

Revisión bibliográfica estructurada (SLR) de modelos logísticos de difusión en la agricultura

Francisco Cárdenas-Polonio^a, Julio Berbel-Vecino^b & Javier Martínez-Dalmau^b

RESUMEN: Se presenta una revisión de los modelos logísticos de difusión de cultivos en agricultura; utilizamos un enfoque de revisión SLR. Nuestro análisis parte de 945 estudios. Tras una exhaustiva revisión resultan 31 trabajos. La difusión es un proceso dinámico de toma de decisiones que en la literatura se vincula estrictamente a la teoría de la utilidad esperada. El modelo logístico es aplicable a la agroindustria, marketing, la industria de telecomunicaciones, la difusión de cultivos agrícolas, etc. Los procesos de difusión presentan un nexo de unión con la dinámica de poblaciones, introducida por Verhulst a mediados del siglo XIX.

Structured literature review (SRL) of logistic models of diffusion on agriculture

ABSTRACT: Diffusion models can help in the decision-making process. In this review, a structured literature review (SLR) approach has been used. Our analysis was based on 945 studies. After an exhaustive review, 31 studies were re-reviewed. Diffusion is a dynamic and complex decision-making process that in the literature has been strictly linked to the expected utility theory. The logistic model is applicable to agribusiness, marketing, the telecommunications industry, electronics products, and agricultural crop diffusion. Diffusion processes have a link to population dynamics, introduced by Verhulst in the mid-19th century.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS: Curva logística, adopción de innovaciones, difusión, agricultura, revisión estructurada de literatura / Logistic curve, adoption of innovations, diffusion, agriculture, structured review of the literature.

Clasificación JEL / JEL classification: Q19.

DOI: <https://doi.org/10.7201/earn.2025.02.04>

^a Universidad de Córdoba. E-mail: z12capof@uco.es

^b Water Environmental and Agricultural Resources Economics Research Group (WEARE). Universidad de Córdoba. E-mail: es1bevej@uco.es; javier.martinez@uco.es

Citar como: Cárdenas-Polonio, F., Berbel-Vecino, J. & Martínez-Dalmau, J. (2025). "Revisión bibliográfica estructurada (SLR) de modelos logísticos de difusión en la agricultura". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 25(2), 79-103. <https://doi.org/10.7201/earn.2025.02.04>

Agradecimientos: a la Biblioteca Central de la Universidad de Córdoba, España.

Dirigir correspondencia a: Francisco Cárdenas Polonio.

Recibido en mayo de 2024. Aceptado en marzo de 2025.

1. Introducción

La difusión de innovaciones puede ser considerada como el determinante más importante del crecimiento económico (Stoneman, 1986). Las primeras referencias sobre difusión de cultivos se encuentran en estudios sobre el maíz híbrido en EEUU (Ryan & Gross, 1943; Griliches, 1957), aunque sobre crecimiento de poblaciones se encuentran en Verhulst (1847). El proceso de difusión se produce cuando una innovación se comunica a través de los miembros de un grupo social (Rogers, 1995). Diversos modelos se han propuesto para estudiar los aspectos temporales del proceso de difusión (Floyd, 1968; Easingwood *et al.*, 1981; 1983; Skiadas, 1985; Skiadas & Giovanis, 1997; Bass, 1969; 2004).

La difusión se ha afrontado desde diferentes perspectivas, como por ejemplo la sociología (Rogers, 1995), el marketing y el comportamiento del consumidor (Mahajan *et al.*, 1990). Se ha estudiado la aceleración de la difusión (Van den Bulte, 2000). La difusión ha sido considerada en disciplinas como la biología, la demografía, la economía, la agricultura. Una gran variedad de curvas de crecimiento se ha desarrollado para modelar dinámicas de poblaciones específicas y otros crecimientos biológicos más generales (Tsoularis, 2001). Por otra parte, se ha definido un protocolo del uso mundial de la energía y de sustitución de recursos empleando el modelo logístico (Marchetti & Nakicenovic, 1980). También se ha demostrado que tanto las bases de procesos evolutivos como la revolución industrial pueden ser modeladas según la dinámica logística (Herman & Montroll, 1972).

Los modelos de difusión tienen tres propósitos (Rogers, 1995). En primer lugar, tienen una finalidad descriptiva y explicativa, puesto que permiten representar el proceso analizado y dan una idea de sus características más sobresalientes. En segundo lugar, tienen una finalidad predictiva, pues a través de un adecuado análisis de los datos de las etapas iniciales del proceso es posible conocer o inferir ciertas características del mismo, y proyectarlas en un tiempo futuro. Por último, también sirven como instrumentos de control, pues mediante ciertas variables particulares es posible influir sobre la trayectoria del proceso de difusión.

En el sector agrario hay un gran número de estudios de difusión. Recientemente destacan trabajos sobre la difusión de prácticas agronómicas sostenibles; podemos mencionar: a) sobre la agricultura ecológica en España (Carmona-Martínez *et al.*, 2005); b) sobre la producción ecológica en el olivar en el Sur de España (Parra-López & Calatrava-Requena, 2002; Parra-López *et al.*, 2007; Calatrava *et al.*, 2007; Calatrava & Franco, 2011); c) sobre los sistemas de producción ecológica, integrada y convencional en olivar (Parra-López, 2003); d) sobre la agricultura ecológica (Franco-Martínez y Rodríguez-Entrena, 2009); y e) la adopción y difusión de prácticas de siembra directa en el olivar de la provincia de Granada (Franco & Calatrava, 2010).

De manera más general y dentro de la agricultura podemos mencionar varios estudios por su relevancia: (i) la difusión de pastos mejorados en Uruguay (Jarvis, 1981); (ii) la adopción del riego por goteo en Israel (Fishelson & Rymon, 1989); (iii) la difusión de la agricultura de precisión en la región semiárida pampeana central (Corró-Molas, 2007); y (iv) el efecto del uso de prácticas de siembra sin labranza (Scoponi *et al.*, 2011). La difusión de cultivos en España ha sido objeto de estudio: el cultivo del almendro y del pistacho en España (Cárdenas-Polonio *et al.*, 2022; 2023).

El proceso de toma de decisión sobre la adopción de una innovación agrícola se puede categorizar en varias etapas (Rogers, 2003):

- Conocimiento: toma de conciencia de la posibilidad de adoptar la innovación.
- Persuasión: recopilación de la información.
- Decisión de adoptar o no la innovación.
- Implementación: introducción efectiva de la innovación en las iniciativas económicas del agricultor.
- Confirmación: decisión de continuar tras el período de prueba.

Este trabajo presenta un análisis de los principales enfoques para estudiar y caracterizar la difusión de innovaciones en la agricultura. En primer lugar, recopilamos varios artículos empíricos sobre los modelos de difusión, con un énfasis en las elecciones de los agricultores al implementar innovaciones agrícolas. Los agricultores deciden adoptar nuevas tecnologías basándose en sus expectativas y necesidades productivas, pero sus decisiones también están influenciadas por muchos otros factores, como instituciones, información externa, clima, condiciones locales e interacciones con otros agricultores que pueden afectar directa o indirectamente sus percepciones sobre los resultados futuros de la adopción.

