

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

Debates sobre *i*nnovación

DICIEMBRE
2019

VOLUMEN 3
NÚMERO 2

XVIII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica
ALTEC 2019 Medellín



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS DE INTERACCIÓN ENTRE AGENTES EN EL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS

William Alejandro Orjuela Garzón
Universidad Pontificia Bolivariana, Doctorado en Ingeniería. Medellín - Colombia
william.orjuela@upb.edu.co

Santiago Quintero Ramírez
Universidad Pontificia Bolivariana, escuela de Ingeniería. Medellín - Colombia
santiago.quintero@upb.edu.co

Resumen

El fenómeno de la transferencia de tecnología (en adelante TT) ha sido estudiado desde diferentes enfoques, como herramienta para mejorar la productividad y competitividad en las organizaciones. En este sentido, la TT se concibe como un proceso mediante el cual se transfiere *Know-How* entre organizaciones para crear ventajas competitivas. Sin embargo, el proceso no siempre se presenta de manera exitosa entre los agentes que participan de la generación, difusión y uso de tecnologías emergentes, debido a la heterogeneidad y desigualdad en las capacidades tecnológicas (en adelante CT) de los agentes que hacen parte del proceso de transferencia, además del contexto geográfico, las redes de interacción y las reglas de decisión, factores claves para comprender el fenómeno de la TT.

El propósito de este trabajo es proporcionar una mejor comprensión del fenómeno de la TT, a partir del análisis de las dinámicas de interacción y los patrones de comportamiento entre los agentes (emisor-difusor-receptor) que participan en los procesos de TT de tecnologías emergentes en un Sistema Tecnológico de Innovación (en adelante STI). Lo anterior facilitará en gran medida la formulación de estrategias y políticas adecuadas por parte de los tomadores de decisión, que permitan un mejor desempeño económico e innovador de los procesos de TT en estos sistemas.

Entendiendo las la heterogeneidad de los agentes involucrados y la toma de decisiones en el proceso de TT, como herramienta de análisis se plantea usar el paradigma de modelación basado en agentes (en adelante MBA). Dicha técnica estudia la emergencia a nivel macro de patrones de comportamiento de un sistema a partir de las interacciones de agentes semi inteligentes del nivel micro.

Palabras clave: Sistema tecnológico de innovación, transferencia de tecnología, capacidades tecnológicas, modelación basada en agentes.

1. Introducción

La TT es un fenómeno social complejo en el cual las capacidades, la interacción y toma de decisiones de los agentes vinculados a los procesos de generación, difusión y uso de la tecnología (Carlsson y Stankiewicz, 1991), son un factor crítico para garantizar su éxito. Esta propuesta aborda tres aspectos que afectan los procesos de TT: 1) la interacción entre los agentes en los procesos de generación, difusión y uso de la tecnología, 2) el enfoque centrado en el usuario para la toma de decisiones, y 3) las CT.

El aspecto de interacción entre agentes se ha abordado desde los STI, que presentan un énfasis en la difusión y utilización de una tecnología en particular más que en su generación (Bergek et al., 2015). Esta interacción no ocurre de manera espontánea en un entorno geográfico, por el contrario, depende de las decisiones y características internas de los agentes involucrados en el proceso, es decir, que no se debe suponer que la existencia de una tecnología implica que esta sea conocida y usada de manera efectiva (Carlsson, 1994).

El segundo aspecto viene desarrollándose en la literatura especializada desde el enfoque de los modelos teóricos de aceptación de la tecnología tales como: la teoría del comportamiento planificado (por sus siglas en inglés - TPB) (Azjen, 2005) y el modelo de aceptación tecnológica (por sus siglas en inglés - TAM) (Davis, 1989). Dichos modelos analizan las reglas o factores de comportamiento que guían la toma de decisiones en torno al uso de la tecnología (Muelder y Filatova, 2018; Verma y Sinha, 2018) desde un enfoque centrado en el usuario, sin embargo, excluyen los emisores y difusores como agentes activos del proceso.

El tercer aspecto hace alusión a las CT de los agentes (emisor-difusor-receptor) inmersos en el proceso de TT. Las CT se comprenden como los conocimientos y las habilidades que se requieren para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías (Bell y Pavitt, 1995; Lall, 1992). Desde dicha perspectiva, los agentes de un sistema pueden ser caracterizados y representados de acuerdo a sus CT, y de este modo establecer qué agentes exhiben características particulares de emisores, difusores, receptores y/o el conjunto de dichas características propias de la transferencia al interior del sistema. Es de anotar que las CT le otorgan a los agentes particularidades de relacionamiento e intensidad de interacción, que impacta sobre el desempeño innovador (Fritsch y Slavtchev, 2011). Es así como las asimetrías en las CT de los agentes implican que el proceso de transferencia y adopción de tecnologías difiera en sus resultados.

Las tecnologías emergentes tienen el potencial para impactar diferentes sectores, sin embargo, requieren para su desarrollo de la generación, difusión y uso a través de la interacción y cooperación de agentes que participan en el proceso de transferencia, además de las CT que estos exhiben para garantizar su apropiación e implementación exitosa (Shen y Chou, 2010). Desde esta perspectiva, la relación entre los recursos (Penrose, 1959), las capacidades (Teece, 2010) y las competencias (Barney, 1991) de aquellos agentes que participan en la TT, son claves a la hora de tomar ventaja de las oportunidades y beneficios de la adopción de tecnologías (Li, Hou, Liu, y Liu, 2012) como un factor crítico en el desempeño económico (Lund, 2004) y la creación de valor (Koch y Mitlöhner, 2010).

El propósito de este trabajo es mejorar la comprensión del fenómeno de la TT, a partir del análisis de las dinámicas de interacción entre agentes y los patrones de comportamiento que emergen de los procesos de TT de las tecnologías emergentes en un STI. Dadas las características del fenómeno de la TT, se ha definido el uso de la MBA por su utilidad para simular los problemas del mundo real con mayor precisión (Gilbert, 2007) y tener en cuenta las características de los agentes y su heterogeneidad en contraste con los modelos matemáticos (Kiesling, Günther, Stummer, y Wakolbinger, 2012). La MBA permite estudiar la emergencia de macro-comportamientos producto de las interacciones a nivel micro (Quintero, 2016; Scalco, Ceschi, y Sartori, 2018) de agentes autónomos en el ambiente que se desempeñan (Quintero, 2016).

La principal contribución de este trabajo será aportar en la comprensión del fenómeno de la TT desde un enfoque en los comportamientos individuales a partir de las CT de los agentes que

participan en los procesos de transferencia. Además, se pretende abordar el fenómeno de la TT desde una mirada que contemple las interacciones entre agentes emisores, difusores y receptores de la tecnología y la toma de decisiones. Lo anterior permitirá identificar puntos de apalancamiento en los procesos de TT para ayudar a los tomadores de decisión a definir políticas y estrategias que proporcionen un mejor desarrollo, aplicación y uso de tecnologías emergentes en los STI.

Para tal fin, el presente trabajo presenta el estado del arte y marco conceptual que soporta la propuesta, posteriormente se enmarca el problema derivado de la revisión de la literatura y la propuesta metodológica desde la MBA, finalmente presenta las conclusiones y pasos a seguir.

2. Estado del arte

2.1 Sistemas tecnológicos de innovación

los STI, entendidos como “una red dinámica de agentes que interactúan en un área económica/industrial específica bajo una infraestructura institucional particular involucrada en la generación, difusión y uso de tecnología” (Carlsson y Stankiewicz, 1991, p. 111). Lo anterior obedece a tres aspectos concretos que los diferencian: *i*) el grado de énfasis en la difusión y la utilización como algo distinto de la creación de nuevas tecnologías; *ii*) como resultado, los STI tienden a poner más énfasis en los aspectos microeconómicos de la difusión y utilización de la tecnología y, por último, *iii*) la creación de nueva tecnología empuja la frontera de posibilidad de producción u oportunidad establecida (Carlsson, 1994).

