



Adopción de tecnologías en sistemas de producción agroalimentario: una revisión de literatura

Adoption of Technologies in Agrofoods Production Systems: A Literature Review

Marco Rosas Leutenegger y Pedro Villasana López¹

Resumen

Los modelos de adopción de tecnología comprenden un importante campo de investigación en los estudios de economía, antropología, sociología y psicología de la innovación, aplicados a sectores productivos y sociales. Las empresas de producción primaria de alimentos han adoptado nuevas tecnologías que permiten mejorar su calidad, aumentar su productividad y competitividad. Esta revisión tiene como objetivo describir la literatura relacionada a modelos de adopción de tecnologías, realizando un análisis crítico aplicado para el eslabón primario de la cadena agroalimentaria. La revisión permite establecer que los modelos analíticos de adopción de tecnologías no han abordado en profundidad áreas tecnológicas asociadas a la robótica y la inteligencia artificial para el sector productivo estudiado. El trabajo permite advertir la emergencia de dimensiones y variables, así como realizar combinaciones teórico-conceptuales, técnico-metodológicas con estudios socio-técnicos, dando con ello paso a una agenda de investigación interdisciplinaria con miras a una mejora en el proceso de gestión del proceso de adopción tecnológica.

Palabras clave: adopción tecnológica, producción pecuaria, modelo de adopción tecnológica, robótica, tecnología digital.

Abstract

Technology adoption models comprise an important field of research in the studies of economics, anthropology, sociology and psychology of innovation, applied to different productive and social sectors. Primary food production companies have been adopting new techniques and technologies that allow them to improve their quality, increase their productivity and competitiveness. The search criteria were: Technological adoption, Dairy production, agrofoods technology, Technological adoption model, robotic and digital technology. The work allows us to warn of the emergence of dimensions and variables, as well as to carry out theoretical-conceptual, technical-methodological combinations with socio-technical studies, thereby giving way to an interdisciplinary research agenda with a view to improving the management process of the technology adoption process.

Keywords: technological adoption, dairy production, agrofoods technology, technological adoption model, robotic, digital technology.

RECIBIDO: 15/10/2021 · ACEPTADO: 01/04/2022 · PUBLICADO: 30/05/2022

¹ Marco Rosas Leutenegger: Universidad de La Frontera y Universidad Politécnica de Valencia, Temuco, Chile, ORCID 0000-0002-4262-5207, mrosleu@doctor.upv.es; Pedro Villasana López: Universidad de Los Lagos, Puerto Montt, Chile, ORCID 0000-0001-8713-8202, pedro.villasana@ulagos.cl

Introducción

La presión del crecimiento económico, los cambios demográficos y socio-laborales, la innovación tecnológica y disminuir el impacto ambiental y las expectativas de los consumidores por obtener productos de mejor calidad, han impulsado a distintas industrias a buscar maneras de responder al entorno cambiante, adoptando nuevos conocimientos y tecnologías que permitan mejorar su calidad, competitividad y aumentar la productividad.

La tecnología afecta positivamente la productividad y competitividad; la tasa mediante la cual una determinada tecnología es incorporada en un proceso productivo, es decir, la adopción tecnológica, es uno de los factores más importantes para impulsar el ritmo de crecimiento económico. En este sentido, si bien existen factores económicos que influyen en la adopción de tecnologías (Griliches, 1992; Mansfield, 1963; Rosenberg, 1972) hay también otros factores asociados a aspectos socioculturales y psicosociales.

Los estudios de adopción tecnológica surgen en la década de los ochenta (Davis, 1989), notándose un importante desarrollo teórico-conceptual por parte de diferentes autores, diversificando sus aproximaciones tanto conceptuales como técnico-metodológicas y enriqueciendo el conocimiento (Venkatesh y Davis, 2000).

Al respecto, pueden distinguirse tres conceptos similares para el proceso de adopción tecnológica: aceptación (Yong, 2004), adopción (Davis, 1989) y apropiación (Fernández *et al.*, 2015). Para efectos de este trabajo, se definirá operativamente el concepto de adopción tecnológica como la incorporación de nuevas tecnologías para fines productivos, entretenimiento, académicos u otros usos. Nos centraremos en la adopción de tecnologías para el eslabón primario de la cadena agroalimentaria, esto es, producción agrícola (hortalizas, maíz, etc.), frutícola (berries, etc.) y pecuaria (leche, carne, etc.).

La principal pregunta que aborda esta revisión es la siguiente: ¿cuáles son los factores que inciden en la adopción de tecnologías en empresas productoras de agroalimentos? Para contribuir a abordar esta interrogante, surgen las siguientes subpreguntas: ¿qué tipo de tecnologías se han estudiado? ¿Qué técnicas y metodologías de abordaje han utilizado? ¿Cuáles son los principales hallazgos de estos estudios?

