los diez factores principales o más relevantes se destaca, por último, la expectativa de rendimiento, con una frecuencia de 4 %. La adopción de tecnologías verdes es un proceso de decisión complejo; sobre todo, cuando se tienen expectativas de rendimiento de la tecnología (Mejia, 2019). El desempeño de las tecnologías está impulsado entonces por la colaboración entre muchos componentes de manera sistemática, de los cuales resaltan: los atributos de operación, la capacidad y las características técnicas (Xia *et al.*, 2019). En pocas palabras, la expectativa de desempeño se refiere al grado en que una persona u organización cree que al usar la innovación ecológica podrá obtener ganancias en un trabajo. Esto es el rendimiento relacionado con el trabajo y se ha demostrado que tiene un efecto positivo en la intención del usuario final de aceptar el uso de una nueva

tecnología verde (Sa'ari *et al.*, 2017). De la misma manera, también vale la pena resaltar los otros factores (secundarios) que develan interés en el estudio de la adopción de tecnologías verdes y que afectan de forma positiva o que pueden actuar como barreras en la adopción (Figura 5). Aquí se encuentran los factores pertenecientes a los modelos clásicos de adopción de tecnológicas, como es el caso de la facilidad (Girod *et al.*, 2017), la utilidad (Gan *et al.*, 2013) y el control del comportamiento percibido (Adnan *et al.*, 2019), el uso y la motivación (Yoo *et al.*, 2016), mientras que el resto corresponde a factores externos (Foroozanfar *et al.*, 2017).

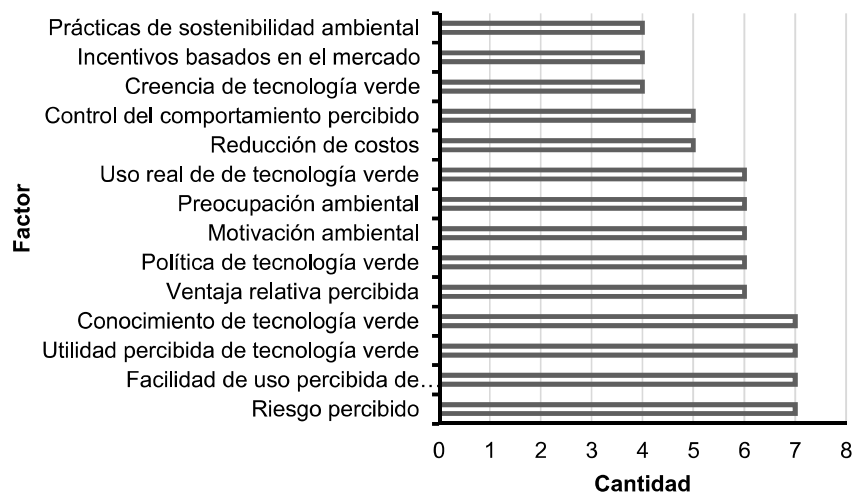


Figura 5. Factores secundarios sobre la adopción de tecnologías verdes, de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada.

Los factores basados en creencias han demostrado tener un mayor nivel explicativo frente a los que utilizan medidas objetivas, como se evidencia en la literatura (Girod *et al.*, 2017). Sin embargo, los factores objetivos, que generalmente están sujetos a variables externas, que incluyen el entorno económico, político, social, cultural, tecnológico y legal, en el caso de las organizaciones son muy valorados (Shen *et al.*, 2021). Desde una perspectiva general, la adopción de tecnologías verdes se ha dado en mayor medida dentro de las organizaciones frente a la adopción individual; considerando que muchos productos requieren la aplicación de tecnología verde (Wang *et al.*, 2018). Las innovaciones y su adopción en el campo técnico han llevado a muchas empresas a implementar tecnologías con bajo impacto negativo en el ambiente, a fin de ser responsables socialmente (Adnan *et al.*, 2019). Por su lado, la adopción a nivel individual ha sido abordada en mayor medida por la adopción de vehículos eléctricos, dado que han sido considerados como una de las tecnologías ecológicas más destacadas para reducir el consumo global de energía y las emisiones de carbono (Damayanti *et al.*, 2020; Huang y Qian, 2021; Qian y Yin, 2017).