Los STI varían en carácter y extensión de un área tecnológica a otra dentro de un país determinado. Por ejemplo, el número y las características de los agentes y su interdependencia, la infraestructura institucional, la concentración geográfica y el grado de internacionalización varían entre las áreas tecnológicas. Un país puede ser fuerte en un área tecnológica y débil en otra (Carlsson, 1994). El objetivo principal del STI es el de influir en el proceso de difusión de nuevas tecnologías para que toda la industria local, incluida la gran cantidad de pequeñas y medianas organizaciones, puedan identificar, adquirir y utilizar nuevas tecnologías antes que sus competidores.

La transferencia de tecnología es vista desde los STI como un proceso de uso y difusión de recursos tecnológicos existentes de una región para la creación de nuevos productos o nuevas empresas (Carlsson, 2002). Los STI se enfocan en el análisis del proceso de TT desde los generadores a los difusores y desde los difusores hacia los usuarios con un enfoque en la comercialización para mejorar la competitividad de las empresas.

Se identifican dos características particulares para el desarrollo y la eficiencia de procesos de TT, denominadas características internas de las firmas y características del medio. Las características internas se relacionan con las capacidades organizacionales para llevar a cabo dichos procesos. Respecto a las características del medio, algunos estudios en TT en STI muestran que el desarrollo de nuevas empresas requiere de buena gestión, redes fuertes y existencia de intermediarios “difusores” (Carlsson, 2002).

La existencia de dichas redes de agentes puede ser entendida como una de las razones para el crecimiento rápido de las organizaciones en los STI, dado que puede acelerar el proceso de TT. Sin embargo, la falla en el proceso, particularmente desde los agentes generadores de conocimiento, puede ser considerada la razón de los problemas de competitividad (Carlsson, 2002), lo anterior se

debe a que la existencia de estos agentes no implica una interacción lineal entre los mismos (König, Janker, Reinhardt, Villarroel, y Junge, 2018).

Cuando se pretende transferir recursos con características genéricas, los procesos de transferencia mejoran su eficiencia. Sin embargo, cuando el recurso a transferir involucra información más compleja (*know-how*), se requiere que esta esté bien definida y sea soportada en redes, tanto formales como informales, que apoyen el proceso (Carlsson, 2002). Un STI en etapa temprana se caracteriza por la fluidez en la emergencia de la tecnología y una débil o ausente infraestructura institucional de soporte, por lo que la interacción entre las redes de generación, difusión y uso de dichas tecnologías es vital para alcanzar la madurez (Suurs, Hekkert, Kieboom, y Smits, 2010).

Los estudios sobre difusión de tecnologías en los STI revelan un marcado interés por tecnologías como la energía eólica (Bento y Fontes, 2015; Edsand, 2017), energía fotovoltaica (Hanson, 2017; Quitzow, 2015), tecnologías de captura de carbón (Van Alphen, Hekkert, y Turkenburg, 2010), electricidad de bajo carbón (Foxon, Hammond, y Pearson, 2010), baterías de iones de litio (Stephan, Schmidt, Bening, y Hoffmann, 2017) y farmacéutica (Wang y Zhang, 2016). Sin embargo, no han sido estudiadas otras tecnologías emergentes como la IoT, que por su versatilidad de aplicación puede impactar diversos sectores como el de salud, transporte, construcción y especialmente el de la agricultura (Jiang y Zhang, 2013). Desde el enfoque de los STI puede ser estudiado el impacto en la transición tecnológica de estos sectores hacia la competitividad basada en la incorporación de tecnologías IoT por los diferentes agentes que participan en el sistema.

2.2 Transferencia de tecnología TT

Hoy en día, la TT juega un rol importante en el desarrollo, la productividad y mejora del rendimiento de pequeñas y medianas empresas en su esfuerzo hacia la globalización (Chehrehpak, Alirezai, y Farmani, 2012; S. Lee, Kim, Kim, y Oh, 2012) y la creación de ventajas competitivas (Teece, Pisano, y Shuen, 1997).

La TT ha sido definida en la literatura científica de diferentes maneras, de acuerdo con la disciplina y el propósito de investigación (Bozeman, 2000). Investigadores como Zhao, L., y Reisman (1992) plantean que desde la disciplina de la economía el rol de la TT se relaciona directamente con el crecimiento económico; desde la antropología, su rol es el cambio cultural y avance de la sociedad; desde la sociología, su rol es el de mejorar la vida social y vehículo para el desarrollo de la capacidad del individuo, y desde la literatura de administración, la TT se ve como un vehículo para obtener o mantener las ventajas competitivas de una empresa, o para aportar beneficios financieros y de otro tipo a las empresas colaboradoras.

En este sentido y para esta propuesta, la TT se comprenderá como “un proceso mediante el cual se transfiere *Know-How* entre firmas para crear ventajas competitivas” (Zhao, L., y Reisman, 1992). Esta definición pone atención a la interacción entre firmas, donde actúan emisores, difusores y receptores. La complejidad del proceso en sí mismo se concentra en la identificación, evaluación y priorización de procesos y estrategias de TT, lo anterior debido a la presencia de diferentes agentes decisores, la naturaleza cualitativa del proceso y la existencia de imprecisión e incertidumbre en la toma de decisiones (Dinmohammadi y Shafiee, 2017).

2.2.1 El proceso de transferencia de tecnología

La TT se desarrolla en un escenario donde el emisor, el usuario y la tecnología son protagonistas, reconociendo que existen otros, como los difusores o intermediarios. Los participantes del proceso de TT son usualmente heterogéneos, por lo que los receptores de la tecnología tienen un lenguaje diferente al de los emisores (Rogers, 2002). De igual manera, se presentan diferentes percepciones sobre la tecnología de parte de los generadores y usuarios, dando como resultado un proceso desordenado que involucra agentes con visiones diferentes acerca del valor y uso potencial de la tecnología (Gibson y Smilor, 1991).

El emisor es propietario del conocimiento y el beneficiario o demandante es llamado usuario. Sin embargo, se presupone que el simple hecho de que ambos existan hace que la transferencia se realice de manera natural y que no se necesiten mecanismos y canales de comunicación que impulsen el proceso (Khabiri, Rast, y Senin, 2012). En este sentido, el difusor juega un papel vital como interface entre las partes (Necoechea-Mondragón, Pineda-Domínguez, y Soto-Flores, 2013), sirviendo como canal intermedio entre la demanda y oferta de tecnologías.

Figura 1: Actores clave en el proceso de Transferencia de Tecnologías.



Fuente: Elaborado por el autor

Los líderes organizacionales de las compañías generadoras de la tecnología a menudo subestiman la dificultad del proceso de transferencia, pues entienden que es un proceso obvio, derivado del beneficio tecnológico y ventaja percibida por parte de los usuarios finales (Rogers, 2002). Una de las principales estrategias para mejorar el proceso de TT es vincular los generadores con los

usuarios a través de difusores¹, quienes aplican su experiencia y reputación para mejorar el desempeño del proceso (Rogers, 2002).

El proceso de TT es concebido normalmente en una sola vía. Sin embargo, el proceso es más comprensivo cuando se plantea bidireccionalmente con usuarios que presentan problemas o necesidades tecnológicas y a su vez proveen una retroalimentación en su implementación al generador y el difusor. La comunicación de la tecnología se da a través de distintos tipos de canales: persona a persona, grupo a grupo u organización a organización (Rogers, 2002); estas redes y su naturaleza explican la efectividad del proceso (Rogers, 2002).

Este proceso continuo e interactivo de comunicación de tecnologías implica el intercambio de ideas, tecnologías y conocimiento simultáneamente y continuamente (Gibson y Smilor, 1991), en el cual el nivel de complejidad de la tecnología implica una mayor cooperación entre las partes a fin de mejorar el uso futuro de la misma (Chen, 1995).