A modo de hipótesis se sostiene que, si bien existe gran cantidad de estudios de adopción tecnológica, hay una escasa literatura empírica y discusión teórico-metodológica orientada a comprender los factores asociados a la adopción de tecnologías digitales en sistemas agroalimentarios.

De esta manera, el objetivo general del artículo es identificar los factores y variables que inciden en dicho proceso. Mediante una revisión de literatura fueron analizados 56 artículos, de los cuales, para los fines de este trabajo, fueron seleccionados 25. Planteamos los siguientes objetivos específicos: (a) clasificar las aproximaciones teórico-conceptuales más importantes que influyen en la adopción tecnológica; (b) describir los métodos de recolección de información y análisis aplicados en las investigaciones revisadas, y (c) discutir y relacionar los principales hallazgos empíricos. El trabajo está estructurado en cinco secciones, siendo la primera esta introducción; la segunda corresponde a los materiales y

métodos utilizados, mientras en la tercera parte se discuten los principales resultados de la revisión de literatura realizada. En la cuarta sección se realizan discusiones globales en materia de los hallazgos encontrados en la revisión de literatura, mientras que en la quinta sección se esbozan conclusiones que permitan perfilar líneas y/o proyectos de investigación sobre adopción tecnológica, así como su vinculación con aspectos asociados a la gestión de este proceso.

Materiales y métodos

La metodología para la revisión de literatura fue la siguiente: en primer lugar, se inició por una búsqueda bibliográfica en buscadores como Scimago, Science Direct, Google Scholars, Scielo, Econopapers y Jstor. La búsqueda contempló artículos en español e inglés para el periodo 1989-2019, con los siguientes conceptos como criterios de búsqueda: *technological adoption, dairy production, agrofoods technology, technological adoption model, robotic y digital technology*.

La revisión abarcó un análisis de tres aspectos por cada uno de los artículos: (a) aspectos teórico-conceptuales; (b) aspectos técnico-metodológicos, y (c) aspectos o hallazgos empíricos. De este modo, el trabajo consistió en la revisión de principalmente dos tipos de estudios que directamente traten el fenómeno de adopción tecnológica: (a) estudios teórico-conceptuales y (b) investigaciones empíricas. Este último tipo de estudio permitió describir los abordajes metodológicos, tales como por ejemplo la muestra, unidad de análisis, criterio muestral y tipo de análisis de información, así como las técnicas de recolección de información utilizadas.

De forma adicional, la revisión se complementó con dos tipos de artículos: (a) estudios de caso y de tendencias tecnológicas en el sector agroalimentario y (b) meta-análisis de estudios de adopción tecnológica.

Si bien es cierto que la mayor cantidad de artículos revisados corresponde a estudios de adopción tecnológica en diferentes rubros correspondientes al eslabón primario del sector agroalimentario, fueron además revisados estudios de adopción tecnológica aplicados a otros sectores (educación, salud, informática) y tipos de usuarios (consumidores y usuarios finales), lo que permitió enriquecer la comprensión del proceso de adopción tecnológica.

Una vez listados los artículos, confeccionamos una tabla de doble entrada, la cual permitió identificar las variables trabajadas en cada uno de los artículos tanto para los trabajos teórico-conceptuales como aquellos empíricos. Posteriormente, las variables fueron agrupadas en dimensiones que permitieron categorizar los factores explicativos del proceso de adopción tecnológica.

Resultados

A continuación presentamos los resultados de la revisión, agrupados en seis dimensiones: sociodemográfica, productiva, financiera, capacidad de innovación, cultural y psicosocial.

a. Dimensión 1: sociodemográfica

Las variables sociodemográficas se encuentran presentes en la mayoría de los estudios de adopción tecnológica, ya sea como características internas de las empresas o bien como parte de las características de los trabajadores, directivos y/u operarios. Entre ellas están el género, edad, nivel educacional, ocupación, nivel y fuentes de ingreso. Dichas variables han sido tratadas por diferentes autores e investigaciones teórico y empíricas (Alwahaishi y Václav, 2013; Bianco, 2014; de Mello *et al.* 2016).

Jenkins *et al.* (2011) muestran que entre los factores que explican las decisiones de búsqueda de información relacionada a agricultura de precisión en productores de algodón están variables como edad, educación e ingreso. Vélez *et al.* (2013), por su parte, establecen que altos índices de adopción de tecnologías cuentan con más mayor escolaridad y menor edad.

Coherentemente con estos hallazgos, Alwahaishi y Václav (2013) plantean un modelo de adopción tecnológica en el que incluyen variables como educación, género, edad, ingreso y experiencia, aunque no establecen una relación significativa entre ambas variables. De la misma manera, Bianco (2014), que evalúa el impacto social de las tecnologías lecheras, no encuentra diferencias significativas para las variables de antigüedad de los productores o la edad, existiendo estas diferencias en la educación formal de los empresarios.