Conclusiones

Este documento proporciona una descripción general de los factores más relevantes en la adopción de tecnologías verdes, conforme a lo establecido en el objetivo general del estudio. Los factores analizados hacen parte de los modelos clásicos de adopción de tecnologías, aunque también se evidencia un gran interés por factores externos, como: innovación de la tecnología verde, regulación ambiental, incentivos del gobierno, conocimiento de tecnología verde, ventaja relativa percibida, política de tecnología verde, motivación ambiental, preocupación ambiental, reducción de costos, incentivos basados en el mercado y prácticas de sostenibilidad ambiental. Por su parte, los factores más recurrentes provenientes de los modelos clásicos de adopción fueron: adopción de tecnología verde, intención de uso de tecnología verde, normas sociales, actitud ecológica, conciencia ecológica, costo de la tecnología verde, riesgo percibido, facilidad de uso percibida, utilidad percibida, uso real de la tecnología verde, control del comportamiento percibido y creencias de la tecnología verde. Estos factores provienen en su mayoría del TAM, TPB y UTAUT 2.

Dentro de los temas que mayor interés ha suscitado en los últimos años se identificaron la preocupación por la sostenibilidad y los esfuerzos que se hacen a partir de la adopción de tecnologías verdes. La regulación ambiental también fue un tema de mucho interés, sobre todo por los alivios tributarios que ofrecen los gobiernos a las empresas por la introducción de tecnologías amigables con el ambiente en los procesos y actividades generales. De igual manera, la innovación tecnológica verde fue un tema destacado. El crecimiento económico sostenido

requiere de este tipo de innovaciones tecnológicas para promover la productividad en las organizaciones y conducir a una reducción drástica de las emisiones de carbono de las tecnologías tradicionales actuales. De esta manera, se requiere lograr el equilibrio adecuado entre las emisiones de carbono y las actividades económicas en los países tanto desarrollados como economías emergentes.

Los hallazgos reflejan que las medidas orientadas al precio-valor como el apoyo del gobierno, así como las políticas y las regulaciones ambientales, son los factores más repetidos en esta revisión. Los factores más influyentes en este tipo de estudio están basados en las creencias y apoyados en los modelos clásicos de adopción de tecnologías, en los cuales se incluyen algunos factores externos como los ya mencionados. Así, las empresas están mucho mejor posicionadas para influir en los determinantes relevantes para la adopción según lo que refleja la literatura. No obstante, se encuentra un vacío en la revisión acerca de los factores que influyen en la adopción de tecnologías verdes de manera individual. También es necesario validar estos factores en el contexto de economías emergentes, con el fin de establecer estrategias que respondan a las necesidades de su contexto social, tecnológico y económico.