Los agentes que participan en la TT toman decisiones tanto objetivas como subjetivas en torno al uso de la tecnología, que involucran aspectos técnicos, estructurales y comportamentales que afectan el proceso (Madu, 1990). La evidencia empírica muestra que los procesos de colaboración difusor-usuario o generador-usuario no cumplen con las expectativas de las partes en un 50% de los casos (Koza y Lewin, 2000), por lo que la identificación de los direccionadores del éxito del proceso de transferencia es un tema crítico de investigación (Lichtenthaler y Lichtenthaler, 2010).

Autores como Kim y Huarng (2011) enfatizan en la necesidad de exploración de la naturaleza compleja del proceso inter-organizacional de intercambio de conocimiento y tecnologías, donde las interacciones efectivas y de calidad entre los participantes del proceso mejoran el desarrollo del mismo. Sin estas interacciones entre las partes, el proceso de TT no puede llevarse a cabo, pues la liberación de la tecnología por sí misma no garantiza que los procesos de transferencia y difusión se lleven a cabo espontáneamente.

En un análisis del proceso interactivo de comunicación entre agentes vinculados a la TT mediante un estudio empírico, Gibson y Smilor (1991) identifican cuatro variables críticas en el proceso: interactividad comunicacional, distancia geográfica y cultural, tecnología equívoca y motivación personal. La primera se refiere al grado de eficiencia y precisión para entregar una información relevante entre generadores y usuarios; la segunda, relacionada con la distancia, involucra los aspectos culturales como elementos críticos en el éxito de la TT (Madu, 1990) por encima de los geográficos; la tercera hace referencia al grado de concreción de la tecnología, es decir, qué tan empaquetada y comprensible es para el usuario, y, por último, la variable motivación se relaciona con el reconocimiento de la importancia de las actividades de TT. Bajo esta perspectiva, la interacción exitosa mediante encuentros repetidos entre las partes aumenta la probabilidad de llegar al éxito en el proceso de transferencia (Leischnig, Geigenmueller, y Lohmann, 2014).

El proceso de TT no es lineal, sino que, por el contrario, es un proceso complejo que debe tener en cuenta tanto el generador, como el difusor, el usuario y elementos propios de la tecnología para mejorar el éxito, el desempeño económico e innovador (Fritsch y Slavtchev, 2011; Lund, 2004) y la eficiencia. Es decir, el éxito de la transferencia no se explica totalmente por la tecnología, sino

¹ Su rol implica hacer que los usuarios potenciales tomen conciencia de las tecnologías apropiadas, asesorar a los usuarios sobre sus necesidades y, en general, servir como un agente de enlace entre las tecnologías y los usuarios.

que tiene inmersos otros factores que operan en el ambiente en el cual esta se transfiere (Madu, 1990).

2.2.2 Transferencia de tecnologías emergentes

Las tecnologías emergentes son innovaciones basadas en ciencia que tienen el potencial de crear una nueva industria o transformar una existente (Day y Schoemaker, 2000), además de impactar rápidamente el mercado y establecer nuevos modelos de negocio, fomentan el desarrollo de nuevas capacidades para su generación, difusión y uso (Porter, Roessner, Jin, y Newman, 2002). Las tecnologías emergentes presentan atributos clave que las diferencian claramente. Estos son: novedad radical, crecimiento relativamente rápido, coherencia, impacto prominente e incertidumbre sobre su evolución (Rotolo, Hicks, y Martin, 2015).

Tecnologías emergentes como la IoT presentan amplias alternativas para impactar de manera positiva la productividad y competitividad de las organizaciones que adoptan estas tecnologías. Estos dispositivos que captan y transmiten datos se están convirtiendo en protagonistas de lo que se ha denominado la cuarta revolución industrial (Shin, 2017), por lo que el potencial que tienen estos datos de crear valor y convertirse en fuente de toma de decisiones e innovación es alta (Hsu y Yeh, 2017).

Entre los campos de aplicación de la IoT se encuentra el transporte, las redes eléctricas, el seguimiento de activos e inventarios, la automatización de ciudades y, finalmente, uno de los sectores con más alto potencial, el de la agricultura. Sin embargo, no en todos los sectores la transferencia y adopción de tecnologías IoT presenta dinámicas similares.

Este tipo de innovaciones tecnológicas como la IoT presentan características propias, que por su novedad las hacen más difíciles de transferir y que a nivel empírico han sido validadas como: la facilidad de uso (Balaji y Roy, 2017), la utilidad (Gao y Bai, 2014) o el nivel de desarrollo de la tecnología (Caputo, Scuotto, Carayannis, y Cillo, 2018). Otro aspecto que juega un papel clave en el proceso de TT de la IoT es la confianza (Gao y Bai, 2014) entre el difusor-usuario o generador-usuario, puesto que la privacidad y seguridad de los datos (Hsu y Yeh, 2017; Kowatsch y Maass, 2012) que se deriven de la implementación de la tecnología en una industria podrían estar en riesgo.

Siendo estos los retos más importantes para lograr la masificación y uso de la IoT, pueden afrontarse bajo esquemas de interacción y comunicación entre las partes. Se requiere entonces de parte de los generadores, difusores y usuarios estrategias que les permitan mejorar el desempeño económico e innovador, y las dinámicas con que se desarrollan de los procesos de TT en los diferentes sectores de aplicación.

2.3 Toma de decisiones en los procesos de transferencia de tecnología

Los procesos de TT se ven afectados por la toma de decisiones de las partes involucradas (emisor, difusor, usuario) en el desarrollo exitoso del proceso de transferencia. Las características individuales, aspectos culturales y demográficos que presentan los emisores, difusores y usuarios determinan los factores sobre los que se sustentan la toma de decisión y el comportamiento de los mismos. Estos factores pueden influenciar los procesos de TT cuando se realiza una mirada a los motivadores sobre la adopción y uso de la tecnología en un sistema social.

La literatura especializada presenta varios modelos teóricos en el campo de la difusión y aceptación de las tecnologías de la información, que encuentran fundamentación desde la disciplina de la sociología en los estudios adelantados por Rogers (1962). Cada uno de estos modelos postula variables que intentan explicar los principios sobre los cuales se establecen los comportamientos en torno a las decisiones de adopción (o no) de una tecnología desde el lado de los receptores. Entre ellos se incluyen la teoría de la acción razonada (por sus siglas en inglés TRA), teoría del comportamiento planificado (por sus siglas en inglés TPB), teoría de la difusión de la innovación (por sus siglas en inglés IDT o DOI), la teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (por sus siglas en inglés UTAUT) y el modelo de aceptación de tecnología (por sus siglas en inglés TAM) (Tohidyan y Rezaei-Moghaddam, 2017). A continuación, se presentan las principales variables explicativas de la toma de decisiones abordadas en los modelos teóricos de la aceptación de tecnologías:

Tabla 1: Variables clave de los modelos teóricos de la aceptación de tecnologías

Modelo de adopción	Variables clave de decisión	Referencia
TRA	Actitud hacia el comportamiento	Fishbein y Ajzen (1975)
	Norma subjetiva	
IDT	Imagen	Moore y Benbasat (1996)
	Ventaja relativa	
	Complejidad	
	Compatibilidad	
	Triabilidad	
	Observabilidad	
TAM	Actitud	Davis (1989)
	Facilidad de uso percibida	
TAM2	Utilidad percibida	Venkatesh y Davis (2000)
	Norma Subjetiva	
	Imagen	
	Relevancia del trabajo	
	Resultados de calidad	
TAM3	Demostrabilidad de los resultados	Venkatesh y Bala (2008)
	Autoeficacia de la computadora	
	Percepción de control externo	
	Ansiedad informática	
	Agrado de computadora	
	Disfrute Percibido	
UTAUT	Objetivo de usabilidad	Venkatesh, Morris, Davis, y Davis (2003)
	Expectativa de rendimiento	
	Esperanza de esfuerzo	
	Condiciones facilitadoras	
UTAUT2	Influencia social	Venkatesh, Thong, y Xu (2012)
	Valor hedónico	
	Valor del precio	
UTAUT3	Hábitos	Farooq et al. (2017)
	Innovación personal	
TPB	Actitud hacia el comportamiento	Azjen (2005)
	Norma subjetiva	
	Control conductual percibido	

Fuente: Elaborado por el autor basado en: (Gupta, Bhaskar, y Singh, 2017)

Los modelos teóricos de aceptación de la tecnología han sido aplicados en diferentes sectores como el educativo, la agricultura, la industria textil e industria de la construcción con el objetivo de

comprender las variables clave que influyen en los procesos de aceptación y difusión de la tecnología desde los usuarios. Con el fin de estimar las relaciones causales entre dichas variables y priorizar las de mayor influencia en el proceso, se han empleado diferentes técnicas como modelos de ecuaciones estructurales, análisis factorial confirmatorio y mínimos cuadrados parciales.