En segundo lugar, presentamos los principales hallazgos obtenidos a través del enfoque de revisión bibliográfica estructurada (SLR por sus siglas en inglés) de los estudios empíricos más recientes sobre la adopción de innovaciones en agricultura. En los últimos años, ha surgido una importante cantidad de literatura sobre los factores impulsores de la adopción de innovaciones, centrándose en los factores socioeconómicos y geográficos que influyen en la adopción de tecnologías por parte de los agricultores. Estos estudios emplean predominantemente metodologías econométricas, proporcionando evidencia empírica importante sobre los principales factores impulsores de la adopción y difusión de innovaciones. Esto puede ser significativo en términos de políticas de difusión eficiente de tecnología para incentivar aspectos clave en la sostenibilidad de la agricultura como pueden ser la difusión de agricultura orgánica, técnicas de laboreo mínimo o las técnicas de conservación de agua por citar tres ejemplos.

Este trabajo se organiza como sigue: La sección 2ª presenta los métodos, la 3ª presenta los resultados. La sección 4ª la discusión. La sección 5ª presenta las referencias y los anexos se encuentran referenciados en Cárdenas-Polonio *et al.* (2024). Dentro de la sección 3 de resultados se incluye en primer lugar la sección 3.1 de análisis y resultados de los 31 artículos de la revisión final.

2. Método empleado para la revisión bibliográfica

El método SLR tiene sus orígenes en los procesos de revisión sistemática desarrollados en campos como la medicina y la psicología, en concreto los métodos de “revisión sistemática” y “metaanálisis”. El método SLR evoluciona desde estas técnicas de revisión sistemática para adecuarse a disciplinas más allá de los estudios clínicos y ofrecer un enfoque estructurado, transparente y replicable para la síntesis de literatura en diversos campos, especialmente en las ciencias sociales, la gestión y la adopción de tecnologías en general (Dumay & Cai, 2014; Massaro *et al.*, 2015; Mishra *et al.*, 2017; Secundo *et al.*, 2020).

El método SLR analiza el cuerpo de literatura académica científica y pone en el centro del método el planteamiento de preguntas de investigación y detección de las lagunas de conocimiento (Massaro *et al.*, 2016; Mishra *et al.*, 2017; Petticrew, 2001). La principal diferencia con otros métodos de revisión de la literatura (revisión rápida, síntesis de investigación o revisión sistemática) es que el enfoque SLR no es “sólo exhaustivo”, sino que tiene como punto de partida las preguntas específicas que deben responderse con criterios estrictos. Para realizar un SLR robusto, el análisis debe ser lo más transparente y replicable posible (Massaro *et al.*, 2015; Secundo *et al.*, 2020). En primer lugar, el protocolo de revisión debe declarar la pregunta de revisión, los métodos analíticos, el marco de codificación, el tipo de estudios a analizar y cómo se sintetizarán estos estudios. Resulta de importancia ofrecer de una forma lógica y estructurada el planteamiento de las preguntas de investigación adecuadas para iniciar el análisis (Massaro *et al.*, 2016). Un reciente trabajo que aplica el SLR a la adopción de tecnologías de riego ahorradoras de agua es Pronti *et al.* (2024).

En nuestro estudio, se identifican tres preguntas de investigación principales que son:

- Pregunta de investigación 1: ¿Cómo ha evolucionado a lo largo del tiempo la literatura sobre la adopción y difusión de innovaciones y sobre la curva logística? Esta pregunta se refiere al estado actual de la literatura, teniendo en cuenta la evolución temporal y distribución geográfica de los trabajos empíricos y las conclusiones de esta revisión.
- Pregunta de investigación 2: ¿Cuáles son los principales determinantes de la adopción de innovaciones identificados en la literatura?

- Pregunta de investigación 3: ¿Cuáles son las posibles implicaciones de la investigación para el desarrollo futuro de la bibliografía? Esta pregunta se refiere a las posibles lagunas en la investigación y al desarrollo potencial que surgen del análisis del conjunto de la literatura sobre el tema.

En una segunda etapa, una vez planteadas las preguntas de investigación, el análisis SLR sigue una secuencia determinada (Mishra *et al.*, 2017), que se puede enumerar:

- La selección de una base de datos de artículos científicos.
- La recopilación de artículos seleccionados a partir de palabras clave específicas.
- La eliminación de duplicados y de literatura no revisada por pares.
- La selección de artículos.
- El análisis de las conclusiones y la respuesta a las preguntas de investigación.

En la búsqueda de artículos se han utilizado ELSEVIER y GOOGLE ACADÉMICO, por ser dos de los más poderosos motores de búsqueda y bases de datos con mayor cobertura de artículos científicos. La búsqueda de artículos se ha centrado en las palabras clave siguientes:

- Curva logística.
- Adopción de innovaciones.
- Difusión de innovaciones.
- Revisión estructurada de literatura.

En lo que se refiere a la metodología de los trabajos, se han seleccionado estudios que utilizan métodos cuantitativos.

El marco de codificación del análisis se ha categorizado en:

- Distribución geográfica de las difusiones de análisis.
- Distribución temporal de la publicación.
- Principales conclusiones de la publicación.

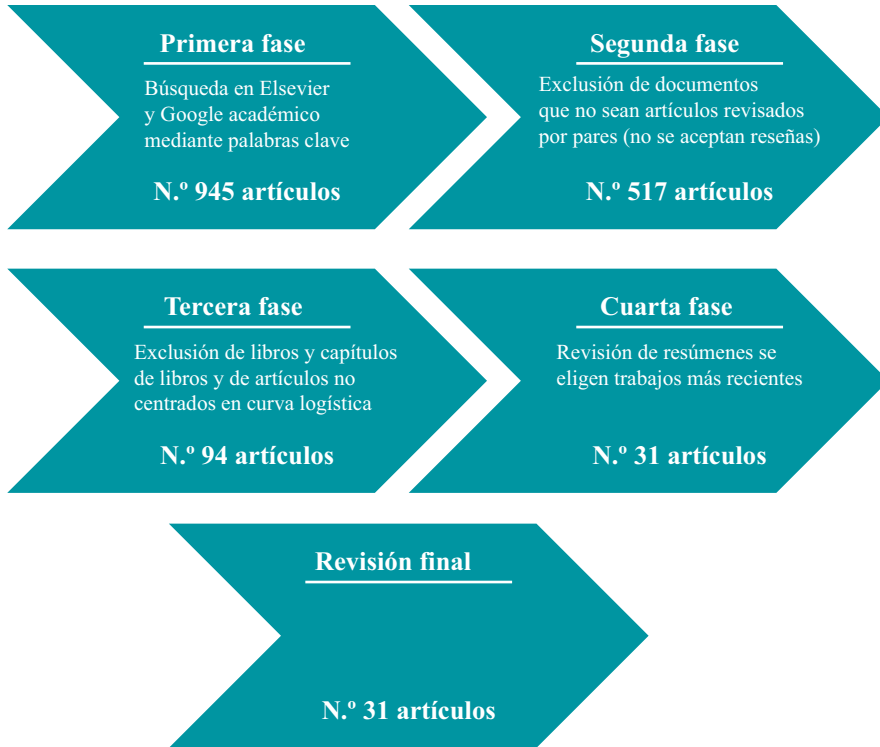
El proceso de selección de artículos es el siguiente:

- A partir de la consulta a las bases de datos mencionadas y teniendo como referencia las palabras clave o cadenas de caracteres indicadas anteriormente, se seleccionan 945 documentos.
- Criterio de la primera exclusión: se excluyen documentos que no sean revisados por pares. Tampoco se aceptan reseñas. Quedan 517 artículos.
- Criterio de la segunda exclusión:
 - 1) Se excluyen libros y capítulos de libros.
 - 2) Se excluyen artículos no centrados en la curva logística.
 - 3) No se aceptan tesis doctorales.
 - 4) No se aceptan trabajos fin de grado.
 - 5) No se aceptan trabajos fin de máster.
 - 6) No se aceptan artículos de conferencias.
 - 7) Se excluyen otras revisiones bibliográficas.
 - 8) Quedan 94 artículos.
- Criterio de la tercera exclusión: del análisis de los resúmenes y conclusiones de los artículos restantes, se eligen aquellos de más reciente publicación. Quedan 31 artículos.