Referencias Bibliográficas

- Abd-Rahim, M. H. I., Toh, T. C., Lew, Y. L., Ng, S. J., Goh, K. C., Mohamed, S., Zainordin, N., Kho, M. Y. (2020). Factors influencing the non-adoption of green building specifications in Klang Valley Malaysia. *International Journal of Industrial Management*, 6, 28-39.
- Adnan, N., Nordin, S. M., Bahruddin, M. A., Tareq, A. H. (2019). A state-of-the-art review on facilitating sustainable agriculture through green fertilizer technology adoption: assessing farmers behavior. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 439-452.
- Adnan, N., Nordin, S. M., Rasli, A. M. (2021). A possible resolution of Malaysian sunset industry by green fertilizer technology: factors affecting the adoption among paddy farmers. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 27198-27224.
- Afum, E., Sun, Z., Agyabeng-Mensah, Y., Baah, C. (2021). Lean production systems, social sustainability performance and green competitiveness: the mediating roles of green technology adoption and green product innovation. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(1), 206-227.
- Anser, M. K., Yousaf, Z., Zaman, K. (2020). Green technology acceptance model and green logistics operations: "to see which way the wind is blowing". *Frontiers in Sustainability*, 1(3), 1-9.
- Ansong, E., Lovia Boateng, S. Boateng, R. (2017). Determinants of e-learning adoption in universities: evidence from a developing country. *Journal of Educational Technology Systems*, 46(1), 30-60.
- Arango-Botero, D., Benjumea Arias, M. L., Hincapié Montoya, M., Valencia-Arias, A. (2020). Determinants of entrepreneurial intention among engineering students based on structural equation modeling. *Pertanika Journal of Social Science and Humanities*, 28(4), 2623-2644.
- Arango Botero, D., Valencia Arias, A., Bermúdez Hernández, J., Duque Cano, L. (2021). Factors that promote social media marketing in retail companies. *Contaduría y Administración*, 66(1), 1-22.
- Arroyo, P., Carrete, L. (2019). Motivational drivers for the adoption of green energy: the case of purchasing photovoltaic systems. *Management Research Review*, 42(5), 542-567.
- Bandi, R. K., Bose, A., Saxena, A. (2015). *Exploring green IT awareness and adoption among Indian students*. Proceedings of the 2015 ACM SIGMIS Conference on Computers and People Research (SIGMIS-CPR '15). Ed. Burley, D., Guzman, I. R. New York: Association for Computing Machinery, 87-96.
- Bermeo Giraldo, M. C., Benjumea-Arias, M. L., Valencia-Arias, A., Montoya-Restrepo, I. A. (2021). Factors determining the use and acceptance of mobile banking in Colombia. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 9(4), 44-74.
- Bermeo Giraldo, M. C., Valencia-Arias, A., Duque García, B., Garcés-Giraldo, L. F., Luna-Ramírez, T. (2019). Factores de uso de los medios de pago móviles millennials y centennials. *Semestre Económico*, 22(53), 77-102.
- Bermeo Giraldo, M. C., Valencia-Arias, A., Patiño Toro, O. N. (2022). Factores asociados a la inversión en criptomonedas en Millennials. *Iberoamérica*, 1, 38-61.
- Bossle, M. B., De Barcellos, M. D., Vieira, L. M. (2016). Why food companies go green? The determinant factors to adopt eco-innovations. *British Food Journal*, 118(6), 1317-1333.