Entre las aplicaciones de los modelos teóricos de aceptación de la tecnología para la agricultura, se encuentran agricultura de precisión (Adrian, Norwood, y Mask, 2005; Tohidyan Far y Rezaei-Moghaddam, 2017), servicios móviles de extensión (Verma y Sinha, 2018), tecnologías IoT y estrategias de producción sostenible (Naspetti et al., 2017; Silva, Canavari, y Sidali, 2017).

Las actitudes de confianza hacia el uso de las tecnologías agrícolas de precisión, las percepciones del beneficio neto, el tamaño de la propiedad y los niveles educativos de los agricultores influyeron positivamente en la intención de adoptar tecnologías agrícolas de precisión (Adrian et al., 2005; Tohidyan Far y Rezaei-Moghaddam, 2017). Los hallazgos de Verma y Sinha (2018) para las tecnologías de servicios móviles de extensión indican que ni la actitud ni la intención de comportamiento (por sus siglas en inglés BI) se ve afectada por el bienestar económico percibido (por sus siglas en inglés PEWB). Una contribución de esta investigación a la literatura del TAM es que el bienestar económico percibido es un antecedente de la utilidad percibida.

Para las tecnologías IoT, la confianza y el valor percibido son factores clave en la adopción de este tipo de tecnologías emergentes, más cuando los agricultores plantean preocupaciones sobre el manejo de los datos obtenidos mediante la IoT (Cardenas Tamayo, Lugo Ibarra, y Garcia Macias, 2010; Jayashankar, Nilakanta, Johnston, Gill, y Bures, 2018; Ullah, Sepasgozar, y Wang, 2018). Se observa que, para cada tipo de tecnología emergente, el usuario final se inclina a realizar cambios comportamentales para aceptar y, subsecuentemente, adoptar tecnologías.

Para las estrategias de producción sostenible, los resultados del modelo muestran que la intención de adoptar cierta tecnología de producción limpia, está fuertemente influenciada por la comprensión de la utilidad de la innovación en sí misma, mientras que esta comprensión está fuertemente influenciada por la opinión de "otros relevantes: compañeros agricultores, asesores, otros proveedores miembros de la cadena" (Naspetti et al., 2017; Silva et al., 2017).

Aunque los resultados de estas investigaciones muestran los factores de decisión relevantes en la adopción y uso de tecnologías por parte de los usuarios, otras investigaciones se han enfocado en la ampliación de estos enfoques teóricos a modelos más robustos que no solo tengan en cuenta la toma de decisión del usuario, sino las de los emisores y difusores desde una mirada global del proceso.

2.4 Las capacidades como elemento clave para la TT

Las características diferenciadas de desempeño de los agentes que participan en el proceso de TT están dadas por sus conocimientos, habilidades, competencias y la forma en que estas explotan sus recursos. Estas capacidades les permiten participar de manera eficiente en los procesos de TT, pues los conocimientos previos y las rutinas les posibilitan reconocer el valor de nuevas tecnologías, assimilarlas y aplicarlas para fines comerciales. Las nuevas tecnologías y conocimientos remplazan entonces los existentes y estas mejoran sus capacidades competitivas.

El conocimiento como fuente de ventaja competitiva en entornos altamente dinámicos y de rápido cambio tecnológico ha sido estudiado desde diversas aproximaciones teóricas, como es el caso de las capacidades dinámicas (Teece et al., 1997) o las competencias nucleares (Prahalad y Hamel, 1990). La firma, que aprende a usar nuevas tecnologías, a adaptarlas, a mejorarlas y a crear nuevos conocimientos (Lall, 1998), mejora su capacidad para direccionar el cambio técnico y así crear nuevas ventajas competitivas que le permiten sostenerse en el mercado de alta incertidumbre y apalancado por las tecnologías de frontera.

La literatura en este campo de conocimiento se ha focalizado en los procesos de aprendizaje que fundamentan la construcción y acumulación de capacidades. Tres tipos clave de capacidades son analizadas: las tecnológicas, las de innovación y las de absorción (Lugones, Gutti, y Le Clech, 2007). Sin embargo, las CT incluyen en su composición las capacidades de innovación y de absorción (Lugones et al., 2007), pues en el caso de las capacidades de absorción, Cohen y Levinthal (1990) las consideran críticas para alcanzar capacidades de innovación y estas, a su vez, son un componente clave para desarrollar las CT (Dahlman, Ross-Larson, y Westphal, 1987). A continuación, se presenta una ampliación del concepto de CT y su relación directa con la TT.

2.4.1 Capacidades tecnológicas

Las CT son comprendidas como aquellos recursos que son necesarios en las organizaciones para generar y gestionar el cambio técnico, incluidas las habilidades, el conocimiento, la experiencia, las estructuras y vínculos institucionales (Bell y Pavitt, 1993). El desarrollo de las CT es el resultado de las inversiones realizadas por la empresa en respuesta a estímulos externos e internos, y en interacción con otros agentes económicos, tanto privados como públicos, locales y extranjeros (Lall, 1992).

Las CT también son definidas como los conocimientos y habilidades para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías (Bell y Pavitt, 1995; Lall, 1992). Según Lall (1992), existen varias formas de categorizar las CT de las organizaciones. Estas pueden ser clasificadas por complejidad como básicas (rutinas simples basadas en experiencia), intermedias (adaptativas, basadas en búsqueda) y avanzadas (innovativas, basadas en investigación). De igual manera, en esta taxonomía se incluyen tres tipos de capacidades: capacidades de inversión, de producción y de vinculación.

Para el desarrollo de procesos de TT es necesario que los agentes según su rol (generador, difusor, usuario) desarrollen CT de complejidad básica, intermedia y avanzada. Sin embargo, estas capacidades se encuentran distribuidas asimétricamente entre los agentes. Es decir, no todos los agentes según su rol en el proceso de TT presentan las mismas condiciones para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías. Pueden existir organizaciones que sean buenas generando conocimiento, pero no tienen las capacidades para transferirlo (Park, 2011), por lo que deben establecer relaciones e interacciones con otros agentes que tengan mejores capacidades de difusión. Algunos de los factores que influyen en esta actividad son: comunicación entre involucrados, entrenamiento y participación gerencial (Martin y Salomon, 2003).