La secuencia de selección de los artículos para la revisión se resume en el Gráfico 1.

GRÁFICO 1

Selección de los artículos científicos para revisión y criterios de exclusión



Fuente: Elaboración propia.

3. Principales resultados del análisis SLR

3.1. Análisis de las conclusiones y resultados de los 31 artículos de la revisión final

Todos los artículos científicos analizados en esta revisión SLR presentan un nexo de unión bien identificado: todos se refieren a modelos de difusión de tecnologías y/o innovaciones agrícolas basadas en una definición logística.

Jarvis (1981) estudia los pastos mejorados en Uruguay. Concluye que la difusión sigue una trayectoria logística. La inclusión de los precios de la carne de vacuno y de los fertilizantes enriquece el análisis. La difusión agregada puede reflejar la heterogeneidad de los suelos, el clima y de los productores.

Por su parte, Fishelson & Rymon (1989) estudian el riego por goteo del algodón en explotaciones colectivas de Israel o kibbutzim. Se aplica el modelo de Griliches (1957) para el maíz híbrido en Estados Unidos. Los resultados muestran que esta tecnología está siendo desplazada por otras que ahorran agua y mano de obra.

En su caso, Dinar & Yaron (1990) estudian la influencia del precio y escasez de insumos, las condiciones ambientales, el capital humano, el precio del agua y otras variables en la difusión de tecnologías modernas de riego en su estudio sobre cítricos en Israel. Concluyen que la gestión, el capital humano y las dimensiones de la explotación también influyen en el nivel de saturación y en la velocidad de adopción.

Por otra parte, Morrison (1996) estudia las ventas de un nuevo producto sin historial de ventas o con pequeño historial. Ha aplicado los modelos logísticos y de Gompertz. Demuestra que la difusión de los productos antiguos puede utilizarse para determinar la propia de nuevos productos.

Carrillo & González (2002) atienden a los modelos logístico, de Gompertz y de Bass. Tratan de definir un crecimiento estándar en forma de S, ya no basado en el nivel de la variable, sino en su tasa de crecimiento, es decir el de su primera derivada respecto al tiempo. Los autores justifican su trabajo mediante un marco teórico desarrollado a partir de una ecuación diferencial autónoma.

En otro caso, Van de Bulte & Stremersch (2004) referencian su estudio en la importancia de las interacciones sociales en las innovaciones. Concluyen que discriminar entre los diferentes mecanismos de las interacciones permite captar más directamente los factores que condicionan la difusión de las innovaciones.

En su estudio innovador, Carmona-Martínez *et al.* (2005) analizan la introducción de la agricultura ecológica en España. Los autores centran su estudio en los modelos logístico (de influencia interna), exponencial (de influencia externa) y el modelo de Bass. Carmona-Martínez *et al.* (2005) realizan una evaluación en la región de Murcia y en Andalucía. Los autores concluyen que la difusión está descrita por un modelo de influencia interna.

Por su parte, Sood & Tellis (2005) estudian la adopción y crecimiento de 14 tecnologías de cuatro mercados diferentes, partiendo de una curva sigmoideal. Los autores evalúan la dinámica competitiva en la evolución tecnológica. Los resultados describen una función escalonada. Las trayectorias de las tecnologías rivales pueden cruzarse más de una vez o no cruzarse nunca con la principal.

Centrone *et al.* (2007) estudian un mercado con crecimiento exponencial a corto plazo. Las características cualitativas del modelo establecen cómo afectan los parámetros demográficos y de difusión a las pautas de adopción y venta de teléfonos de última generación. Los autores concluyen que una dinámica logística explica el

proceso. Se contemplan posteriores estudios que contemplen las hipótesis de los fenómenos de indecisión o la posibilidad de rechazo de la innovación.

En su caso, Dattée & Birdseye-Weil (2007) concluyen que la dinámica de las interacciones sociales durante las sustituciones tecnológicas tiene efectos significativos en los patrones de sustitución.

Jarne *et al.* (2007) afirman que las ecuaciones de Gompertz y logística presentan ineficiencias en sus aplicaciones. Estas limitaciones se evitan mediante la utilización de una familia de ecuaciones diferenciales unimodales. Un ejemplo del uso de esta clase de ecuaciones se describe para modelar poblaciones donde la tasa intrínseca de crecimiento es una función decreciente de la densidad de población. Los autores centran su estudio en el análisis de la información sobre inversión y crecimiento económico en Estados Unidos durante el período 1967-2003. Los autores concluyen que la evolución de estos patrones de crecimiento describe una trayectoria gráfica en S.

En otro caso, Modis (2007) afirma que la curva logística entra como componente explicativa de muchos procesos de adopción de innovaciones o en patrones de crecimiento natural. Dentro de toda la generalidad, la curva logística en su forma discreta considerada en términos cruzados explica las interrelaciones entre especies o empresas competidoras.

Dentro del marco agrario, Franco-Martínez & Rodríguez-Entrena (2009) estudian la difusión de la agricultura ecológica en el olivar en las provincias andaluzas de Granada y Jaén (España). Los autores aplican un modelo probit. También estudian la difusión de la práctica de mantenimiento de pedrizas o muretes y concluyen que la curva logística define el proceso y que se hace necesario reforzar, en la legislación ambiental la conexión entre adopción conjunta de prácticas de conservación de suelos complementarias y sistemas de producción ecológica.

Por su parte, Christodoulos *et al.* (2010) afirman que todo planteamiento de series temporales puede considerarse la realización de un proceso estocástico. También que ha supuesto un gran avance en el área de estudio la integración de conocimientos (Box & Jenkins, 1970). Los autores comparan la precisión de los modelos ARIMA, los modelos de Bass, Floyd, Gompertz y Easinwood entre otros, y concluyen que la asimetría del modelo de Easinwood proporciona el error medio porcentual absoluto (MAPE) más favorable, es decir, más bajo y de ahí el más preciso. Sin embargo, el modelo de ARIMA considerado en un espacio temporal de inicio de la difusión, a corto plazo, proporciona una estimación de las previsiones más ajustada y precisa que los demás modelos.

Michalakelis *et al.* (2010) han estudiado la difusión con efectos de sustitución de distintas generaciones de productos en el campo de las telecomunicaciones. En su estudio introducen un modelo dinámico, en el que la difusión de un producto se ve afectada por la de su generación descendiente, tan pronto como esta generación se

introduce en el mercado. Una dirección para futuras investigaciones es una extensión estocástica del modelo.

En otro caso agrícola, Scoponi *et al.* (2011) han analizado la difusión de la siembra directa como innovación en Argentina y Brasil. Otras líneas de investigación son: i) el estudio de tecnologías complementarias para establecer su relación de causalidad con la difusión de la siembra directa, ii) el estudio de la relación de la estructura de la tierra (extensión y propiedad o arrendamiento) con la propensión a la adopción de la siembra directa y iii) el estudio de la incidencia del cambio generacional en la propia difusión de la siembra directa.

En su caso, Genius *et al.* (2013) han estudiado el papel de la transmisión de la información en la difusión del riego por goteo, a través de los servicios de extensión agraria y el aprendizaje social en un conjunto de explotaciones olivereras de Creta (Grecia). Los autores concluyen que se produce una sinergia entre las funciones de los canales de comunicación. Una extensión del estudio para futuras investigaciones es la incorporación en el modelo de las preferencias por el riesgo a la hora de evaluar la formulación de políticas agrícolas que afectan a la elección de insumos y tecnologías.