- Botero-Gómez, V., Ruiz-Herrera, L. G., Valencia-Arias, A., Neyra-Alemán, K. J. (2022). A model to assess the adoption of e-learning tools by professors in the context of Covid-19. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(3), 270-278.
- Bukchin, S., Kerret, D. (2018). Food for hope: the role of personal resources in farmers' adoption of green technology. *Sustainability*, 10(5), 1615.
- Bukchin, S., Kerret, D. (2020). Once you choose hope: early adoption of green technology. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(3), 3271-3280.
- Bohas, A., Dagorn, N., Poussing, N. (2013). *An analysis of links between green IT types and CSR strategies*. 18th Symposium of the Association Information and Management 2013. Lyon: Hal Open Science, 1-32.
- Chen, S. Y., Lu, C. C. (2016). A model of green acceptance and intentions to use bike-sharing: YouBike users in Taiwan. *Networks and Spatial Economics*, 16, 1103-1124.
- Chen, Z., Chen, G. H. (2017). The influence of green technology cognition in adoption behavior: on the consideration of green innovation policy perception's moderating effect. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 20(6-7), 1551-1559.
- Chen, Z., Sarkar, A., Li, X., Xia, X. (2021). Effects of joint adoption for multiple green production technologies on welfare—a survey of 650 kiwi growers in Shaanxi and Sichuan. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 13(3), 229-249.
- Damayanti, S., Hidayatno, A., Setiawan, A. (2020). *User acceptance of electric vehicles in Indonesia: a conceptual model*. Proceedings of the 3rd Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering (APCORISE 2020). New York: Association for Computing Machinery, 110-115.
- Dezdar, S. (2017). Green information technology adoption: influencing factors and extension of theory of planned behavior. *Social Responsibility Journal*, 13(2), 292-306.
- Díez-Echavarría, L., Valencia-Arias, A., Bermúdez-Hernández, J. (2020). Tool for measuring the influence of the field of knowledge on entrepreneurial intention among university students. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 28(1), 38-47.
- Du, K., Li, J. (2019). Towards a green world: how do green technology innovations affect total-factor carbon productivity. *Energy Policy*, 131, 240-250.
- Du, K., Li, P., Yan, Z. (2019). Do green technology innovations contribute to carbon dioxide emission reduction? Empirical evidence from patent data. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 297-303.
- Escalona Fernández, M. I., Lagar Barbosa, P., Pulgarín Guerrero, A. (2010). Web of Science vs. SCOPUS: un estudio cuantitativo en ingeniería química. *Anales de Documentación*, 13, 159-175.
- Foroozanfar, M., Sepasgozar, S. M. E. (2017). *Modelling green technology adoption based on sustainable construction practices*. Australasian Universities Building Education Association Conference 2017 (AUBEA 2017). Ed. Lamb, M. Melbourne: EPiC Series in Education Science, 305-315.
- Fouad, T. Z., Chang, C. H., Huang, Y. C. (2021). The influence of media exposure and trust on youth attitude towards greener Tainan. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 15(4), 416-437.
- Gan, C. L., Ahmad, R., Boey, H. M. (2013). *Determinants of green technology adoption by higher learning institutions: the development of a technology adoption framework*. Proceedings of the 20th International Business Information Management Association Conference. Kuala Lumpur: Multimedia University, 279-286.
- Gill, A. A., Ansari, R. H., Tufail, M. W. (2021). Going green: theory of reasoned action application to examine the consumer intention through mediating role of green technology beliefs. *Review of Applied Management and Social Sciences*, 4(1), 63-77.
- Girod, B., Mayer, S., Nägele, F. (2017). Economic versus belief-based models: shedding light on the adoption of novel green technologies. *Energy Policy*, 101, 415-426.
- Gómez-Ramírez, I., Valencia-Arias, A., Duque, L. (2019). Approach to M-learning acceptance among university students: an integrated model of TPB and TAM. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(3), 142-164.
- Hammond, S. F., Gajendran, T., Savage, D. A., Maund, K. (2021). Unpacking the problems behind the limited green construction adoption: towards a theoretical model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(4), 833-844.

