

Economía y desarrollo rural

Artículo de investigación científica y tecnológica

Medición de las capacidades tecnológicas para la innovación en los sistemas de conocimiento e innovación agrícola

 Santiago Quintero¹,  Walter Ruiz-Castañeda²,  Santiago Cubillos Jiménez^{1*},
 Bibiana Marcela Marín Sánchez¹,  Diana P. Giraldo¹,  Lina M. Vélez Acosta¹

¹Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.

²Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

*Autor de correspondencia: Universidad Pontificia Bolivariana. Grupo de Investigaciones Agroindustriales.
Circular 1 #70-01, Bloque 11, Medellín, Colombia. scubillosj@gmail.com

Editor temático: Jose María Martínez Rioja (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]).

Recibido: 30 de marzo de 2020

Aprobado: 09 de septiembre de 2020

Publicado: 05 de abril de 2021

Para citar este artículo: Quintero, S., Ruiz-Castañeda, W. L., Cubillos Jiménez, S., Marín Sánchez, B. M., Giraldo, D. P., & Vélez Acosta, L. M. (2021). Medición de las capacidades tecnológicas para la innovación en los sistemas de conocimiento e innovación agrícola. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), e1896. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1896



Resumen

Las funciones de generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología en los sistemas de innovación están asociadas a las capacidades tecnológicas para la innovación (TICs, por su sigla en inglés), las cuales juegan un papel fundamental en el desempeño innovador de los sistemas de conocimiento e innovación agrícola (AKIS, por su sigla en inglés). No obstante, las metodologías actuales no exhiben perspectivas que faciliten la comprensión dinámica y organizacional de las TICs, lo que dificulta la comprensión de dichos sistemas. Este artículo presenta una propuesta metodológica para medir el nivel de las TICs al asociarlas a un modelo de comportamiento organizacional para aplicarlo en una muestra de 256 organizaciones del AKIS del café y 74 organizaciones del AKIS del aguacate en el departamento de Antioquia (Colombia). Los resultados confirman que la medición del nivel de las TICs y de sus variaciones dinámicas en el tiempo permite mejorar la comprensión de los procesos de innovación y evaluar e identificar las brechas existentes entre las TICs y las funciones de innovación de estos sistemas.

Palabras clave: aguacate, café, capacidades tecnológicas para la innovación, funciones de innovación, sistemas de innovación

Measurement technological innovation capabilities in agriculture knowledge and innovation systems

Abstract

Innovation systems' knowledge and technology generation, diffusion and use functions are associated with technological innovation capabilities (TICs). TICs play a crucial role in the innovating performance of agricultural knowledge and innovation systems (AKISs). Yet, the perspectives of current methods do not facilitate a dynamical and organizational understanding of TICs and, thus, innovation systems. This paper proposes a method that relates TICs to an organizational behavior model to measure the TIC level. We apply the method through a survey of 256 coffee AKIS firms and 74 avocado AKIS firms in Antioquia, Colombia. The results presented confirm that the measurement of TIC levels and their dynamics over time provides a better understanding of innovation processes to evaluate and identify existing gaps between TICs and these systems' innovation functions.

Keywords: avocado, coffee, innovation functions, innovation systems, technological innovation capabilities

Introducción

Según la literatura especializada, las cadenas de producción agrícola (APC, por su sigla en inglés) son entidades enlazadas que crean valor como fuente de ventaja competitiva (Hernández & Pedersen, 2017) y se caracterizan por generar vínculos entre las empresas con cualidades distintivas, las cuales crean nuevos conocimientos que son fundamentales para enfrentarse a entornos cambiantes. De acuerdo con estas características, las APC se comportan como un sistema de conocimiento e innovación agrícola (AKIS, por su sigla en inglés), definido como un conjunto de organizaciones con vínculos e interacciones entre ellas, dedicadas a la generación, transformación, transmisión, integración, difusión y utilización de conocimientos para la resolución de problemas y la innovación (Islam, 2010; Röling & Engel, 1990). Los AKIS desempeñan un papel fundamental en la agricultura, ya que ostentan un alto potencial económico y social a través de la generación de nuevos conocimientos y mercados (Pietrobelli & Rabelotti, 2011).