Por su parte, Polanco-Gaytán & González-Sánchez (2015) han estudiado los factores que intervienen en la rentabilidad del cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en el estado de Colima en México. Los autores aplican un modelo de difusión de influencia interna que concluyen explica la difusión. Es decir que, los canales formales no tienen una influencia significativa en la difusión mientras que la innovación es introducida principalmente gracias a los canales de comunicación informales.

En otro caso de estudio, Massiani & Gohs (2015) afirman que el enfoque del modelo de Bass establece que éste se define a partir de dos categorías de adoptantes: i) los innovadores que adoptan el nuevo producto y ii) los imitadores que lo adquieren al entrar en contacto con los adoptantes ya existentes. El estudio concluye que las estimaciones de los parámetros del modelo, los coeficientes de innovación y de imitación son muy susceptibles al nivel de saturación del sistema estimado a priori, con lo que se sugiere cautela acerca de los métodos utilizados para las estimaciones iniciales.

En su caso agrícola particular, Shehu (2015) ha analizado la implantación de invernaderos en la agricultura de Albania. Ha utilizado una aplicación empírica de la curva Bi-logística. Shehu parte en su estudio de series temporales de datos y sobre la superficie de cultivo de invernaderos: i) de vidrio o plástico con calefacción y ii) solar de vidrio o plástico. Shehu demuestra que este modelo ofrece una buena predicción de las series temporales.

En otro campo de estudio, Gholizadeh *et al.* (2018) han aplicado modelos de difusión de las tecnologías de la información (TICs) en sus implicaciones en la ingeniería de la

construcción, concretamente en el modelado de la información para la construcción (BIM). Los patrones de difusión de las funciones BIM utilizados han sido cuatro modelos: interno (logístico), externo, Bass y Gompertz. Los autores demuestran que los modelos logísticos y el modelo de Bass son los que aportan un mayor poder explicativo de la difusión de las 14 funciones BIM analizadas.

En un entorno agrícola, Alcón *et al.* (2019) centran su estudio en Cartagena (España). El objetivo es articular unos informes para las autoridades políticas que diseñan iniciativas de ahorro de agua de riego. Los resultados sugieren que políticas eficaces centradas en la adopción de tecnologías de riego deben tener en cuenta factores sociales, económicos, tecnológicos y medioambientales. El trabajo contempla la aplicación de los modelos logístico, de Gompertz, de Bass (influencia mixta), Logit y Probit.

En un entorno sociosanitario, LaMorte (2019) afirma que la teoría de la difusión de innovaciones se ha utilizado en el desarrollo y puesta en práctica de programas de salud pública, emprendidas por las administraciones sanitarias. En este ámbito, la teoría se utiliza para acelerar la adopción de importantes programas de salud pública. La adopción más exitosa de un programa de salud pública es el resultado de la comprensión por parte de la población objetivo y de los factores que influyen en la tasa de adopción.

Por su parte, Skoczkowski *et al.* (2019) afirma que la implantación del uso de energías renovables, solar fotovoltaica y eólica, son un objetivo prioritario de las decisiones de la Unión Europea. Han modelizado las curvas de aprendizaje que describen el desarrollo previsto de las tecnologías fotovoltaica y eólica hasta 2100. Se ha utilizado la función logística. Los autores concluyen que las curvas logísticas visualizan bien la difusión y que su precisión depende de la ambición de la política de descarbonización, la aparición de tecnologías punteras, los precios de la energía y las estrategias industriales.

En otro entorno sociosanitario, Harvey & Kattuman (2020) aplican modelos de series temporales. Estos modelos se basan en curvas de crecimiento logístico generalizado. Los autores aplican su estudio al caso especial de la propagación del coronavirus en Reino Unido y Alemania. El seguimiento de la estimación filtrada de la tasa de crecimiento permite comprender mejor el efecto del bloqueo de la difusión.

Fluchs (2020) ha analizado la difusión de vehículos eléctricos en la Unión Europea y fuera de ella en base a un modelo logístico. Los autores han demostrado que los países difieren entre sí en velocidades de difusión y en el tiempo para alcanzar la saturación. También se han analizado los incentivos por parte de las administraciones y su incidencia en la velocidad de la difusión.

En el ámbito de la economía, Baumane-Vitolina & Dudek (2020) definen el ecosistema de innovación como aquel en que los agentes económicos nacionales,

regionales y locales están expuestos a un entorno competitivo mundial en constante evolución. Los autores centran su estudio en Polonia. Este trabajo concluye que la innovación puede ser un vehículo de transición de una economía impulsada por la tecnología ya que los ecosistemas de innovación son redes colaborativas y competitivas que generan unos importantes incentivos que generan oportunidades para consumidores y empresas.

Bianco *et al.* (2021) analizan la evolución de la potencia instalada en Italia de energía solar fotovoltaica. Se estudia el papel de los incentivos públicos en base a un análisis del marco normativo y la aplicación de un modelo logístico. Los resultados son: i) la función logística es explicativa de la difusión estudiada, ii) el desarrollo de la energía solar en Italia, en orden de magnitud, es sólo explicable desde el detalle del gran volumen de incentivos ofrecidos y iii) esta difusión ha sido gestionada con el único objetivo de cumplir con los acuerdos de la Unión Europea sin contar con ninguna estrategia industrial.

Cárdenas-Polonio *et al.* (2022) estudian la difusión del almendro en Andalucía. Los autores presentan diferentes modelos que describen la difusión. La difusión del cultivo se ajusta a una curva logística sigmoideal, con una fase inicial de pequeña tasa de crecimiento, una fase intermedia de rápido crecimiento y una fase final o de saturación, con un crecimiento prácticamente inexistente. Como futuras líneas de investigación parece interesante el estudio de la difusión del cultivo del almendro en secano, debido a la gran implantación del cultivo en secano en Andalucía, por ser un cultivo que se adapta bien a las condiciones impuestas por veranos secos y calurosos y estaciones pobres en aportaciones del agua de lluvia, condiciones que definen y caracterizan la meteorología de esta zona sur de la Península Ibérica: Andalucía.

En otro orden, Cárdenas-Polonio *et al.* (2023) analizan la difusión del pistacho en España. Los autores aplican modelos de influencia interna, de influencia externa y un patrón de influencia precio-rendimiento del cultivo. Se demuestra que en un contexto de precios de mercado estables para el pistacho y una sinergia óptima de los factores de producción (régimen de riego, régimen de fertilizantes, clima, suelo, control de la floración, elección de portainjertos, poda, sistema de mantenimiento del suelo, control de plagas y enfermedades, etc.), que favorecen el incremento del rendimiento del cultivo, no sólo aumenta el nivel de saturación del sistema, sino también la extensión del proceso de difusión. Los autores concluyen que la difusión responde a un modelo de influencia interna (logístico) y nunca a modelos de influencia externa. La dinámica del proceso está determinada por un efecto de imitación.

Gao *et al.* (2024) han analizado las patentes de la tecnología del hidrógeno, dividida en cuatro ramas de desarrollo: 1) producción de hidrógeno, 2) almacenamiento de hidrógeno, 3) baterías de combustible de hidrógeno y 4) refrigeración de hidrógeno. Los resultados demuestran que las fases iniciales y de saturación de la difusión de la tecnología del hidrógeno son más largas que las fases de crecimiento rápido; la tecnología de producción de hidrógeno muestra un elevado nivel de saturación de

la difusión en los canales de difusión regionales de las familias de patentes y la diversidad de la tecnología de refrigeración por hidrógeno es alta, lo que indica que la difusión de la tecnología es más equilibrada, sin concentración regional.