En cuanto a la medición de las CT, autores como Quintero, Ruiz, y Robledo (2017c, 2017b), han medido y representado estas como vectores dotados de posición y magnitud, características que representan el grado o nivel de la capacidad que ha adquirido un agente en el tiempo, permitiendo entender a través de la MBA cómo se acumulan o desacumulan tales capacidades de los agentes de

un sistema de innovación. El modelo desarrollado por Quintero (2016), permite caracterizar y diferenciar los agentes de un sistema de innovación a partir de las CT, las cuales están asociadas a las funciones de generación, difusión y uso que debe tener cualquier sistema de innovación así:

- Función de generación de conocimiento y tecnología (capacidad de investigación y capacidad de desarrollo)
- Función de difusión de conocimiento y tecnología (Capacidad de vinculación)
- Función de uso del conocimiento y tecnología (capacidad de producción y capacidad de mercadeo de la innovación)

Es necesario entonces abordar el fenómeno de la transferencia desde nuevos enfoques que permitan caracterizar y analizar los diversos agentes, redes e interacciones que exhiben los STI. Además, comprender los mecanismos de transferencia y toma de decisiones asociadas al comportamiento de los agentes, por tanto, la literatura especializada muestra un enfoque centrado en el análisis y la acción individual de los agentes sin tener en cuenta una mirada más sistémica a partir de sus interacciones, permitiendo así establecer escenarios que posibiliten comprender mejor el fenómeno de la TT y definir políticas y estrategias adecuadas que mejoren el desempeño económico e innovador (Fritsch y Slavtchev, 2011; Lund, 2004) de la transferencia en un STI.

Las evidencias encontradas en la literatura presentan diferentes tipos de modelos que abordan los fenómenos emergentes como la TT de tecnologías emergentes, entre ellos se pueden encontrar modelos estocásticos, determinísticos, estáticos, dinámicos, los que optimizan y los que simulan. Tales modelos son presentados desde diferentes enfoques y paradigmas de modelación, algunos han permitido la construcción de teoría (Davis, Eisenhardt, y Bingham, 2007) y otros han facilitado una mayor operacionalización de dichos sistemas.

3. Problema de la TT

Como se planteó en el estado del arte, es de interés analizar específicamente las interacciones, la toma de decisiones y las CT de los agentes que participan en el proceso, no solo desde la mirada del receptor, sino contemplando también a los generadores y difusores como agentes heterogéneos que actúan en el sistema. Lo anterior abre la oportunidad de mejorar la comprensión de cómo ocurre el proceso de TT bajo ciertos escenarios.

A partir de los problemas asociados a los procesos de TT antes descritos, *se plantea el siguiente problema de investigación:*

Actualmente, no se precisan cuáles son las dinámicas y patrones de comportamiento que adoptan los agentes de un STI en los procesos de TT de tecnologías emergentes, producto de la interacción y toma de decisiones de los agentes, donde las CT son un factor clave para el desempeño económico e innovador del sistema. Además, tales patrones de comportamiento conducen a fenómenos emergentes no conocidos en los procesos de TT.

Lo cual lleva a plantear las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo se da el proceso de TT de tecnologías emergentes en los STI desde un marco evolutivo de la interacción entre agentes?

¿Cómo se pueden representar las dinámicas de interacción y toma de decisiones en los procesos de TT de tecnologías emergentes entre los agentes de un STI, de forma tal que se permita diferenciar políticas y estrategias adecuadas para un mejor desempeño del sistema?

¿Cuál es el conjunto de patrones de comportamiento que siguen los agentes de un STI cuando adoptan tecnologías y que conducen a fenómenos emergentes como la TT?

Partiendo de esta pregunta de investigación, y teniendo como herramienta de análisis la MBA, se plantea la siguiente hipótesis:

A mayor interacción entre agentes de un STI en los procesos de TT de tecnologías IoT, mejor será el desempeño económico e innovador del sistema, además, dichos procesos permiten comprender mejor como emergen los patrones de especialización de las capacidades tecnológicas de los agentes en el sistema.

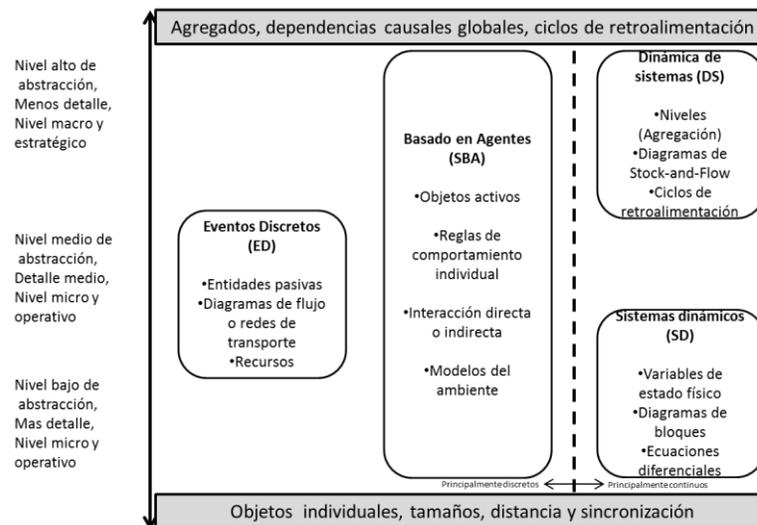
4. Propuesta Metodológica

La modelación y simulación permiten resolver problemas de la vida real que no pueden ser prototipados o experimentados en condiciones reales debido a que es imposible o altamente costoso (Borshchev y Filippov, 2004). Los paradigmas o propuestas de modelación y simulación se han agrupado en cuatro bloques principales (ver Figura 2), entre los que se encuentran: i) dinámica de sistemas (DS), ii) simulación de eventos discretos (SED), iii) simulación basada en agentes (SBA) y iv) sistemas dinámicos (SD). DS y SED han sido ampliamente utilizados en la literatura; SBA es un paradigma mucho más nuevo y SD se emplea para modelar y diseñar sistemas físicos (Borshchev y Filippov, 2004).

Según el nivel de abstracción, los sistemas dinámicos se encuentran en la base de la Figura 1; estos son usados en disciplinas de la ingeniería como mecánica, eléctrica, química y otras. Trata con variables continuas como velocidad, aceleración, presión y concentración. En un nivel medio de abstracción se encuentra la simulación de eventos discretos y la simulación basada en agentes con un nivel medio de detalle. La primera es más usada en manufactura, logística o centros de servicio, mientras que la segunda se aplica a ciencias de la complejidad, inteligencia artificial y teoría de juegos (Borshchev y Filippov, 2004).

En un último nivel de abstracción superior, más global y de menos detalle se encuentra la dinámica de sistemas y simulación basada en agentes, cuyo foco se orienta al tratamiento de problemas de índole industrial, organizacional, dinámicas poblacionales y negociación, entre otros (Borshchev y Filippov, 2004). La MBA pertenece al enfoque de modelado de "abajo hacia arriba"; no hay un planificador central que controle el sistema como un todo y para ese efecto controla el comportamiento de los agentes individuales en el nivel agregado (Happe, 2004).

Figura 2: Paradigmas de la modelación y simulación según la escala de abstracción



Fuente: Adaptado de (Borshchev y Filippov, 2004).

Los paradigmas de modelación y simulación han sido aplicados específicamente para entender los procesos de TT y la emergencia de los STI. Autores como Quang, Schreinemachers y Berger (2014) evaluaron cómo la interacción dinámica entre la pérdida de fertilidad del suelo y la toma de decisiones en la granja afecta el uso de métodos de conservación del suelo. Más específicamente, el estudio tiene como objetivo evaluar ex-ante el potencial de tres métodos de bajo costo para la conservación de suelos implementando MBA.

Schreinemachers y Berger (2011), describen un paquete de software de MBA denominado sistema multi-agentes basado en programación matemática (*Mathematical Programming-based Multi Agent Systems* (MP-MAS)), el cual está construido bajo el uso de una optimización con restricciones para simular la toma de decisiones en sistemas agrícolas. Su propósito es entender cómo la tecnología agrícola, mercados dinámicos, cambio ambiental e intervención política pueden afectar una población heterogénea de agricultores y los recursos agroecológicos que estos emplean.