Por su carácter organizacional y sistémico, los AKIS pueden ser abordados desde la perspectiva de los sistemas de innovación (Edquist, 1997), los cuales están conformados por una red de instituciones públicas y privadas cuyas actividades e interacciones contribuyen, a través de sus funciones de innovación de generación, difusión y uso de conocimiento, a impulsar los procesos de innovación y aprendizaje interactivo. Esto propicia la evolución del sistema mediante la acumulación de las capacidades (Quintero et al., 2017; Quintero & Giraldo, 2018), con el fin de satisfacer las necesidades del entorno competitivo y mejorar el desempeño innovador (Freeman, 1987). Las capacidades son las habilidades que posee un actor para hacer uso de los recursos en la realización de alguna actividad (Hafeez et al., 2002); por tanto, permiten caracterizar y diferenciar las firmas de cualquier sistema y conocer sus roles, relaciones y patrones de aprendizaje para establecer políticas y estrategias que mejoren su desempeño.

Los AKIS son reconocidos por descubrir y difundir nuevos conocimientos y tecnologías que mejoran la producción agrícola, la cual exige una integración de sus organizaciones cada vez mayor para hacer frente a entornos competitivos cambiantes (Boyaci & Yildiz, 2017). Para cumplir con este objetivo, se deben fortalecer sus funciones de innovación de generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología, a través de la acumulación de capacidades tecnológicas para la innovación (TICs, por su sigla en inglés) producidas en procesos de aprendizaje interactivo, los cuales influyen en su desempeño (Ruiz et al., 2016).

Las funciones habilitadoras de los sistemas de innovación son esenciales para identificar los roles y las relaciones de las empresas (Carlsson et al., 2002) y para definir los patrones de acumulación de capacidades producto de la interacción entre agentes relacionados en los ciclos de exploración, explotación (Gilsing & Nooteboom, 2006) e intermediación (Klerkx & Leeuwis, 2009). Las capacidades son las características integrales en una organización que facilitan y respaldan sus estrategias de innovación tecnológica (Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004); además, son consideradas fundamentales para que una organización consolide la innovación (Serrano et al., 2017) y logre la competitividad estratégica (Conner, 1991; Penrose, 1959). Estas capacidades corresponden a las TICs, que se asocian con las funciones habilitadoras del sistema de innovación así: las capacidades de investigación y desarrollo con la función de generación de conocimiento y tecnología; las capacidades de difusión y vinculación con la función de difusión de conocimiento y tecnología, y las capacidades de apropiación para la producción y mercadeo de innovación con la función de uso de conocimiento y tecnología.

Desde esta perspectiva, las empresas más innovadoras se caracterizan por tener sistemas de aprendizaje colectivo altamente efectivos (Doloreux & Parto, 2005; Tushman & Nadler, 1986), que posibilitan la acumulación de las capacidades. Una capacidad involucra el conocimiento, la experiencia y las habilidades de la organización (Richardson, 1972), aspectos importantes para que esta construya una ventaja competitiva (Baden-Fuller, 1995) a través de la gestión para la innovación, la cual se realiza mediante directrices corporativas y personas (Nadler & Tushman, 1980).

Las organizaciones son efectivas si sus componentes se estructuran y administran de manera consistente mediante la aplicación de estrategias coherentes y de acuerdo con el entorno en que compiten. Además, deben exhibir congruencia entre las partes que las componen y las actividades necesarias para la implementación de la estrategia. Según la teoría contingente de las empresas, desarrollada por Nadler y Tushman (1997), una adecuada gestión para la innovación requiere una búsqueda constante de la congruencia de las partes que la componen, lo que permite el diseño y la conformación de una firma competitiva.

Desde esta perspectiva, la medición de las TICs debería concebirse como un sistema organizacional que posibilite el cumplimiento de los objetivos para la innovación trazados en la organización. Esto implicaría que, para cada capacidad, es necesario construir una organización congruente en todas sus dimensiones; por ejemplo, para medir la capacidad de investigación, será necesario analizar sus cuatro elementos: formales (*f*), informales (*i*), tecnológicos (*t*) y humanos (*h*) (figura 1).