3.2. Resultados descriptivos de la investigación

Respuesta a la pregunta de investigación 1: ¿Cómo ha evolucionado a lo largo del tiempo la literatura sobre la adopción y difusión de innovaciones y sobre la curva logística? Esta pregunta se refiere al estado actual de la literatura, teniendo en cuenta la evolución temporal y distribución geográfica de los trabajos empíricos y las conclusiones de esta revisión.

La literatura ha evolucionado en dos sentidos. En lo que se refiere a las aplicaciones de la teoría de la difusión, así como en la metodología utilizada en los más recientes estudios que versan sobre la difusión.

En un primer lugar, las primeras nociones de la difusión de las que se tiene referencia parecen única y exclusivamente centradas en la descripción de la dinámica de poblaciones (Verhulst, 1847). Posteriormente aparecieron las primeras referencias de la difusión en la agricultura (Griliches, 1957; 1960). Más tarde aún, surgieron aportaciones de la teoría de la difusión a las innovaciones tecnológicas (Rogers, 1962; Karshenas & Stoneman, 1995) y la mercadotecnia. Muchas otras aplicaciones diferentes a las inicialmente concebidas para la teoría de la difusión, se han ido desarrollando en el tiempo: aplicaciones en biología, agricultura ecológica, descripción de los ciclos de productos industriales en el mercado a medida que aparecen otras innovaciones, aplicación de la curva logística en telecomunicaciones, difusión de cultivos, agricultura de precisión, adopción de nuevas tecnologías de riego ante la escasez del agua, descripción de la sustitución tecnológica, curvas sigmoidales explicativas del crecimiento económico, descripción de la dinámica de energías, difusión de tecnologías aeroespaciales, descripción de la difusión de tecnologías para la automoción, aplicación al manejo de la erosión de los suelos agrícolas, etc.

Posteriormente, los modelos de difusión han evolucionado en diferentes formas. Una de ellas es la que se refiere a la combinación de la teoría de costes y los modelos de difusión. Otras han centrado su interés en el análisis de la aceleración de la difusión de nuevos productos y tecnologías para su más rápida introducción en el mercado.

En lo que se refiere a la metodología, los primeros estudios sobre la difusión versaban sobre los modelos de Gompertz, Weibull, Richards, etc. Posteriormente los modelos de Giovanis y Skiadas y el modelo de Bass. También son reseñables los modelos de series temporales aplicados a la difusión. Esta es a grandes rasgos la secuencia de la evolución de los estudios sobre la difusión. En el anexo 1 (Cárdenas-Polonio *et al.*, 2024) se reseña un gran grupo de modelos de difusión. El anexo 2 (Cárdenas-Polonio *et al.*, 2024) detalla las aplicaciones y/o aplicabilidad de cada modelo.

3.2.1. *Distribución geográfica de difusiones y temporal de las publicaciones*

Los trabajos analizados (94) tras la tercera fase del análisis bibliométrico realizado en esta revisión se pueden agrupar bajo tres temáticas distintas en el Cuadro 1.

CUADRO 1
Temática de los textos analizados

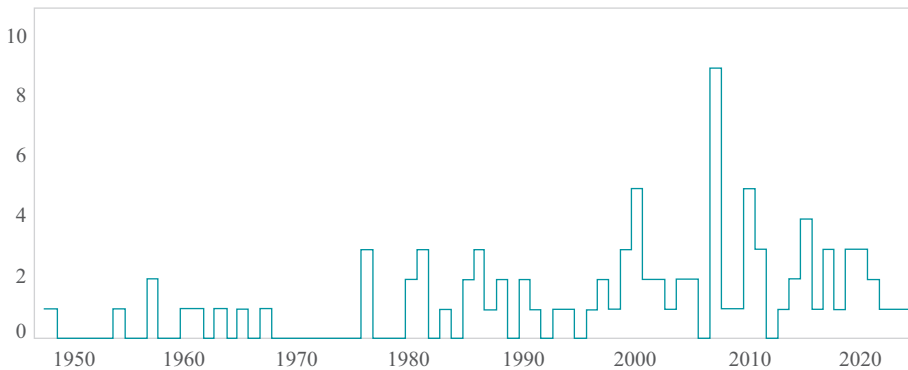
Temática	Número de estudios
Difusión de innovaciones y curva logística	85
Metodología de revisión de literatura	6
Modelos agroeconómicos	3

Fuente: Elaboración propia.

La distribución geográfica de las difusiones de análisis, estudiadas en los 31 artículos de la revisión final se detalla a continuación: 7 en España y EEUU, 3 en Italia y Grecia, 2 en Israel y Polonia, y 1 en: Uruguay, República de Irlanda, Argentina, México, Albania, Reino Unido y Japón.

La distribución temporal (número de artículos/año) de los 94 artículos que constituyen el grueso de las referencias incluidas en la sección de bibliografía, se describe en el Gráfico 2.

GRÁFICO 2
Distribución temporal de los 94 artículos.
En número de artículos vs. año de publicación



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Respuesta a la pregunta de investigación 2

¿Cuáles son los principales determinantes de la adopción de innovaciones identificados en la literatura? Los principales determinantes de las adopciones son varios:

- Por parte de las empresas y otros agentes económicos como cooperativas y otras organizaciones de productores, la maximización de beneficios, una mayor productividad en la gestión de las inversiones, una buena práctica de mercadotecnia para las empresas y productores que también participan en la distribución de sus productos y en general la constante previsión de nuevos escenarios de mercado.
- En lo que se refiere a la adopción de innovaciones agrícolas en países en desarrollo, se ha afirmado que los cambios en la toma de decisiones de los agricultores son el resultado de procesos dinámicos como el aprendizaje a través de la recopilación de información, el aprendizaje práctico y la acumulación de recursos. Se trata por lo tanto de un proceso de maximización de la utilidad esperada (o beneficio esperado), sujeta a la disponibilidad de tierras y acceso al crédito en un entorno de incertidumbre, objetiva y subjetiva (Feder *et al.*, 1985). En la elección implícita a la toma de decisiones por parte de los agricultores, éstos deciden si adoptan una determinada innovación, solamente si la utilidad esperada (mayor rendimiento o menor riesgo) de la adopción es superior al estado de la no adopción.
- Los rendimientos en la adopción de una nueva tecnología se refieren a la diferencia entre el beneficio bruto anual obtenido por la empresa o los adoptantes, cuando utilizan la nueva tecnología y cuando utilizan esa tecnología en un nivel inferior que puede ser cero (Stoneman & Battisti, 2010). El valor actual de la diferencia en estos flujos de ingresos es el ingreso bruto o valor capitalizado de la adopción de la tecnología.
- En cuanto al clima, los agricultores pueden adaptarse al cambio climático mediante la adopción de nuevas tecnologías y/o cambiando sus prácticas de gestión. En el caso de Israel, se ha estudiado el cambio en la elección de cultivo, sistema de riego y cubierta vegetal para el suelo, como una decisión conjunta del agricultor. La simulación de un aumento de la temperatura sugiere que el calentamiento llevaría a los agricultores a seleccionar cultivos bajo plástico con modernos sistemas de riego (Fleischer *et al.*, 2011).
- En otros análisis más detallados se introducen otros factores o características de los agricultores (Skaggs, 2001). Estos se pueden enumerar: edad, educación, los años de experiencia, los ingresos dentro y fuera de la explotación, las expectativas de la disponibilidad de agua, el acceso a la información, los servicios de extensión agraria (agentes de desarrollo), etc.