- Hao, J. J., Shi, H., Shi V., Yang, C. (2020). Adoption of automatic warehousing systems in logistics firms: a technology–organization–environment framework. *Sustainability*, 12(12), 5185.
- Han, H., Lee, K-S., Radic, A., Ngah, A. H., Kim, J. J. (2021). The extended self-identify- based electric product adoption model and airline business strategy: a new theoretical framework for green technology products. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 38(3), 247-262.
- Hossain, M. I., Ong, T. S., The, B. H., Said, R. M., Siow, M. L. (2022). Nexus of stakeholder integration, green investment, green technology adoption and environmental sustainability practices: evidence from Bangladesh textile SMEs. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 30(1), 253-281.
- Huang, Y., Qian, L. (2021). Consumer adoption of electric vehicles in alternative business models. *Energy Policy*, 155, 112338.
- Leclercq, V., Beaudart, C., Ajamieh, S., Rabenda, V., Tirelli, E., Bruyère, O. (2019). Meta-analyses indexed in PsycINFO had a better completeness of reporting when they mention PRISMA. *Journal of Clinical Epidemiology*, 115, 46-54.
- Loveldy, Z., Tuan Ismail, T. A., Jubaedah, S. (2021). Examining the attitude-behavior gap and adoption intention of SHS technology: the role of social influence. *International Journal of Applied Business Research*, 3(1), 14-24.
- Mahajan, A., Issa, T. (2020). Australian users' perspective of green blockchain technology adoption in businesses. In: *Sustainability Awareness and Green Information Technologies. Green Energy and Technology*. Ed. Issa, T., Issa, T., Issa, T.B., Isaias, P. Cham: Springer, 375-408.
- Mansor, N., Yahaya, S. N., Nizam, N. Z., Hoshino, Y. (2014). Consumers' acceptance towards green technology in automotive industries in Malacca, Malaysia. *International Journal of Business Administration*, 5(1), 27-30.
- Mao, H., Zhou, L., Ying, R. Y., Pan, D. (2021). Time preferences and green agricultural technology adoption: field evidence from rice farmers in China. *Land Use Policy*, 109, 105627.
- Martínez-Rubio, K., Delgado-Cruz, A., Vargas-Martínez, E. E. (2021). Adopción de tecnologías verdes y su influencia en las prácticas de responsabilidad ambiental. Percepciones de los trabajadores de hoteles. *Estudios Gerenciales*, 37(161), 532-541.
- Masele, J. J. (2019). Top management team's green entrepreneurial attitude and its influence on green ebusiness adoption: empirical evidence from tour operators in Tanzania. *Small Enterprise Research*, 26(1), 78-104.
- Mejia, C. (2019). Influencing green technology use behavior in the hospitality industry and the role of the "green champion". *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 28(5), 538-557.
- Mittal, V. K. (2017). Adoption of green manufacturing in Indian manufacturing industry: a fuzzy analytical hierarchy process approach for inhibitors. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 27(2), 255-271.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*, 339, b2535.
- Mohiuddin, M., Al Mamun, A., Syed, F. A., Masud, M. M., Su, Z. (2018). Environmental knowledge, awareness, and business school students' intentions to purchase green vehicles in emerging countries. *Sustainability*, 10(5), 1534.
- Molla, A., Abareshi, A. (2011). *Green IT adoption: a motivational perspective*. 15th Pacific Asia Conference on Information Systems: Quality Research in Pacific (PACIS 2011). Brisbane; Queensland University of Technology, 1-14.
- Mosquera-González, D., Valencia-Arias, A., Benjumea-Arias, M., Palacios-Moya, L. (2021). Factores asociados al uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los procesos de aprendizaje de estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 14(2), 121-132.
- Mustapha, R., Nashir, I. M., Ma'arof, N. N. M. I. (2019). Awareness of green technology among engineering technology students. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14, 1-8.
- Nandiyanto, A. B. D., Al Husaeni, D. N., Al Husaeni, D. F. (2021). A bibliometric analysis of chemical engineering research using vosviewer and its correlation with Covid-19 pandemic condition. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(6), 4414-4422.
- Nawijn, F., Ham, W. H. W., Houwert, R. M., Groenwold, R. H. H., Hietbrink, F., Smeeing, D. P. J. (2019). Quality of reporting of systematic reviews and meta-analyses in emergency medicine based on the PRISMA statement. *BMC Emergency Medicine*, 19(19), 1-8.