Como se mostró, la mayor cantidad investigaciones de adopción tecnológica han trabajado variables sociodemográficas, sin claridad respecto a la significancia estadística en todos ellos respecto al peso explicativo de estas variables en los procesos de adopción tecnológica. Por lo tanto, la utilidad de trabajar estas variables ha consistido más para generar perfiles de usuarios de tecnologías que para identificar variables independientes.

b. Dimensión 2: productiva

La dimensión productiva refiere a aspectos o características de aquella empresa que adopta una tecnología, en ámbitos tales como superficie total del predio, superficie para uso productivo, experiencia en el rubro, propiedad de la tierra, número de trabajadores, número de animales, raza de animales, nivel de producción, sistemas de trazabilidad, contratos con receptores de leche (variable dicotómica) y tipo de suelo.

En un estudio aplicado sobre adopción de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) en el sector lechero, Mora *et al.* (2012) no encuentran relevancia en estas variables para explicar las brechas identificadas en la muestra estudiada. Arellanes y Lee (2003) muestran que, para un grupo de pequeños agricultores de Honduras, influyen aspectos productivos como el tipo de pendiente de la parcela, la propiedad del predio y el tipo de riego para la adopción de tecnologías de labranza mínima. Tales conclusiones coinciden con el trabajo Kutter *et al.* (2009), en el que, para un estudio

cualitativo de 49 agricultores, las estrategias de adopción de tecnologías de precisión dependen del tamaño del predio.

Chen *et al.* (2014) muestran la importancia de una gestión de la cadena de suministro en la industria láctea para la adopción de buenas prácticas asociadas a la calidad del producto final. Resultados similares encuentra Ding *et al.* (2019), indicando que la seguridad y calidad de la leche está asociada con una adecuada cadena de suministro láctea en China.

De Baerdemaeker (2013) describe los beneficios de la agricultura de precisión y la robótica en las buenas prácticas agrícolas, entre los cuales encuentra una mejor trazabilidad, eficiencia en la gestión predial y gestión del suelo, una adecuada aplicación de fertilizantes, eficaz gestión de plagas y parásitos, control de maleza y seguridad microbiana. La trazabilidad fue estudiada por De Mello *et al.* (2016), donde se establece un vínculo entre la estrategia productiva que estaría dado por contar con sistemas de trazabilidad, y la adopción de sistemas de técnicas de producción. Es decir, contar con sistemas de buenas prácticas por parte de empresas corresponde a facilitadores de procesos de adopción tecnológica.

Aspectos tecnológicos y productivos son analizados por Higgins *et al.* (2017), en un estudio en el que, a partir de la aplicación de una metodología cualitativa en agricultores de arroz en Australia, se establece que, por ejemplo, la compatibilidad entre maquinarias y tecnologías, así como variaciones en los climas (como heladas o altas precipitaciones), son un obstáculo para la adopción e inversión en tecnologías.

Por su parte, Vélez *et al.* (2013) encuentran que productores con altos niveles de adopción tecnológica presentan mayor productividad, relación beneficio costo y mayor tiempo recibiendo asistencia técnica, para sistemas de producción familiar en Guanajuato, México. La influencia de actores del entorno también fue trabajada por Naspetti *et al.* (2017), para un estudio en países de la Unión Europea, en el que se establece que la intención de adoptar una estrategia de producción sustentable deriva de la influencia de actores relevantes, mientras que la usabilidad es altamente percibida por empresas de producción orgánica.

Como ha podido observarse, corresponden a facilitadores de procesos de adopción aspectos tales como cadenas de valor y suministro, así como mecanismos de trazabilidad y estrategias socio-productivas. En términos metodológicos, la aproximación hacia la dimensión productiva suele contemplar la realización de análisis de caso, así como investigaciones que han usado técnicas de análisis cuantitativas mediante la realización de instrumentos como encuestas.

En cuanto a la dimensión productiva, aparece como una posibilidad los análisis de la relación socio-técnica descrita en términos teóricos por Klerkx y Rose (2019) y empíricos (Hosseinifarhangi *et al.*, 2019), en la medida en que actuarían como facilitadores ya no solamente variables exógenas a lo individual sino una conexión entre lo tecno-material y lo humano, es decir, lo socio-técnico.

De lo anterior se desprendería la necesidad de conectar y dialogar los estudios sociales de la ciencia y tecnología con los estudios de adopción tecnológica en el sector agroalimentario.

c. Dimensión 3: financiera

La dimensión financiera comprende en general la relación del adoptador con instituciones bancarias, y considera variables tales como la presencia/ausencia de deuda bancaria, tipo de deuda, incentivos gubernamentales, proveedores y encadenamientos, protocolos de producción y reputación del productor/proveedor.