Por otra parte, los factores que inhiben la adopción de innovaciones son (Stoneman & Battisti, 2010):

- Percepción excesiva del riesgo económico.
- Elevados costes directos de innovación.
- Acceso a la financiación.
- Rigidez organizativa.
- Falta de personal cualificado.
- Información escasa sobre la tecnología.
- Impacto de la regulación y normativa.
- En macroeconomía existe un consenso en que las diferencias tecnológicas entre países explican las principales diferencias en el PIB y en los salarios de los trabajadores con cualificaciones similares. Es decir, que entender estas diferencias explica gran parte de las desigualdades existentes entre países. El estudio de las limitaciones de la adopción de innovaciones tecnológicas es útil para entender un componente importante del crecimiento económico (Foster & Rosenzweig, 2010).

3.4. Respuesta a la pregunta de investigación 3

¿Cuáles son las posibles implicaciones de la investigación para el desarrollo futuro de la bibliografía? Esta pregunta se refiere a las posibles lagunas en la investigación y al desarrollo potencial que surgen del análisis del conjunto de la literatura sobre el tema.

Esta revisión estructurada de la literatura puede ser de referencia para posteriores estudios más detallados y puede servir de base para profundizar en un conocimiento más próximo de la teoría de la difusión, la curva logística y la difusión en la agricultura. Debido al carácter acotado del trabajo que nos ocupa, ha sido materialmente imposible abarcar todas las modalidades de modelos de difusión existentes en la doctrina (este aspecto puede interpretarse como una laguna del trabajo). Entre ellos se encuentran los modelos brevemente reseñados en el anexo 1 (Cárdenas-Polonio *et al.*, 2024) y ampliados en el anexo 2 (Cárdenas-Polonio *et al.*, 2024) además de los modelos ARIMA, modelos basados en series temporales.

En otro orden, a título de ejemplo, tradicionalmente en la literatura sobre la adopción y difusión de tecnologías de ahorro del agua de riego, se han analizado las ventajas, pero se han analizado mucho menos los efectos secundarios, como

un mayor consumo de energía y un mayor consumo de agua a nivel de cuenca hidrográfica (Berkhout *et al.*, 2000; Sorrell & Dimitropoulos, 2008). Se trata de un efecto rebote. Se ha indicado que el efecto rebote producido por la introducción masiva de estas tecnologías puede verse reducido por la aplicación de adecuadas medidas de gobernanza del agua de riego (Berbel & Martínez-Dalmau, 2021). Es decir, este aspecto considerado en sentido amplio puede ser una buena guía para las investigaciones venideras en muchas disciplinas: analizar y describir las ventajas e inconvenientes que surgen al combinar una serie de factores de producción (sinergia y antagonismos entre los factores) cuando se produce la adopción y posterior difusión de una determinada tecnología.

4. Discusión y conclusiones

El estudio de análisis SLR de la literatura sobre la difusión de innovaciones y la curva logística ha puesto de manifiesto la gran heterogeneidad de las fuentes de referencia existentes.

La adopción de los cultivos o de tecnología en la agricultura es un proceso dinámico y complejo de toma de decisiones, que en la literatura se ha vinculado de una forma estricta a la teoría de la utilidad esperada. Un gran estudio sobre la adopción de tecnología se ha centrado en la agricultura de los países de menos renta. Si la difusión tecnológica es uno de los canales por medio de los cuales los países pobres pueden desarrollarse, se llega a la conclusión de que la difusión tecnológica en esos países es incompleta o que los insumos asociados son infrautilizados. De este modo, comprender mejor las limitaciones de la difusión y la asignación de recursos es útil para entender el proceso de crecimiento económico.

El problema que plantea la evaluación del rendimiento de la difusión tecnológica hace necesaria la utilización de nuevos datos, nuevos métodos empíricos y nuevos enfoques teóricos que escapen al alcance de esta revisión bibliográfica. En todos los modelos de difusión analizados en nuestro trabajo de revisión interviene el tiempo como variable independiente. La función logística definida y descrita, hace intervenir en la ecuación a su vez a la función exponencial que está presente en gran parte de los modelos de difusión [ver anexo 1 (Cárdenas-Polonio *et al.*, 2024)].

Cuando aparece una nueva tecnología de producto, se inicia un proceso o mecanismo por medio del cual el número de usuarios o propietarios de esa tecnología aumenta en el tiempo, de forma absoluta o relativa. Este proceso o mecanismo por el que se extiende el proceso es la propia difusión de tecnología, producto o servicio.

En el ámbito de la macroeconomía existe un consenso sobre el hecho de que las diferencias tecnológicas explican la diferencia en el PIB del país. Uno de los mecanismos para que un país con menor nivel de tecnología y por tanto con menor PIB pueda acercarse a mayores niveles de tecnificación y por tanto a mayores valores

de renta per cápita y de PIB, es mediante los procesos de difusión tecnológica. Es decir, mediante la adopción de tecnología avanzada.

En el presente estudio se ha podido constatar que el modelo logístico en sus diferentes formulaciones de desarrollo es de aplicación a múltiples disciplinas de estudio y análisis: en el campo de la agroindustria como caso específico, y en la industria de bienes y productos de consumo, el marketing, la mercadotecnia, la industria de las telecomunicaciones, los productos de electrónica, hasta llegar al análisis de la adopción y difusión de cultivos agrícolas.

No se puede obviar ni olvidar la característica esencial que une y conecta a todas las formas de difusión, de cualquier tipología. Todas presentan un nexo de unión con los fenómenos de crecimiento de la dinámica de poblaciones, analizada en primer lugar e introducida por Verhulst a mediados del siglo XIX.

Hoy en día, la teoría de la difusión aplicada a todas las áreas de conocimiento donde tiene alguna forma de expresión sigue teniendo un nexo de unión con todo lo que significa la evolución, desarrollo y continuidad de los pueblos y naciones que conforman nuestra esfera actual.

Referencias

- Alcón, F., Navarro, N., de-Miguel, M.D. & Balbo, A.L. (2019). “Drip irrigation technology: analysis of adoption and diffusion processes”. En Saukar, A., Sensarma, S. & van Loon, G. (Eds.): *Sustainable Solutions for Food Security* (pp. 269-285). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77878-5_14
- Bass, F.M. (1969). “A new product growth model for consumer durables”. *Management Science*, 15(5), 215-227. <https://www.jstor.org/stable/2628128>
- Bass, F.M. (2004). “Comments on “A new product growth for model consumer durables, the Bass model”. *Management Science*, 50(12), 1833-1840. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0300>
- Baumane-Vitolina, I. & Dudek, D. (2020). “Innovation ecosystems in the context of economic development: A case study of Kraków, Poland”. *Studies of Transition States and Societies (STSS)*, 12(1), 32-52. <https://doi.org/10.58036/stss.v12i1.770>
- Berbel, J. & Martínez-Dalmau, J. (2021). “Simple agro-economic model for optimal farm nitrogen application under yield uncertainty”. *Agronomy*, 11(6), 1107. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061107>