- Ndichu, J., Blohmke, J., Kemp, R., Adeoti, J., Obayelu, A. E. (2015). The adoption of energy efficiency measures by firms in Africa: case studies of cassava processing in Nigeria and maize milling in Kenya. *Innovation and Development*, 5(2), 189-206.
- Orcan, F. (2018). Exploratory and confirmatory factor analysis: which one to use first? *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 9(4), 414-421.
- Palacios-Moya, L., Garcés-Giraldo, L. F., Valencia-Arias, A., Benjumea-Arias, M. (2021). Factores que favorecen la realización de proyectos investigativos en estudiantes universitarios. *Formación Universitaria*, 14(4), 93-102.
- Parra, J. F., Valencia-Arias, A., Bermúdez-Hernández, J. (2022). The venture creation process and entrepreneurial intention in emerging economies – a system dynamic's approach. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 2, 048.
- Patiño-Toro, O. N., Bermeo-Giraldo, C., Valencia-Arias, A., Garcés-Giraldo, L. F. (2020). Factores que inciden en el aprendizaje en gestión tecnológica e innovación en estudiantes de administración mediante el modelo de aceptación tecnológica. *Formación Universitaria*, 13(5), 77-86.
- Patiño-Toro, O. N., Valencia-Arias, A., Gomez-Molina, S., Bermeo-Giraldo, M. C. (2022). Open-source software adoption among university students in emerging countries. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(2), 185-196.
- Patiño-Vanega, J. C., Valencia-Arias, A. (2019). Modelo para la adopción de *cloud computan* en las pequeñas y medianas empresas del sector servicios en Medellín, Colombia. *Información Tecnológica*, 30(6), 157-166.
- Qian, L., Yin, J. (2017). Linking Chinese cultural values and the adoption of electric vehicles: the mediating role of ethical evaluation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 175-188.
- Ramli, S. A., Chew, B. C., Saptari, A. (2021). Factors in adopting green information technology: a qualitative study in Malaysia. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 29(3), 1431-1450.
- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., Koffel, J. B. (2021). PRISMA-S: an extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(39), 1-19.
- Rodríguez-Correa, P. A., Bermeo-Giraldo, M. C., Vélez Bernal, O., Arias Vargas, F. J. (2022a). Factores determinantes para conocer el nivel de adopción de la población joven sobre sistemas de navegación para carros. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, (66), 130-160.
- Rodríguez-Correa, P. A., Garcés-Giraldo, L. F., Valencia-Arias, J. A., Benjumea-Arias, M. (2022b). Calidad del servicio de agua potable para habitantes de Medellín (Colombia): aproximación desde modelos de calidad de servicio. *Información Tecnológica*, 33(3), 89-96.
- Sa'adi, N., Zainordin, N. (2019). Assessing the adoption of green technology among the contractor in central region of Sarawak (Mukah, Sibul and Bintulu). *Malaysian Construction Research Journal*, 7(special issue 2), 145-152.
- Sa'ari, J. R., Jabar, J., Tahir, M. N. H., Mahpoth, M. H. (2017). Farmer's acceptance towards sustainable farming technology. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 4(12), 220-225.
- Sang, Y. N., Bekhet, H. A. (2015). Modelling electric vehicle usage intentions: an empirical study in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 92, 75-83.
- Sarkis-Onofre, R., Catalá-López, F., Aromataris, E., Lockwood, C. (2021). How to properly use the PRISMA Statement. *Systematic Reviews*, 10(117), 1-3.
- Shankar, A., Kumari, P. (2019). Exploring the enablers and inhibitors of electric vehicle adoption intention from sellers' perspective in India: a view of the dual-factor model. *International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing*, 24(4), e1662.
- Shen, B., Li, Q. (2019). Green technology adoption in textile supply chains with environmental taxes: production, pricing, and competition. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 379-384.
- Shen, B., Zhu, C., Li, Q., Wang, X. (2021). Green technology adoption in textiles and apparel supply chains with environmental taxes. *International Journal of Production Research*, 59(14), 4157-4174.
- Sunny, S. K., Angadi, M. (2017). Applications of thesaurus in digital libraries. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 37(5), 313-319.