Kutter *et al.* (2009) apuntan a que la relación entre estrategia de adopción de tecnologías de agricultura de precisión y alianzas de inversiones solo se da en algunas regiones de República Checa, Dinamarca y Grecia. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2015) encuentran relación directa significativa en el acceso al crédito y adopción tecnológica de productores lecheros.

En términos teórico-conceptuales, la dimensión financiera puede dialogarse con lo planteado por Lazarus, quien indica que en los bancos y entidades financieras, en general, se activan agentes y roles asumidos por los empleados bancarios que condicionan —facilitan u obstaculizan— la asignación de financiamiento para la adopción de tecnologías (Lazarus 2011 en Wilkis, 2014).

d. Dimensión 4: cultural

Los factores culturales se siguen fundamentalmente del trabajo de Yong (2004), cuyo estudio fue aplicado a hombres y mujeres de la Universidad de Tamaulipas, México, donde analizó la relación entre distancia jerárquica, control de incertidumbre e individualismo-colectivismo con la aceptación de tecnologías de información y comunicación.

Por otra parte, puede advertirse que si bien existen investigaciones que han evaluado las formas de organización en empresas agropecuarias (Moreno, 2014), describiéndolas como altamente jerárquicas, para estudios de adopción de tecnologías en sistemas agroalimentarios los factores asociados a esta dimensión sociocultural no han sido suficientemente trabajados.

La dimensión cultural para estudios de adopción y apropiación tecnológica también es analizada conceptualmente por Fernández *et al.* (2015), distinguiendo el enfoque cultural del psicosocial. En este trabajo se sigue la perspectiva de Vigotsky, para establecer que la apropiación tecnológica estaría dada por aspectos tales como el lenguaje, recursos mnemotécnicos, símbolos, y en general elementos que configuran esquemas mentales y que influyen en el proceso de aprendizaje. Puede clarificarse la idea de la dimensión cultural con la siguiente idea: “el resultado de la apropiación de herramientas tecnológicas supone la generación de una conciencia tecnológica en los individuos involucrados” (Fernández *et al.*, 2015).

De esta manera, no existe suficiente literatura que asocie la distancia jerárquica, la gestión y control de incertidumbre y/o la presencia de individualismo-colectivismo, así como elementos simbólicos, lenguaje, etc. con la aceptación/adopción de tecnologías en sistemas de producción primaria del sector agroalimentario. Asimismo, con la dimensión cultural pueden discutirse conceptualmente la diferencia entre adopción y apropiación tecnológica, y derivar de ello nuevas aproximaciones metodológicas.

e. Dimensión 5: capacidades de innovación

Corresponde en esta dimensión analizar el rol que cumplen aspectos asociados con atributos de innovación de la empresa para adoptar tecnología y su vinculación con el uso de tecnología. Por ejemplo, se analiza si cuenta con asesores de I+D y uso de herramientas de búsqueda de información; si cuenta con conectividad y uso de internet, disponibilidad y uso de software, uso de medios de comunicación, uso de revistas especializadas; si cuenta con asesoría, y si utiliza tecnología, experiencia y cuál es la frecuencia del uso de tecnología.

Mora *et al.* (2012) sostienen que para acelerar el proceso de adopción de tecnologías en productoras lecheras se requiere generar capacitación en materia de tecnologías de información y comunicación, lo que plantearía que la capacidad tecnológica de las empresas corresponde una variable independiente a la adopción de innovaciones.

Asimismo, Alwahaishi y Václav (2013) concluyen que la mayor cantidad de consumidores que adoptan internet móvil tienen entre tres a cinco años de experiencia en el uso de internet. A modo de síntesis, esta dimensión ha sido estudiada para examinar con qué capacidades tecnológicas, humanas, redes, entre otros aspectos, cuentan las empresas y/o usuarios, y cómo estas pueden influir, en general en su presencia, en una actitud favorable hacia la adopción de tecnologías.

f. Dimensión 6: psicosocial

Una de las dimensiones más estudiadas en los procesos de adopción tecnológica es la dimensión psicosocial, inaugurada a partir del trabajo de Davis (1989), autor que trabajó los conceptos de usabilidad percibida, la facilidad percibida del uso y la aceptación del usuario. Su trabajo está situado en tecnologías de información, desarrollando una escala para medir operativamente los conceptos indicados, y sentó las bases del modelo conocido como Technology Acceptance Model (TAM).