Otra aplicación de la MBA para el proceso de TT ha sido desarrollada por Beretta, Fontana, Guerzoni, y Jordan (2018). El estudio proporciona un modelo teórico de adopción de tecnología basado en la idea de que la difusión de información sobre una tecnología depende tanto de la estructura social de los adoptantes como del grado de asertividad.

Para el caso de los modelos de simulación aplicados a los STI, Walrave y Raven (2016) desarrollan un modelo que integra el concepto de motor de innovación para describir las dinámicas de los STI, intentando responder a la pregunta ¿Cómo emergen los STI en el contexto de varias vías de transición socio técnica? En investigaciones posteriores, Raven y Walrave (2018), emplean un modelo de dinámica de sistemas para comprender el impacto los fallos en políticas de innovación en la transformación de sistemas enteros de producción y consumo desde una mirada de los STI y la transición sostenible. El modelo combina el concepto de motores de innovación con el de vías de transición en sistemas sociotécnicos. Los resultados del modelo muestran que una combinación inteligente de intervenciones de políticas en otras partes del sistema puede llevar a mejoras suficientes en el rendimiento de los STI emergentes.

Azad y Ghodsypour (2017) utilizan la modelación como mecanismo para identificar las relaciones entre agentes y mercado en un sistema híbrido denominado tecno-sectorial, identificando las funciones de comportamiento dentro del ciclo de vida tecnológico en la industria petroquímica. Los resultados muestran que, para los dos escenarios definidos, la relación entre competidores y emprendedores juega un papel clave en la relación de beneficio en el sistema.

Algunos modelos de simulación presentados en la literatura especializada, analizan los procesos de TT desde un enfoque de aprendizaje tecnológico para distintos sectores, como la base del cambio técnico y la transición tecnológica y donde la simple existencia de la tecnología no implica la adopción y uso de la misma (Raven y Walrave, 2018). En esencia, la literatura de los STI se enfoca en la comprensión de cómo los nuevos sistemas de innovación emergen alrededor de innovaciones como los vehículos eléctricos, la tecnología fotovoltaica y el biogás (Walrave y Raven, 2016).

La literatura científica muestra que estos paradigmas de simulación han sido empleados para comprender los procesos de TT para el desarrollo de modelos teóricos de adopción de tecnología sobre la base del entendimiento de la heterogeneidad de los agentes (Davis et al., 2007). En efecto, la MBA presenta una alternativa promisoría para intentar entender cómo los procesos sociales funcionan a través del tiempo (Scalco et al., 2017), debido principalmente a que la MBA permite modelar los comportamientos e interacción de los agentes en el ambiente, empleando tanto datos cuantitativos como cualitativos para definir dichas relaciones (Muelder y Filatova, 2018). Otro aspecto interesante es que la MBA permite incluir factores estocásticos que generan una recreación más realista de los actos que se generan por arte de los agentes y que podrían no estar acordes a los patrones preestablecidos (Scalco et al., 2017).

Entendiendo las la heterogeneidad de los agentes involucrados y la toma de decisiones en el proceso de TT, como herramienta de análisis se plantea usar el paradigma de modelación basado en agentes. Dicha técnica estudia la emergencia a nivel macro de patrones de comportamiento de un sistema a partir de las interacciones de agentes semi inteligentes del nivel micro. La MBA ostenta un enfoque *bottom-up* y no exhibe un planificador central que controle el sistema, por el contrario, exhibe a partir de las interacciones sistémicas entre agentes heterogéneos comportamientos emergentes mediante su agregación. El modelo metodológico se basa en la propuesta de Sargent (2013), ver Figura 3:



Fuente: Elaborado por los autores a partir de Sargent (2013) y Quintero (2016).

Fase I: Delimitación del problema. El primer paso para desarrollar un proceso de modelación es establecer claramente cuál es el problema, porque este es un problema y cuáles deben ser los conceptos y variables clave que se deberán considerar.

Fase II. Formulación de las hipótesis dinámicas. En este paso se realiza la conceptualización del sistema, utilizando mapas de estructura causal basada en las hipótesis iniciales, variables clave e influencias que se producen entre los actores

Fase III. Formulación del modelo conceptual de simulación. En este paso se define la estructura, las reglas de decisión, los parámetros, las relaciones de comportamiento y condiciones iniciales. Este debe ser testeado o calibrado para evaluar la consistencia y el cumplimiento de la delimitación propuesta.

Fase IV: Testeo de comportamiento del modelo. Se realiza una comparación del comportamiento con modelos de referencia para evaluar que el modelo reproduzca adecuadamente el modelo propuesto, posteriormente se aplica un análisis de sensibilidad para entender el comportamiento del modelo dada la incertidumbre en parámetros, condiciones iniciales, delimitación del modelo y agregación, esto para identificar puntos sensibles.

Fase V. Validación del modelo. Debido a que todos los modelos, mentales o formales, son representaciones limitadas y simplificadas del mundo real, estos difieren de la realidad en diferentes maneras (Sterman, 2000, p. 846). Este paso pretende evaluar si la estructura interna del modelo es suficientemente fiel al sistema real, para tal fin se plantea realizar una validación del modelo en un sistema tecnológico de innovación en IoT, para el sector agroindustrial

5. Conclusiones y pasos a seguir

El modelo a desarrollar que permita conocer mejor el proceso de TT desde una mirada a los comportamientos individuales y las capacidades de los agentes que participan en el proceso. Además, se pretende mejorar la comprensión del fenómeno de TT contemplando la participación de emisores, difusores y receptores de la tecnología en un STI con base en las reglas de toma de decisiones y sus CT, identificando puntos de apalancamiento para que los tomadores de decisión en materia de política definan estrategias para mejorar el desarrollo, aplicación y uso de tecnologías emergentes.

En este sentido, la este trabajo permitirá comprender cómo las reglas de toma de decisiones de los agentes y las asimetrías en las CT afectan el desempeño económico e innovador del proceso de TT. Otro aporte derivado de este trabajo será generar conocimiento que soporte a los tomadores de decisión para el diseño de políticas basadas en los comportamientos y capacidades de los emisores, difusores y usuarios de la tecnología. Lo anterior debido a que el diseño de la investigación permite considerar aspectos que generalmente se ignoran en los modelos analíticos: variabilidad entre individuos, interacciones, ciclos del proceso completo y, en particular, comportamiento individual que se adapta al entorno interno y externo cambiante del agente.