- Valencia-Arias, A., Arango-Botero, D., Sánchez-Torres, J. A. (2022d). Promoting entrepreneurship based on university students' perceptions of entrepreneurial attitude, university environment, entrepreneurial culture and entrepreneurial training. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 12(2), 328-345.
- Valencia-Arias, A., Benjumea Arias, M. L., Morales Zapata, D., Silva Cortés, A., Betancur Zuluaga, A. (2018). Actitudes de docentes universitarios frente al uso de dispositivos móviles con fines académicos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(78), 761-790.
- Valencia-Arias, A., Bermúdez-Hernández, J., Bran-Piedrahita, L. (2021). Factors that encourage cigarette consumption among college students: a theory of planned behavior perspective. *Journal of Pharmacy Pharmacognosy Research*, 9(3), 272-283.
- Valencia-Arias, A., Gómez-Molina, S., Rodríguez-Correa, P., Benjumea-Arias, M. (2022b). Intención emprendedora de estudiantes universitarios de modalidad virtual. *Formación Universitaria*, 15(3), 11-22.
- Valencia-Arias, A., Montoya Restrepo, L. A. (2020). Entrepreneurial intentions among engineering students: applying a theory of planned behavior perspective. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 28(1), 59-69.
- Valencia-Arias, A., Rodríguez-Correa, P. A., Cárdenas-Ruiz, J. A., Gómez-Molina, S. (2022c). Factores que influyen en la intención emprendedora de estudiantes de psicología de la modalidad virtual. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 12(23), 5-24.
- Valencia-Arias, A., Rodríguez-Correa, P. A., Patiño-Vanegas, J.C., Benjumea-Arias, M., Cruz-Vargas, J. D. L., Moreno-López, G. (2022a). Factors associated with the adoption of drones for product delivery in the context of the Covid-19 pandemic in Medellín, Colombia. *Drones*, 6(9), 225.
- Valencia-Grajales, A. M., Valencia-Arias, A., Ruiz-Herrera, L. G. (2019). A proposed model for the adoption of green roofs in horizontal property. *Revista Luna Azul*, 50, 244-262.
- Vinathan, T., Raman, A. (2021). A structural model of green technology practices among primary school teachers at northern region Malaysia. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(3), 2787-2794.
- Visser, M., van Eck, N. J., Waltman, L. (2021). Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic. *Quantitative Science Studies*, 2(1), 20-41.
- Wang, S., Wang, J., Li, J., Wang, J., Liang, L. (2018a). Policy implications for promoting the adoption of electric vehicles: do consumer's knowledge, perceived risk and financial incentive policy matter? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 117, 58-69.
- Wang, W., Zhang, S., Pasquire, C. (2018b). Factors for the adoption of green building specifications in China. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 36(3), 254-267.
- Wang, X., Cho, S. H., Scheller-Wolf, A. (2020). Green technology development and adoption: competition, regulation, and uncertainty – A global game approach. *Management Science*, 67(1), 201-219.
- Wang, X. Y., Zhao, D. S., Zhang, L. L., Hu, H. Q., Ma, Y. D., Ma, J. Y. (2021). Relations between upgrading of industrial structure, innovation of green technology and water environmental pollution: estimation based on dynamic simultaneous equation. *Desalination and Water Treatment*, 218, 80-86.
- Wati, Y., Koo, C. (2012). *Toward green IS adoption behaviors: a self-determination perspective*. 45th Hawaii International Conference on System Sciences. Maui: IEEE Computer Society, 1207-1216.
- Xia, D., Chen, W., Gao, Q., Zhang, R., Zhang, Y. (2021). Research on enterprises' intention to adopt green technology imposed by environmental regulations with perspective of state ownership. *Sustainability*, 13(3), 1368.
- Xia, D., Xia, N., Zhang, Y., Xiong, J., Zhu, R. (2022). Diffusion path identification of public opinion involving enterprise green technology adoption: an interpretive-structural-modeling-based approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2817.
- Xia, D., Zhang, M., Yu, Q., Tu, Y. (2019). Developing a framework to identify barriers of Green technology adoption for enterprises. *Resources, Conservation and Recycling*, 143, 99-110.
- Yoo, H., Lee, N., Kwon, O. (2015). The role of digital knowledge richness in green technology adoption: a digital option theory perspective. *The Journal of Information Systems*, 24(2), 23-52.
- Yunus, S., Jailani, S. F. A. K., Hairuddin, H., Kassim, E. S. (2013). *Green IT adoption towards environmental sustainability: the moderating role of top management enforcement*. Proceedings of the International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS). Kuala Lumpur: IEEE, 241-244.

Yu, W., Luo, X., Li, R., Xue, L., Huang, L. (2017). The paradox between farmer willingness and their adoption of green technology from the perspective of green cognition. *Resources Science*, 39(8), 1573-1583.

Zailani, S., Iranmanesh, M., Nikbin, D., Jumadi, H. B. (2014). Determinants and environmental outcome of green technology innovation adoption in the transportation industry in Malaysia. *Asian Journal of Technology Innovation*, 22(2), 286-301.

Zhen, L., Wu, Y., Wang, S., Laporte, G. (2020). Green technology adoption for fleet deployment in a shipping network. *Transportation Research Part B: Methodological*, 139, 388-410.

Editor Asociado: Wilfrido Arteaga Sarmiento 

Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada, Programa de Ingeniería Industrial,
Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Volumen 46. Año 2023, Edición continua _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en septiembre 2023, por el **Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela***

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org