Comprender los elementos que generan ventajas competitivas en los sistemas sectoriales de innovación localizada (Chang & Chen, 2004), como algunos AKIS, está estrechamente relacionado con las funciones de innovación asociadas a las TICs y requiere de un análisis desde una perspectiva integral. Esto resulta necesario para comprender e identificar los fenómenos que obstaculizan la innovación, las brechas que no permiten internalizar los cambios estructurales y sistémicos y que derivan en una baja adopción de tecnologías (Kuijpers & Swinnen, 2016). Algunos autores señalan que las metodologías de medición existentes no permiten comprender el carácter dinámico y sistémico de las capacidades, dado que carecen de integración de variables, no tienen en cuenta características de las empresas como el tamaño y la ubicación geográfica, y caracterizan los tipos de firmas desde un enfoque lineal y estático, como ocurre en la literatura de la innovación organizacional (Camisón & Villar-López, 2014; Robledo et al., 2010; Sher & Yang, 2005; Wang et al., 2008; Yam et al., 2004). La medición de las TICs en los AKIS contribuirá a diagnosticar el estado actual de las TICs y las brechas tecnológicas existentes en el sistema, lo que puede evidenciar las dificultades para el establecimiento de redes a nivel local, la transferencia de conocimiento entre los agricultores y los demás actores del sistema (Labarthe & Moumouni, 2008; Nagel & Von der Heiden, 2004; Nieuwenhuis, 2002), la exploración de conocimiento externo y la combinación de habilidades y rutinas (Gielen et al., 2003; Klerkx et al., 2012).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio fue medir las TICs de los AKIS de aguacate y de café. Para ello, se realizó un muestreo estratificado de 254 organizaciones en el Sistema de Conocimiento e Innovación Agrícola del Café (CAKIS, por su sigla en inglés) y 74 organizaciones en el Sistema de Conocimiento e Innovación Agrícola del Aguacate (AAKIS, por su sigla en inglés) en el

departamento de Antioquia (Colombia), mediante un sistema de variables que asocia las TICs a un modelo de comportamiento organizacional propuesto por Nadler y Tushman (1980, 1997).

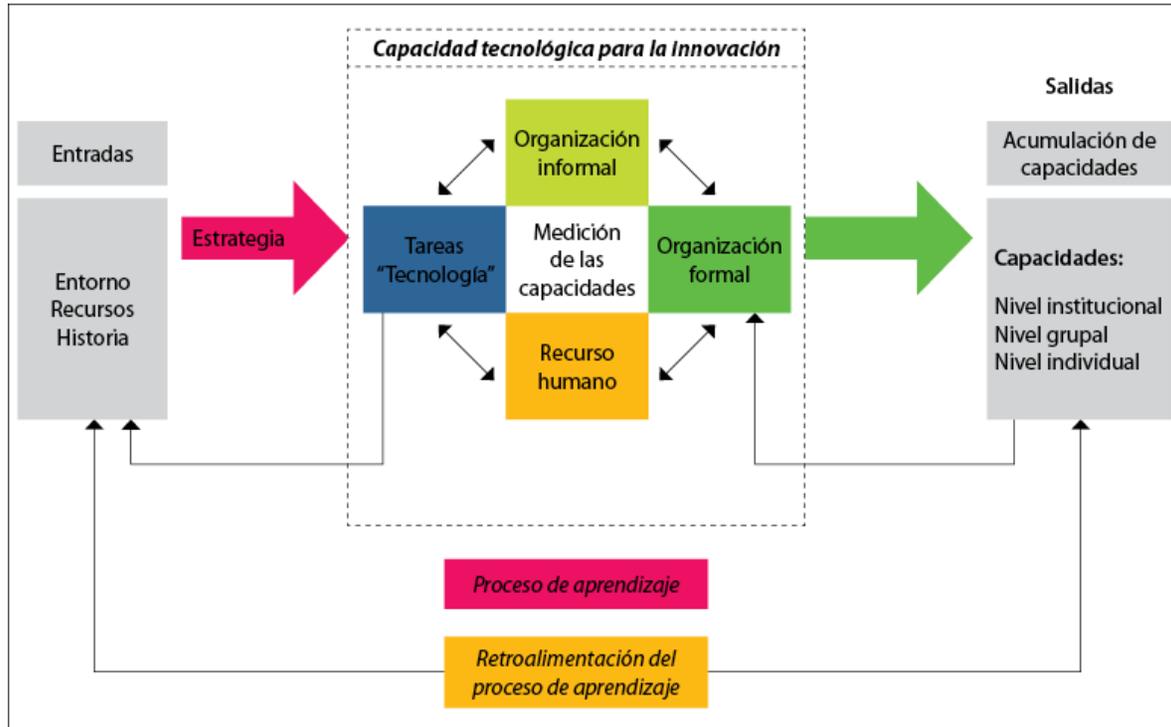


Figura 1. Modelo de comportamiento organizacional.