- Berkhout, P.H.G., Muskens, J.C. & Velthuisen, W.J. (2000). “Defining the rebound effect”. *Energy Policy*, 28(6-7), 425-432. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00022-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00022-7)
- Bianco, V., Cascetta, F. & Nardini, S. (2021). “Analysis of technology diffusion policies for renewable energy. The case of the Italian solar photovoltaic sector”. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 46, 101250. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101250>
- Box, G.E.P. & Jenkins, G.M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Calatrava, J., Franco, J.A. & González, M.C. (2007). “Analysis of the adoption of soil conservation practices in olive groves: The case of mountainous areas in southern Spain”. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3), 249-258. <https://doi.org/10.5424/sjar/2007053-246>
- Calatrava, J. & Franco, J.A. (2011). “Difusión de prácticas de lucha contra la erosión en el olivar de la cuenca del Alto Genil Granadino”. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(1), 359-384. <https://doi.org/10.25115/eea.v29i1.3943>
- Cárdenas-Polonio, F., Martínez-Dalmau, J. & Berbel-Vecino, J. (2022). “Transferencia, Innovación y Agricultura: El caso de la difusión del cultivo del almendro en el sur de España”. *ITEA, Información Técnica Económica Agraria*, 118(3), 476-492. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.037>
- Cárdenas-Polonio, F., Martínez-Dalmau, J. & Berbel-Vecino, J. (2023). “Pistachio nut diffusion in Spain: Growth models”. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 21(1), e0103. <https://doi.org/10.5424/sjar/2023211-19474>
- Cárdenas-Polonio, F., Berbel-Vecino, J. & Martínez-Dalmau, J. (2024). *Revisión bibliográfica estructurada (SLR) de modelos logísticos de difusión, presentado a la revista EARN [Dataset]*. Obtenido de: Repositorio Digital de la Universidad de Córdoba HELVIA. <http://hdl.handle.net/10396/32520>
- Carmona-Martínez, M.M., Gómez-García J. & Faura-Martínez, U. (2005). “La difusión de la agricultura ecológica en España: una propuesta de modelización matemática”. *Revista Española de Estudios Agro-sociales y Pesqueros*, 205, 39-63. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_REEAP/r205_02.pdf
- Carrillo, M. & González, J.M. (2002). “A new approach to modelling sigmoidal curves”. *Technological Forecasting and Social Change*, 69, 233-241. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(01\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(01)00150-0)

- Centrone, F., Goia, A. & Salinelli, E. (2007). "Demographic processes in a model of innovation diffusion with a dynamic market". *Technological Forecasting and Social Change*, 74(3), 247-266. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.02.006>
- Christodoulos, C., Michalakelis, C. & Varoutas, D. (2010). "Forecasting with limited data: Combining ARIMA and diffusion models". *Technological Forecasting and Social Change*, 77(4), 558-565. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.01.009>
- Corró-Molas, A. (2007). *Difusión de la agricultura de precisión en la Región Semiárida Pampeana Central*. Obtenido de: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad. <https://www.revistacts.net/difusion-de-la-agricultura-de-precision-en-la-region-semiarida-pampeana-central/>
- Dattée, B. & Birdseye-Weil, H. (2007). "Dynamics of social factors in technological substitutions". *Technological Forecasting and Social Change*, 74(5), 579-607. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.03.003>
- Dinar, A. & Yaron, D. (1990). "Influence of quality and scarcity of inputs on the adoption of modern irrigation technologies". *Western Journal of Agricultural Economics*, 15(2), 224-233. <https://www.jstor.org/stable/40988086>
- Dumay, J. & Cai, L. (2014). "A review and critique of content analysis as a methodology for inquiring into IC disclosure". *Journal of Intellectual Capital*, 15(2), 264-290. <https://doi.org/10.1108/JIC-01-2014-0010>
- Easingwood, C., Mahajan, V. & Muller, E. (1981). "A non-symmetric responding logistic model for forecasting technological substitution". *Technological Forecasting and Social Change*, 20(3), 199-213. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(81\)90021-4](https://doi.org/10.1016/0040-1625(81)90021-4)
- Easingwood, C.J., Mahajan, V. & Muller, E. (1983). "A nonuniform influence innovation diffusion model of new product acceptance". *Marketing Science*, 2(3), 273-295. <https://doi.org/10.1287/mksc.2.3.273>
- Feder, G., Just, R.E. & Zilberman, D. (1985). "Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey". *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255-298. <https://doi.org/10.1086/451461>
- Fishelson, G. & Rymon, D. (1989). "Adoption of agricultural innovations. The case of drip irrigation of cotton in Israel". *Technological Forecasting and Social Change*, 35(4), 375-382. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(89\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0040-1625(89)90073-5)
- Fleischer, A., Mendelsohn, R. & Dinar, A. (2011). "Bundling agricultural technologies to adapt to climate change". *Technological Forecasting and Social Change*, 78(6), 982-990. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.02.008>

- Floyd, A. (1968). "A methodology for trend forecasting of figures of merit". En Bright, J.R. (Ed.): *Technological forecasting for industry and government: Methods and applications* (pp. 93-107). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Fluchs, S. (2020). "The diffusion of electric mobility in the European Union and Beyond". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102462. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102462>
- Foster, A.D. & Rosenzweig, M.R. (2010). "Microeconomics of technology adoption". *Annual Review of Economics*, 2, 395-424. <https://doi.org/10.1146/annurev.economics.102308.124433>
- Franco, J.A. & Calatrava, J. (2010). "Adopción y difusión de prácticas de no laboreo en el olivar de la provincia de Granada". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 10(1), 135-154. <https://doi.org/10.7201/earn.2010.01.08>
- Franco-Martínez, J. & Rodríguez-Entrena, M. (2009). "Adopción y difusión de la agricultura ecológica en España. Factores de reconversión en el olivar andaluz". *Cuadernos de Economía*, 32(90), 137-158. [https://doi.org/10.1016/S0210-0266\(09\)70055-X](https://doi.org/10.1016/S0210-0266(09)70055-X)
- Gao, J., Zhang, R., Zhao, T. & Liu, J. (2024). "Exploration of hydrogen technology diffusion and network characteristics across multiple channels". *International Journal of Hydrogen Energy*, 85(4), 469-480. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.08.294>
- Genius, M., Koundouri, P., Nauges, C. & Tzouvelekas, V. (2013). "Information transmission in irrigation technology adoption and diffusion: social learning, extension services, and spatial effects". *American Journal of Agricultural Economics*, 96(1), 328-344. <https://doi.org/10.1093/ajae/aat054>
- Gholizadeh, P, Esmaeili, B. & Goodrum, P. (2018). "Diffusion of building information modeling functions in the construction industry". *Journal of Management in Engineering*, 12(8), 7762. <https://doi.org/10.3390/su12187762>
- Griliches, Z. (1957). "Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change". *Econometrica*, 4, 501-522. <https://doi.org/10.2307/1905380>
- Griliches, Z. (1960). "Hybrid corn and the economics of innovation". *Science*, 132(3422), 275-280. <https://www.jstor.org/stable/1705534>
- Harvey, A. & Kattuman, P. (2020). "Time series models based on growth curves with applications to forecasting Coronavirus". *Harvard Data Science Review*, Special Issue 1: COVID-19: Unprecedented Challenges and Chances. <https://doi.org/10.1162/99608f92.828f40de>