6. Referencias

- Adrian, A. M., Norwood, S. H., & Mask, P. L. (2005). Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 48(3), 256–271. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.04.004>
- Azad, S. M., & Ghodsypour, S. H. (2017). Modeling the dynamics of technological innovation system in the oil and gas sector. *Kybernetes*, 47(4), 771–800. <https://doi.org/10.1108/K-03-2017-0083>
- Azjen, I. (2005). *Attitudes, Personality and Behaviour*. (T. Manstead, Ed.). New York: McGraw-Hill.
- Balaji, M. S., & Roy, S. K. (2017). Value co-creation with Internet of things technology in the retail industry. *Journal of Marketing Management*, 33(1–2), 7–31. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2016.1217914>
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Bell, M., & Pavitt, K. (1993). Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries. *Industrial and Corporate Change*, 2(2), 157–210. <https://doi.org/10.1093/icc/2.2.157>
- Bell, M., & Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. In *Trade, technology, and international competitiveness* (pp. 69–101). Washington D.C: Economic Development Institute of The World Bank.
- Bento, N., & Fontes, M. (2015). The construction of a new technological innovation system in a follower country: Wind energy in Portugal. *Technological Forecasting & Social Change*, 99, 197–210. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.06.037>
- Beretta, E., Fontana, M., Guerzoni, M., & Jordan, A. (2018). Cultural dissimilarity: Boon or bane for technology diffusion? *Technological Forecasting and Social Change*, (September 2017). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.008>
- Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., & Truffer, B. (2015). Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.003>
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling : Reasons , Techniques , Tools. *22nd International Conference of the System Dynamics Society*, 25-29 July 2004, 45.
- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy*, 29(4–5), 627–655. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- Caputo, F., Scuotto, V., Carayannis, E., & Cillo, V. (2018). Intertwining the internet of things and consumers' behaviour science: Future promises for businesses. *Technological Forecasting and Social Change*, 136(March 2017), 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.019>
- Cardenas Tamayo, R. A., Lugo Ibarra, M. G., & Garcia Macias, J. A. (2010). Better crop management with decision support systems based on wireless sensor networks. *2010 7th International Conference on Electrical Engineering Computing Science and Automatic Control*, (Cce), 412–417. <https://doi.org/10.1109/ICEEE.2010.5608629>
- Carlsson, B. (1994). Technological Systems and Economic Growth: Comparing Finland, Sweden, Japan, and the United States. In S. Vuori & P. Vuorinen (Eds.), *Explaining Technical Change in a Small Country* (pp. 159–183). Heidelberg: Physica-Verlag HD. https://doi.org/10.1007/978-3-642-95913-4_7
- Carlsson, B. (2002). *Technological Systems in the Bio Industries*. (B. Carlsson, Ed.) (Vol. 26). Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0915-8>
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93–118. <https://doi.org/10.1007/BF01224915>
- Chehrehpak, M., Alirezaei, A., & Farmani, M. (2012). Selecting of optimal methods for the technology transfer by using analytic hierarchy process (AHP). *Indian Journal of Science and Technology*, 5(4), 2540–2546.
- Chen, Y. (1995). *Teaching material in technology transfer*. Jongli City: Yuan Ze University Press.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Dahlman, C. J., Ross-Larson, B., & Westphal, L. E. (1987). Managing technological development: Lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, 15(6), 759–775. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(87\)90058-1](https://doi.org/10.1016/0305-750X(87)90058-1)
- Davis, Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing Theory Through Simulation Methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480–499. <https://doi.org/10.5465/amr.2007.24351453>

- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness , Perceived Ease of Use , and User Acceptance of information technology. *Management Information System Research Center*, 13(3), 319–340. Retrieved from www.jstor.org/stable/249008
- Day, G. S., & Schoemaker, P. J. H. (2000). Avoiding the Pitfalls of Emerging Technologies. *California Management Review*, 42(2), 8–33. <https://doi.org/10.2307/41166030>
- Dinmohammadi, A., & Shafiee, M. (2017). Determination of the Most Suitable Technology Transfer Strategy for Wind Turbines Using an Integrated AHP-TOPSIS Decision Model. *Energies*, 10(5), 1–17. <https://doi.org/10.3390/en10050642>
- Edsand, H. E. (2017). Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context. *Technology in Society*, 49, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.01.002>
- Farooq, M. S., Salam, M., Jaafar, N., Fayolle, A., Ayupp, K., Radovic-Markovic, M., & Sajid, A. (2017). Acceptance and use of lecture capture system (LCS) in executive business studies: Extending UTAUT2. *Interactive Technology and Smart Education*, 14(4), 329–348. <https://doi.org/10.1108/ITSE-06-2016-0015>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research* (Vol. 27). Addison-Wesley.
- Foxon, T. J., Hammond, G. P., & Pearson, P. J. G. (2010). Developing transition pathways for a low carbon electricity system in the UK. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1203–1213. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.04.002>
- Fritsch, M., & Slavtchev, V. (2011). Determinants of the efficiency of regional innovation systems. *Regional Studies*, 45(7), 905–918. <https://doi.org/10.1080/00343400802251494>
- Gao, L., & Bai, X. (2014). A unified perspective on the factors influencing consumer acceptance of internet of things technology. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 26(2), 211–231. <https://doi.org/10.1108/APJML-06-2013-0061>
- Gibson, D. V., & Smilor, R. W. (1991). Key variables in technology transfer: A field-study based empirical analysis. *Journal of Engineering and Technology Management*, 8(3–4), 287–312. [https://doi.org/10.1016/0923-4748\(91\)90015-J](https://doi.org/10.1016/0923-4748(91)90015-J)
- Gilbert, N. (2007). *Agent-based models*. Guildford.
- Gupta, K. P., Bhaskar, P., & Singh, S. (2017). Prioritization of factors influencing employee adoption of e-government using the analytic hierarchy process. *Journal of Systems and Information Technology*, 19(1/2), 116–137. <https://doi.org/10.1108/JSIT-04-2017-0028>
- Hanson, J. (2017). Established industries as foundations for emerging technological innovation systems : The case of solar photovoltaics in Norway. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, (July 2016), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.06.001>
- Happe, K. (2004). *Agricultural policies and farm structures Agent-based modelling and application to EU-policy reform*.
- Hsu, C. W., & Yeh, C. C. (2017). Understanding the factors affecting the adoption of the Internet of Things. *Technology Analysis and Strategic Management*, 29(9), 1089–1102. <https://doi.org/10.1080/09537325.2016.1269160>
- Jayashankar, P., Nilakanta, S., Johnston, W. J., Gill, P., & Bures, R. (2018). IoT adoption in agriculture: the role of trust, perceived value and risk. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 33(6), 804–821. <https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2018-0023>
- Jiang, R., & Zhang, Y. (2013). Research of Agricultural Information Service Platform Based on Internet of Things. *2013 12th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering & Science*, 176–180. <https://doi.org/10.1109/DCABES.2013.39>
- Khabiri, N., Rast, S., & Senin, A. A. (2012). Identifying Main Influential Elements in Technology Transfer Process: A Conceptual Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40, 417–423. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.209>
- Kiesling, E., Günther, M., Stummer, C., & Wakolbinger, L. M. (2012). Agent-based simulation of innovation diffusion: a review. *Central European Journal of Operations Research*, 20(2), 183–230. <https://doi.org/10.1007/s10100-011-0210-y>
- Kim, S.-H., & Hwang, K.-H. (2011). Winning strategies for innovation and high-technology products management. *Journal of Business Research*, 64(11), 1147–1150. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.06.013>
- Koch, S., & Mitlöchner, J. (2010). Effort estimation for enterprise resource planning implementation projects using social choice – a comparative study. *Enterprise Information Systems*, 4(3), 265–281. <https://doi.org/10.1080/17517575.2010.496494>