Fuente: Adaptada de Nadler y Tushman (1997)

Las hipótesis de estudio fueron las siguientes: a) asociar las TICs con las dimensiones de un modelo de comportamiento organizacional, facilitará desarrollar un sistema de variables que permita medir los niveles de las TICs relacionadas a las funciones de innovación de las firmas en los AKIS; b) la medición del nivel de las TICs y sus variaciones dinámicas en el tiempo, facilitan la comprensión de los procesos de innovación en los AKIS, a partir de la identificación de las brechas existentes entre los niveles de las TICs y las funciones habilitadoras de un sistema de innovación (generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología); y c) existe una fuerte correlación entre las funciones habilitadoras (generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología) en el AAKIS y el CAKIS.

Materiales y métodos

La metodología utilizada para medir las TICs en los AKIS estudiados comprendió cuatro etapas (figura 2). En la primera etapa, se construyó el sistema de variables con el fin de identificar la información más relevante sobre las TICs de las firmas que componen el AAKIS y el CAKIS, con base en la relación

existente entre las TICs y las dimensiones del modelo de la propuesta de Nadler y Tushman (1997). Para cuantificar cada una de las TICs, se utilizó la escala Likert (Robledo et al., 2010; Wang et al., 2008; Yam et al., 2004). Las capacidades se clasificaron según las categorías propuestas por Lall (1992, 2001) en avanzadas, intermedias y básicas.

La segunda etapa consistió en validar el sistema de variables y la métrica utilizada por medio de la prueba alfa de Cronbach, junto con la validación de expertos, a fin de examinar la solidez conceptual, teórica y procedimental de la propuesta y la factibilidad de obtener resultados exitosos.

La tercera etapa consistió en recolectar los datos para medir el nivel de las TICs en el AAKIS y el CAKIS analizados. Para ello, se construyó un instrumento y se realizó una búsqueda de fuentes primarias por medio de entrevistas con las firmas más representativas de los AKIS. Además, se utilizaron fuentes secundarias de información estructurada en bases de datos científicas especializadas, para identificar las relaciones entre los actores que conforman cada uno de los sistemas. Luego, se aplicó el sistema de variables a través de encuestas semiestructuradas definidas por muestreo estratificado para poblaciones finitas a las firmas que componen el CAKIS y el AAKIS. Posteriormente, se analizaron cuantitativamente los niveles de las TICs. La muestra se determinó teniendo en cuenta los actores que conforman los eslabones de las cadenas de producción agrícola de aguacate y café, y las instituciones públicas y privadas que se relacionan con los sistemas.