Para el concepto de usabilidad percibida examinó: la dificultad de trabajar sin la tecnología; el grado de control sobre el trabajo; el rendimiento en el trabajo; la vinculación con las necesidades productivas; el ahorro de tiempo; la rapidez en el trabajo; cuán crítica es la tecnología para el trabajo; reducción de tiempos improductivos; efectividad; la facilidad en el trabajo y su uso. Ya para la facilidad percibida en el uso, los factores investigados por Davis fueron la intensidad y presencia de los siguientes aspectos asociada a la percepción sobre la tecnología: confusión; propensión al error; frustración; dependencia en el manual; esfuerzo mental; error de recuperación; rigidez; grado de control; comportamientos no esperados; incomodidad; grado de comprensión; facilidad de recordar; proporción de orientación; facilidad en el uso; facilidad de aprendizaje, y esfuerzo para convertirse en un usuario hábil en el uso de tecnología.

Por su parte, autoeficacia percibida de la tecnología, norma subjetiva, influencia social, disfrute percibido, ansiedad del computador y experiencia, fueron factores externos que Abdullah y Ward (2016) reportaron como predictores de la usabilidad y facilidad de uso de sistemas tecnológicos *e-learning* por parte de estudiantes.

Ugochukwu y Phillips (2018) presentan un modelo teórico adaptado del proceso de tecnologías agroalimentarias cuyos pasos son los siguientes: conocimiento; persuasión por parte de agente externo (extensionista, redes sociales, etc.); evaluación costo-beneficio; decisión; implementación; confirmación y adopción final. Dicho modelo presenta varias complementariedades respecto al modelo de adopción tecnológica TAM. Entre ellas, corresponde a un modelo dinámico, en el que contempla la presencia de actores externos. Asimismo, considera la posibilidad de rechazar la tecnología (oposición), e incluso el adoptador puede arrepentirse de haber rechazado la tecnología, convirtiéndolo en un adoptador tardío. Parte de la aplicación de estos conceptos fue realizada por Li *et al.* (2015), en que se concluye que la evaluación costo-beneficio determina la adopción de dispositivos portátiles para el cuidado de la salud por parte usuarios individuales. Por otro lado, Pappa *et al.* (2018) encuentran que entre las variables que mejor explican la adopción tecnológica por parte de productores de leche en Grecia se encuentra el control percibido y los costos percibidos sobre la instalación y operación de sistemas de tecnología electrónica.

Puede observarse entonces que la dimensión psicosocial es la más trabajada en la literatura, habiendo revisado antecedentes asociados a variables del resto de las dimensiones. Su aproximación en general suele ser cuantitativa por medio de encuestas de percepción, que han ido sentando bases de modelos explicativos y predictivos de la adopción tecnológica en términos estadístico.

Para ilustrar una síntesis de los artículos revisados, en Tabla 1 presentamos una esquematización de las variables agrupadas en dimensiones y las referencias bibliográficas correspondientes, a fin de ordenar la revisión discutida en el artículo.

Tabla 1. Síntesis de revisión de estudios de adopción de tecnologías agroalimentarias
Table 1. Synthesis review of studies of adoption of agri-food technologies

Dimensión	Variable	Autores
Sociodemográfica	a. Género b. Edad c. Nivel educacional d. Ocupación e. Nivel de ingreso f. Fuente de ingreso	Alwahaishi y Václav (2013); Bianco (2014); Jenkins <i>et al.</i> (2011); Vélez <i>et al.</i> (2013)
Productiva	a. Superficie total b. Superficie productiva c. Experiencia en rubro d. Propiedad de la tierra e. Número de trabajadores f. Número de animales g. Raza de animales h. Nivel de producción de leche i. Sistemas de trazabilidad j. Contratos con receptores de leche k. Tipo de suelo	Mora <i>et al.</i> (2012); Chen <i>et al.</i> (2014); Arellanes y Lee (2003); de Mello <i>et al.</i> (2016); Vélez <i>et al.</i> (2013)

Incentivos y mecanismos financieros	<ul style="list-style-type: none"> a. Deuda bancaria b. Tipo de deuda c. Acceso a crédito d. Incentivos gubernamentales e. Proveedores y encadenamientos f. Protocolos de producción g. Reputación del productor/proveedor 	Kutter <i>et al.</i> (2009) y Rodríguez <i>et al.</i> (2015)
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> a. Distancia jerárquica b. Control de incertidumbre c. Individualismo-colectivismo 	Yong (2004)
Capacidad de innovación	<ul style="list-style-type: none"> a. Capacidad de innovación b. Uso de herramientas de búsqueda de información c. Conectividad y uso de internet d. Disponibilidad y uso de software e. Uso de medios de comunicación f. Uso de revistas especializadas g. Cuenta con asesoría h. Usa tecnología i. Experiencia uso tecnología j. Frecuencia de uso 	Alwahaishi y Václav (2013) y Mora <i>et al.</i> (2012)
Psicosociales	<ul style="list-style-type: none"> Percepción de usabilidad de tecnología Facilidad de uso Expectativas de desempeño de la tecnología Expectativas de esfuerzo Influencia del entorno Beneficios percibidos Riesgos privados percibidos Congruencia funcional con objetivos Prestigio percibido Motivación Interés Auto-eficacia 	Davis (1989); Higgins <i>et al.</i> (2017); Jenkins <i>et al.</i> (2011); Abdullah y Ward (2016); Naspetti <i>et al.</i> (2017)

Fuente: elaboración propia, 2022. Source: own elaboration, 2022.