- Herman, R. & Montroll, E.W. (1972). "A manner of characterizing the development of countries". *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 69(10), 3019-3023. <https://doi.org/10.1073/pnas.69.10.3019>
- Jarne, G., Sánchez-Choliz, J. & Fatas-Villafranca, F. (2007). "S-shaped curves in economic growth. A theoretical contribution and an application". *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 3, 239-259. <https://doi.org/10.14441/eier.3.239>
- Jarvis, L.S. (1981). "Predicting the diffusion of improved pastures in Uruguay". *American Journal of Agricultural Economics*, 63(3), 495-502. <https://doi.org/10.2307/1240540>
- Karshenas, M. & Stoneman, P. (1995). "Technological Diffusion". En Stoneman, P. (Ed.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change* (pp. 265-296). Cambridge: Ed. Blackwell.
- LaMorte, W.W. (2019). *Diffusion of innovation theory*. Obtenido de: Boston University School of Public Health. [https://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/mph-modules/sb/behavioralchange/theories/behavioralchange theories4.html](https://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/mph-modules/sb/behavioralchange/theories/behavioralchange%20theories4.html)
- Mahajan, V., Muller, E. & Bass, F.M. (1990). "New product diffusion models in marketing: A review and directions for research". *Journal of Marketing*, 54(1), 1-26. <https://doi.org/10.1177/002224299005400101>
- Marchetti, C & Nakicenovic, N. (1980). *The dynamics of energy systems and the logistic substitution model*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/1024/1/RR-79-013.pdf>
- Massaro, M., Dumay, J. & Garlatti, A. (2015). "Public sector knowledge management: A structured literature review". *Journal of Knowledge Management*, 19(3), 530-558. <https://doi.org/10.1108/JKM-11-2014-0466>
- Massaro, M., Dumay, J. & Guthrie, J. (2016). "On the shoulders of giants: Undertaking a structured literature review in accounting". *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 29(5), 767-801. <https://doi.org/10.1108/AAAJ-01-2015-1939>
- Massiani, J. & Gohs, A. (2015). "The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies". *Research in Transportation Economics*, 50, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.06.003>
- Michalakelis, C., Varoutas, D. & Sphicopoulos, T. (2010). "Innovation diffusion with generation substitution effects". *Technological Forecasting and Social Change*, 77(4), 541-557. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.11.001>

- Mishra, D., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T. & Hazen, B. (2017). "Green supply chain performance measures: A review and bibliometric analysis". *Sustainable Production and Consumption*, 10, 85-99. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.01.003>
- Modis, T. (2007). "Strengths and weaknesses of S-curves". *Technological Forecasting and Social Change*, 74(6), 866-872. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.04.005>
- Morrison, J. (1996). "How to use diffusion models in new product forecasting". *The Journal of Business Forecasting Methods and Systems*, 15(2), 6-9. <https://ibf.org/knowledge/jbf-articles/how-to-use-diffusion-models-in-new-product-forecasting-448>
- Parra-López, C. (2003). *Sistemas de producción ecológica, integrada y convencional en olivar: Estudio de difusión de innovaciones y evaluación multifuncional. Tesis Doctoral*. Obtenido de: Universidad de Córdoba. <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFichaConsulta.do?idFicha=93528>
- Parra-López, C. & Calatrava-Requena, J. (2002). "Análisis de factores relacionados con la adopción de la forma de producción ecológica en el olivar del sur de España". Comunicación presentada al *First IFOAM Worldwide Conference of Organic Olive Farming*, Sierra de Génave, Spain.
- Parra-López, C., De Haro-Giménez, T. & Calatrava-Requena, J. (2007). "Diffusion and adoption of organic farming in the southern Spanish olive groves". *Journal of Sustainable Agriculture*, 30(1), 105-151. https://doi.org/10.1300/J064v30n01_09
- Petticrew, M. (2001). "Systematic reviews from astronomy to zoology: Myths and misconceptions". *BMJ*, 322, 98-101. <https://doi.org/10.1136/bmj.322.7278.98>
- Polanco-Gaytán, M. & González-Sánchez, R.F. (2015). "Un análisis econométrico de las redes de difusión de innovación en el sistema de producción del mango (*Mangifera indica* L.) en el estado de Colima". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19(1), 7-30. https://www.uco.mx/revaia/portal/ver_pdf.php?articulo=203
- Pronti, A., Auci, S., & Berbel, J. (2024). "Water conservation and saving technologies for irrigation. A structured literature review of econometric studies on the determinants of adoption". *Agricultural Water Management*, 299, 108838. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108838>
- Rogers, E.M. (1962). *Diffusion of innovations*. Nueva York: The Free Press. Ed.
- Rogers, E.M. (1995). *Diffusion of innovations, 4th Edition*. Nueva York: The Free Press. Ed.

- Rogers, E.M. (2003). *Diffusion of innovations, 5th Edition*. Nueva York: The Free Press. Ed.
- Ryan, B. & Gross, N.C. (1943). “The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities”. *Rural Sociology*, 8(1), 15-24.
- Scoponi, L., Durán, R., Pesce, G. & De Batista, M. (2011). “Difusión de la innovación tecnológica: El caso de la siembra directa en Argentina y su comparación con Brasil”. *Revista Capital Científico – Guarapuava*, 9(1), 11-25. <https://revistas.unicentro.br/index.php/capitalcientifico/article/view/1563>
- Secundo, G., Ndou, V., Vecchio, P.D. & De Pascale, G. (2020). “Sustainable development, intellectual capital and technology policies: A structured literature review and future research agenda”. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119917. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119917>
- Shehu, V. (2015). “Simple Logistic and Bi-Logistic growth used as forecasting models of greenhouse areas in Albanian agriculture”. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 2(9), 2648-2653. <https://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42351100.pdf>
- Skaggs, R.K., (2001). “Predicting drip irrigation use and adoption in a desert region”. *Agricultural Water Management*, 51(2), 125-142. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00120-2](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00120-2)
- Skiadas, C. (1985). “Two generalized rational models for forecasting innovation diffusion”. *Technological Forecasting and Social Change*, 27(1), 39-61. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(85\)90003-4](https://doi.org/10.1016/0040-1625(85)90003-4)
- Skiadas, C.H. & Giovanis, A.N. (1997). “A stochastic Bass innovation diffusion model for studying the growth of electricity consumption in Greece”. *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, 13(2), 85-101. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0747\(199706\)13:2%3C85::AID-ASM298%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0747(199706)13:2%3C85::AID-ASM298%3E3.0.CO;2-Z)
- Skoczkowski, T., Bielecki, S. & Wojtyńska, J. (2019). “Long-Term projection of renewable energy technology diffusion”. *Energies*, 12(22), 4261. <https://doi.org/10.3390/en12224261>
- Sood, A. & Tellis, G., (2005). “Technological evolution and radical innovation”. *Journal of Marketing*, 69(3), 152-168. <https://doi.org/10.1509/jmkg.69.3.152.66361>
- Sorrell, S. & Dimitropoulos, J. (2008). “The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions”. *Ecology Economics*, 65(3), 636-649. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.013>

-
- Stoneman, P. & Battisti, G. (2010). "The diffusion of new technology". En Hall, B.H. & Rosenberg, N. (Eds.): *Handbook of the Economics of Innovation – Vol. 2* (pp. 733-760). Amsterdam: North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02001-0](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02001-0)
- Stoneman, P. (1986). "Technological diffusion: the viewpoint of economic theory". *Recherche Economique*, 40, 585-606.
- Tsoularis, A. (2001). *Analysis of logistic growth models. Research Letters in the Information and Mathematical Sciences*. Obtenido de: Massey University. <http://hdl.handle.net/10179/4341>
- Van de Bulte, C. & Stremersch, S. (2004). "Social contagion and income heterogeneity in new product diffusion: A meta-analytic test". *Marketing Science*, 23(4), 530-544. <https://doi.org/10.1287/mksc.1040.0054>
- Van den Bulte, C. (2000). "New product diffusion acceleration: measurement and analysis". *Marketing Science*, 19(4), 297-398. <https://doi.org/10.1287/mksc.19.4.366.11795>
- Verhulst, P.F. (1847). "La loi d'accroissement de la population (Deuxième mémoire)". *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-lettres de Belgique*, 20, 1-32. https://www.persee.fr/doc/marb_0775-3225_1847_num_20_1_3457