- König, B., Janker, J., Reinhardt, T., Villarroel, M., & Junge, R. (2018). Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. *Journal of Cleaner Production*, *180*, 232–243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.037>
- Kowatsch, T., & Maass, W. (2012). Critical privacy factors of internet of things services: An empirical investigation with domain experts. *Lecture Notes in Business Information Processing*, *129 LNBIP*, 200–211. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33244-9_14
- Koza, M., & Lewin, A. (2000). Managing partnerships and strategic alliances: raising the odds of success. *European Management Journal*, *18*(2), 146–151. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(99\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(99)00086-9)
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, *20*(2), 165–186. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F)
- Lall, S. (1998). Technological capabilities in emerging Asia. *Oxford Development Studies*, *26*(2), 213–243. <https://doi.org/10.1080/13600819808424154>
- Lee, S., Kim, W., Kim, Y. M., & Oh, K. J. (2012). Using AHP to determine intangible priority factors for technology transfer adoption. *Expert Systems with Applications*, *39*(7), 6388–6395. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.12.030>
- Leischnig, A., Geigenmueller, A., & Lohmann, S. (2014). On the role of alliance management capability, organizational compatibility, and interaction quality in interorganizational technology transfer. *Journal of Business Research*, *67*(6), 1049–1057. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.06.007>
- Li, Y., Hou, M., Liu, H., & Liu, Y. (2012). Towards a theoretical framework of strategic decision, supporting capability and information sharing under the context of Internet of Things. *Information Technology and Management*, *13*(4), 205–216. <https://doi.org/10.1007/s10799-012-0121-1>
- Lichtenthaler, U., & Lichtenthaler, E. (2010). Technology Transfer across Organizational Boundaries: Absorptive Capacity and Desorptive Capacity. *California Management Review*, *53*(1), 154–170. <https://doi.org/10.1525/cmr.2010.53.1.154>
- Lugones, G. E., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). *Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. Serie Estudios y Perspectivas*. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5014/1/S0700876_es.pdf
- Lund, R. (2004). the Organization of Actors' Learning in Connection With New Product Development. *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, *8*, 129–153. [https://doi.org/10.1016/S0737-1071\(04\)08006-0](https://doi.org/10.1016/S0737-1071(04)08006-0)
- Madu, C. N. (1990). Prescriptive framework for the transfer of appropriate technology. *Futures*, *22*(9), 932–950. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(90\)90062-M](https://doi.org/10.1016/0016-3287(90)90062-M)
- Martin, X., & Salomon, R. (2003). Knowledge transfer capacity and its implications for the theory of the multinational corporation. *Journal of International Business Studies*, *34*(4), 356–373. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400037>
- Moore, G. C., & Benbasat, I. (1996). Integrating Diffusion of Innovations and Theory of Reasoned Action models to predict utilization of information technology by end-users. In *Diffusion and Adoption of Information Technology* (pp. 132–146). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-34982-4_10
- Muelder, H., & Filatova, T. (2018). One theory-many formalizations: Testing different code implementations of the theory of planned behaviour in energy agent-based models. *Jasss*, *21*(4). <https://doi.org/10.18564/jasss.3855>
- Naspetti, S., Mandolesi, S., Buysse, J., Latvala, T., Nicholas, P., Padel, S., ... Zanolli, R. (2017). Determinants of the Acceptance of Sustainable Production Strategies among Dairy Farmers: Development and Testing of a Modified Technology Acceptance Model. *Sustainability*, *9*(10), 1805. <https://doi.org/10.3390/su9101805>
- Necoechea-Mondragón, H., Pineda-Domínguez, D., & Soto-Flores, R. (2013). A conceptual model of technology transfer for public universities in Mexico. *Journal of Technology Management and Innovation*, *8*(4), 24–35. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000500003>
- Park, B. II. (2011). Knowledge transfer capacity of multinational enterprises and technology acquisition in international joint ventures. *International Business Review*, *20*(1), 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2010.06.002>
- Penrose, E. T. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*. New York: John Wiley.
- Porter, A. L., Roessner, J. D., Jin, X., & Newman, N. C. (2002). Measuring national 'emerging technology' capabilities. *Science and Public Policy*, *29*(3), 189–200. <https://doi.org/10.3152/147154302781781001>
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The Core Competencies of the Corporation. *Harvard Business Review*, *68*(3), 79–91.
- Quang, D. V., Schreinemachers, P., & Berger, T. (2014). Ex-ante assessment of soil conservation methods in the uplands of Vietnam: An agent-based modeling approach. *Agricultural Systems*, *123*, 108–119.

- <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.002>
- Quintero, S. (2016). *Aprendizaje en los sistemas regionales de innovación: Un modelo basado en agentes*. Universidad Nacional. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/53948/>
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017a). Learning in the Regional Innovation Systems : An Agent Based Model. *Cuadernos de Administración*, 33(57), 7–20.
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017b). Representation of unlearning in the innovation systems : A proposal from agent-based modeling. *Estudios Gerenciales*, 33, 366–376. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.11.003>
- Quitow, R. (2015). Environmental Innovation and Societal Transitions Dynamics of a policy-driven market : The co-evolution of technological innovation systems for solar photovoltaics in China and Germany. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.12.002>
- Raven, R., & Walrave, B. (2018). Overcoming transformational failures through policy mixes in the dynamics of technological innovation systems. *Technological Forecasting and Social Change*, (January), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.008>
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations*. Macmillan Publishing Co. (3rd Editio). New York. Retrieved from <http://hollis.harvard.edu/?itemid=%7Clibrary/m/aleph%7C006256656>
- Rogers, E. M. (2002). The Nature of Technology Transfer. *Science Communication*, 23(3), 323–341. <https://doi.org/10.1177/107554700202300307>
- Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). What is an emerging technology? *Research Policy*, 44(10), 1827–1843. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006>
- Sargent, R. G. (2013). Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, 7(1), 12–24. <https://doi.org/10.1057/jos.2012.20>
- Scalco, A., Ceschi, A., & Sartori, R. (2018). Application of Psychological Theories in Agent-Based Modeling: The Case of the Theory of Planned Behavior. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 22(1), 15–33.
- Scalco, A., Ceschi, A., Shiboub, I., Sartori, R., Frayret, J., & Dickert, S. (2017). Agent-Based Modeling of Sustainable Behaviors, 77–97. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46331-5>
- Schreinemachers, P., & Berger, T. (2011). An agent-based simulation model of human–environment interactions in agricultural systems. *Environmental Modelling & Software*, 26(7), 845–859. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.02.004>
- Shen, C., & Chou, C.-C. (2010). Business process re-engineering in the logistics industry: a study of implementation, success factors, and performance. *Enterprise Information Systems*, 4(1), 61–78. <https://doi.org/10.1080/17517570903154567>
- Shin, D. H. (2017). Conceptualizing and measuring quality of experience of the internet of things: Exploring how quality is perceived by users. *Information and Management*, 54(8), 998–1011. <https://doi.org/10.1016/j.im.2017.02.006>
- Silva, A. G., Canavari, M., & Sidali, K. L. (2017). A Technology Acceptance Model of common bean growers' intention to adopt Integrated Production in the Brazilian Central Region. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 68(3), 131–143. <https://doi.org/10.1515/boku-2017-0012>
- Stephan, A., Schmidt, T. S., Bening, C. R., & Hoffmann, V. H. (2017). The sectoral configuration of technological innovation systems: Patterns of knowledge development and diffusion in the lithium-ion battery technology in Japan. *Research Policy*, 46(4), 709–723. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.009>
- Suurs, R. A. A., Hekkert, M. P., Kieboom, S., & Smits, R. E. H. M. (2010). Understanding the formative stage of technological innovation system development: The case of natural gas as an automotive fuel. *Energy Policy*, 38(1), 419–431. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.032>
- Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Tohidyan, S., & Rezaei-Moghaddam, K. (2017). Determinants of Iranian agricultural consultants' intentions toward precision agriculture: Integrating innovativeness to the technology acceptance model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3), 280–286. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.09.003>
- Ullah, F., Sepasgozar, S., & Wang, C. (2018). A Systematic Review of Smart Real Estate Technology: Drivers of, and Barriers to, the Use of Digital Disruptive Technologies and Online Platforms. *Sustainability*, 10(9), 3142. <https://doi.org/10.3390/su10093142>
- Van Alphen, K., Hekkert, M. P., & Turkenburg, W. C. (2010). Accelerating the deployment of carbon capture and storage technologies by strengthening the innovation system. *International Journal of Greenhouse Gas*

- Control*, 4(2), 396–409. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2009.09.019>
- Venkatesh, Morris, Davis, & Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Thong, J., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance And Use Of Information Technology: Extending The Unified Theory Of Acceptance And Use Of Technology. *MIS Quarterly*, 236(1), 157–178.
- Verma, P., & Sinha, N. (2018). Integrating perceived economic wellbeing to technology acceptance model: The case of mobile based agricultural extension service. *Technological Forecasting and Social Change*, 126(July), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.08.013>
- Walrave, B., & Raven, R. (2016). Modelling the dynamics of technological innovation systems. *Research Policy*, 45(9), 1833–1844. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.011>
- Wang, H., & Zhang, Z. (2016). Technological innovation system of pharmaceutical industry based on system dynamics. *Shanghai Ligong Daxue Xuebao/Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 38(1), 48–54. <https://doi.org/10.13255/j.cnki.jusst.2016.01.009>
- Zhao, L., & Reisman, A. (1992). Toward Meta Research on technology transfer. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 39(1), 13–21.