Discusión

La mayor parte de los estudios de adopción tecnológica se han centrado en los aspectos psicosociales de adoptadores de tecnología, como el Modelo TAM y posteriores actualizaciones o desarrollos. Sin embargo, la revisión crítica de literatura permitió enriquecer la perspectiva para sistemas de producción agroalimentaria, identificando cincuenta variables que inciden en los procesos de adopción de tecnologías en el sector, las cuales han sido agrupados en seis dimensiones: sociodemográfica; productiva; incentivos y mecanismos financieros; culturales; capacidad de innovación, y psicosociales. Tal propuesta es coherente con algunas aproximaciones críticas (Chuttur, 2009) a los estudios de adopción tecnológica que indican la necesidad de desarrollar nuevos modelos de adopción tecnológica a partir del enriquecimiento de variables y dimensiones. El presente trabajo integró también estudios de adopción con la perspectiva cultural presentada en la dimensión correspondiente. Al respecto, se sugiere también discutir teórica y conceptualmente los estudios de adopción tecnológica con una perspectiva socio-técnica, en la medida en que el proceso de adopción tecnológica puede ser concebido como parte de entramados de agenciamientos socio-técnicos.

En términos metodológicos, la técnica más utilizada en los estudios empíricos de adopción tecnológica corresponde a la aplicación de cuestionarios estructurados (encuesta tipo Likert), a muestras que van desde aproximadamente 100 a más de 300 unidades, referidas tanto a empresas/usuarios de tecnología como consumidores finales. La explicación de un uso masificado de este tipo de técnicas reside en la influencia que tuvo el instrumento desarrollado primeramente en Davis (1989) y sus actualizaciones posteriores. Consecuentemente, eso ha originado que el tratamiento y análisis de la información recopilada sea principalmente de carácter cuantitativo, notándose la necesidad de revisar las técnicas y metodología, tal como es planteado por Sánchez *et al.* (2013).

Profundizar en futuros estudios de adopción tecnológica en sistemas agroalimentarios también requeriría pensar no solamente en las percepciones de productores, sino además en movimientos socioambientales, tanto de ciudadanos como de consumidores, que demandan mejor trazabilidad, protección del medioambiente y calidad del producto.

Por otra parte, los estudios aplicados al sector agroalimentario revisados refieren a la adopción tanto de buenas prácticas y técnicas como de tecnologías, encontrándose una cantidad importante de estudios empíricos en diferentes países y regiones del mundo (Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda, Burkina Faso, Uganda, Mozambique, Irán, China, México, Brasil, Chile, Colombia, Uruguay, y diferentes países de la Unión Europea como Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Italia, Reino Unido y Grecia). Dichos estudios empíricos han analizado la realidad diferentes tamaños empresariales y/o sistemas de producción, que van desde la agricultura familiar campesina a la de empresas pequeñas, medianas y grandes.

Sin embargo, a pesar de que diversos autores (Klerkx y Rose, 2019; Lajoie-O'Malley *et al.* 2020) plantean que existe un potencial y tendencia de los sistemas de producción agroalimentaria hacia la adopción de tecnologías digitales, robotización o inteligencia artificial, aún no se han desarrollado suficientes investigaciones empíricas relativas a la adopción de tecnologías de tales características en el sector productivo mencionado.

Conclusiones

En primer lugar, se advierte la insuficiencia de estudios empíricos de adopción tecnológica referidos a tecnologías digitales —tales como inteligencia artificial, robótica o big data— en el eslabón primario de los sistemas de producción agroalimentarios. Consecuentemente, se sugiere avanzar en investigaciones que generen conocimiento acerca de adopción e impacto de estas tecnologías, entre otras cosas, porque se prevé que aumentará su adopción en los procesos productivos agroalimentarios.

En segundo lugar, resulta necesario complementar y complejizar el enfoque psicosocial centrado en individuos. De esta manera, nos hacemos cargo de componentes que van más allá de la percepción de quienes adoptan tecnologías, pues comprenden aspectos territoriales, socioculturales, sistémicos y estructurales, tanto internos como externos, a las empresas adoptantes. Asimismo, se evidencia la necesidad de combinar estas dimensiones con elementos propios del proceso productivo agroalimentario.

Ambos puntos señalados en los párrafos anteriores permitirían trazar una agenda de investigación robusta en torno al fenómeno de la adopción de tecnologías, que dé pie para generar conocimiento a partir de análisis de casos, discusiones teóricas y conceptuales, así como técnico-metodológicas, en torno al proceso/fenómeno de adopción de tecnologías.

En tercer lugar, dada la complejidad de dimensiones y variables del proceso de adopción tecnológica, es evidente la necesidad de combinar enfoques teórico-conceptuales con estrategias metodológicas cuantitativas y cualitativas, que involucren la percepción de desarrolladores, empresas proveedoras y de servicios de extensionismo, así como de las empresas usuarias de tecnologías y consumidores finales. En cuarto lugar, la utilidad de estudios de estas características no solo entrega información acerca de nuevas tecnologías, sino que también mejora la comprensión del fenómeno de adopción tecnológica, con lo cual se espera incrementar la eficacia de los servicios de transferencia y gestión tecnológica, vinculación entre universidades y centros de I+D con el sector productivo, así como servicios de asesoría, extensionismo y políticas públicas orientadas a la adopción, apropiación y difusión tecnológica en los sistemas de producción en el sector agroalimentario.

Con lo anterior, el artículo contribuye a un entendimiento del fenómeno con miras a una mejora de la eficacia en los procesos de gestión asociados a la adopción de tecnologías en sistemas de producción agroalimentaria por parte de los diferentes eslabones de su cadena de valor productiva.

Bibliografía

- Abdullah, F. y Ward, R. (2016). “Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by Analysing Commonly Used External Factors”. *Computers in Human Behavior* 56: 238-256. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.036>
- Alwahaishi, S. y Václav, S. (2013). “Consumers’ Acceptance and Use of Information and Communications Technology: A UTAUT and Flow Based Theoretical Model”. *Journal of Technology Management and Innovation* 8(2): 61-73.
DOI <https://doi.org/10.4067/s0718-27242013000200005>
- Arellanes P. y Lee, D. (2003). “The Determinants of Adoption of Sustainable Agriculture Technologie: Evidence from the Hillsides of Honduras”. En *25th Conference of Agricultural Economists*. Durban, 16 a 22 de agosto 2003: 693-699.
- Bianco, M. (2014). “Evaluación social de tecnologías: algunas evidencias de impacto en la lechería uruguaya”. *Agrociencia Uruguay* 18(1): 141-152.
- Chen, C.; Zhang, J. y Delaurentis, T. (2014). “Quality Control in Food Supply Chain Management: An Analytical Model and Case Study of the Adulterated Milk Incident in China”. *International Journal of Production Economics* 152(C): 188-199.
DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.016>

- Chuttur, MY. (2009). “Overview of the Technology Acceptance Model: Origins, Developments and Future Directions”. *All Sprouts Content* 290: 9-37.
- Davis, F. (1989). “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information”. *MIS QUARTERLY* 13(3): 319-340. DOI <https://doi.org/10.2307/249008>
- De Baerdemaeker, J. (2013). “Precision Agriculture Technology and Robotics for Good Agricultural Practices”. *IFAC Proceedings Volumes* 46: 1-4.
DOI <https://doi.org/10.3182/20130327-3-jp-3017.00003>
- de Mello, M.; Meirelles de Souza, H.; Carrer, M.; Barioni, W. y Ribas, F. (2016). “Complementarity in the Adoption of Traceability of Beef Cattle in Brazil”. *Production* 3: 540-550. DOI <https://doi.org/10.1590/0103-6513.193615>
- Ding, H.; Fu, Y.; Zheng, L. y Yan, Z. (2019). “Determinants of the Competitive Advantage of Dairy Supply Chains: Evidence from the Chinese Dairy Industry”. *International Journal of Production Economics* 209(C): 360-373. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.02.013>
- Fernández, K.; Vallejo, A. y McAnally, L. (2015). “Apropiación tecnológica: una visión desde los modelos y las teorías que la explican”. *Perspectiva Educativa, Formación de Profesores* 54(2): 109-125. DOI <https://doi.org/10.4151/07189729-vol.54-iss.2-art.331>
- Griliches, Z. (1992). “The Search for R&D Spillovers”. *Scand. J. of Economics* 94: 29-47.
- Higgins, V.; Bryants, M.; Howell, A. y Battersby, J. (2017). “Ordering Adoption: Materiality, Knowledge and Farmer Engagement with Precision Agriculture Technologies”. *Journal of Rural Studies* 55: 193-202. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.08.011>
- Hosseinfarhangi, M.; Turvani, M.; Van der Valk, A. y Carsjens, G. (2019). “Technology-Driven Transition in Urban Food Production Practices: A Case Study of Shanghai”. *Sustainability* 11(21): 6070. DOI <https://doi.org/10.3390/su11216070>
- Jenkins, A.; Velandia, M.; Lambert, D.; Roberts, R.; Larson, J.; English, B. y Martin, S. (2011). “Factors Influencing the Selection of Precision Farming Information Sources by Cotton Producers”. *Agricultural and Resource Economics Review* 40/2: 307-320.
DOI <https://doi.org/10.1017/s106828050000808x>
- Klerkx, L. y Rose, D. (2019). “A Review of Social Science on Digital Agriculture, Smart Farming and Agriculture 4.0: New Contributions and a Future Research Agenda”. *NJAS – Wageningen Journal of Life Science* 90-91: 100315.
DOI <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Kutter, T.; Tiemann, S.; Siebert, R. y Fountas, S. (2009). “The role of Communication and Co-Operation in the Adoption of Precision Farming”. *Precision Agriculture* 12(1): 2-17.
DOI <https://doi.org/10.1007/s11119-009-9150-0>

- Lajoie-O'Malley, A.; Bronson, K.; van der Burg, S. y Klerkx, L. (2020). "The Future(s) of Digital Agriculture and Sustainable Food Systems: An Analysis of High-Level Policy Documents". *Ecosystem Services* 45: 101183.
DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101183>
- Li, W. Li, Y.; Yang, W.; Zhang, G.; Wei, D.; Li, W.; Hitchman, G. y Quiu, J. (2015). "Brain Structures and Functional Connectivity Associated with Individual Differences in Internet Tendency in Healthy Young Adults". *Neuropsychologia* 70: 134-144
DOI <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.019>
- Mansfield, E. (1963). "Size of Firm, Market Structure, and Innovation". *Journal of Political Economy* 71(6): 556-576. DOI <https://doi.org/10.1086/258815>
- Mora, M.; Lerdon, J.; Torralbo, L.; Salazar, J.; Boza, S. y Vásquez, R. (2012). "Definición de las brechas en el uso de las TIC's para la innovación productiva en pymes del sector pecuario chileno". *J. Technol. Manag. Innov.* 7(2): 171-182.
DOI <https://doi.org/10.4067/s0718-27242012000200014>
- Moreno, M. (2014). "Las formas de organización y gestión en empresas agropecuarias pampeanas: estudio de caso de grandes unidades en el noroeste de la provincia de Buenos Aires". *Revista Pilquen* 17(2): 1-13.
- Naspetti, S.; Mandolesi, S.; Buysse, J.; Latvala, T.; Nicholas, P.; Padel, S. y 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. DOI <https://doi.org/10.3390/su9101805>
- Pappa, I.; Iliopoulos, C. y Massouras, T. (2018). "What Determines the Acceptance and Use of Electronic Traceability Systems in Agri-Food Supply Chains?". *Journal of Rural Studies* 58: 123-135. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.01.001>
- Rodríguez, H.; Ramírez, C. y Restrepo, F. (2015). "Factores que influyen en la adopción de tecnologías de gestión de producción lechera". *Temas Agrarios* 20(1): 34-44.
DOI <https://doi.org/10.21897/rta.v20i1.746>
- Rosenberg, N. (1972). "Factors Affecting the Diffusion of Technology". *Explorations in Economic History* 10(1): 3-33. DOI [https://doi.org/10.1016/0014-4983\(72\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0014-4983(72)90001-0)
- Sánchez, B.; Zegbe, J. y Rumayor, A. (2013). "Propuesta para evaluar el proceso de adopción de innovaciones tecnológicas". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(6): 855-868.
DOI <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1154>
- Ugochukwu, A. y Phillips, P. (2018). "Technology Adoption by Agricultural Producers: A Review of the Literature". En Kalaitzandonakes, N.; Carayannis, E.; Grigoroudis, E. y Rozakis, S. (eds.). *From Agriscience to Agribusiness*. Nueva York, Springer: 361-377.
- Vélez, I.; Espinosa, G.; Omaña, S.; González, O. y Quiroz, V. (2013). "Adopción de Tecnología en Unidades de Producción de Lechería Familiar en Guanajato, México". *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 3: 88-96.

- Venkatesh, V. y Davis, F. (2000). “A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies”. *Management Science* 46(2): 186-204.
DOI <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Wilkis, A. (2014). “Sociología del crédito y economía de las clases populares”. *Revista mexicana de sociología* 76(2): 225-252.
- Yong, L. (2004). “Modelo de aceptación tecnológica (TAM) para determinar los efectos de las dimensiones de cultura nacional en la aceptación de las TIC”. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIO TAM* 14(1): 131-171.