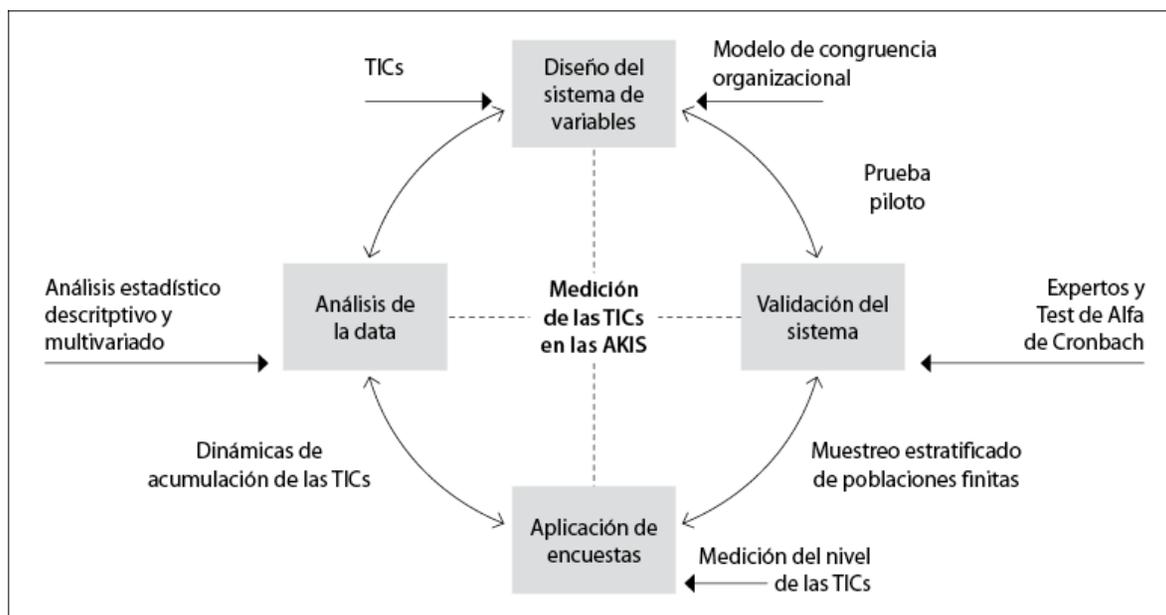


Figura 2. Metodología para la medición de las TICs en los AKIS.

Fuente: Elaboración propia

Por último, en la cuarta etapa se realizó el análisis estadístico descriptivo y multivariado de los datos recolectados. El análisis multivariado se hizo mediante el coeficiente de correlación de Pearson, un índice que mide la fuerza de la relación lineal entre las variables evaluadas. Los análisis estadísticos permitieron

identificar las características de las firmas que componen los AKIS en estudio, a partir de la evolución y la acumulación de las TICs en los periodos observados. Asimismo, fue posible determinar cuáles TICs han exhibido un pobre desarrollo de acumulación o desacumulación.

Resultados y discusión

Como resultado de esta investigación, se diseñó un sistema de variables para medir las TICs en el CAKIS y el AAKIS. A partir de este sistema, se analizaron los cambios en la acumulación o desacumulación de las TICs en los años 2008, 2013 y 2018.

Diseño del sistema de variables

Para estimar las TICs de las firmas que componen el AAKIS y el CAKIS en Antioquia, se diseñó un sistema de variables que asoció las TICs al modelo de comportamiento organizacional. Una implicación importante de la hipótesis de congruencia es que para el diagnóstico de problemas organizacionales es necesario describir el sistema, identificar los problemas y determinar las causas, a fin de desarrollar configuraciones entre los componentes claves para obtener la mejor congruencia en la organización (Nadler & Tushman, 1980).

Desde esta perspectiva, las firmas con capacidad de mercadear innovaciones, por ejemplo, tendrán que desarrollar una estrategia conjunta con sus sistemas tecnológicos (tareas/tecnología), sus recursos humanos (personal) y su organización formal e informal, para mercadear sus nuevos productos o servicios y alcanzar los objetivos de innovación propuestos por la firma. Este razonamiento se empleó para cada una de las TICs medidas en los AKIS estudiados.

El sistema de variables se alimentó con las características más representativas (tamaño, ubicación, relacionamiento, etc.) de las firmas, lo que permitió clasificarlas y caracterizarlas según su función de innovación en generación, difusión o uso. Posteriormente, se evaluó cada TICs desde las dimensiones organizacionales. El sistema contó con 59 variables distribuidas de las siguientes dimensiones: 22 preguntas en organización formal, 13 en organización informal, 13 en recurso humano y 11 en tecnología. La encuesta (tabla 1) y la recolección de los datos se realizaron en tres momentos específicos (2008, 2013 y 2018) y utilizaron la escala de Likert.

Tabla 1. Preguntas del sistema de variables

N.º	Pregunta
1	¿El actor presenta un proceso para la gestión de la investigación?
2	¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de investigación/desarrollo/difusión/vinculación/apropiación/mercadeo?
3	¿Qué porcentaje de las ventas invierte el actor en investigación?
4	¿El actor utiliza metodologías para transferir su conocimiento?
5	¿Qué tipo de contrato de colaboración utiliza para vincularse con otros actores del sistema?
6	¿La organización tiene algún método para el análisis del seguimiento de la producción de los nuevos productos y servicios?
7	¿Cuál ha sido la participación en las ventas de nuevos productos en la organización?
8	¿Se tiene una cultura creativa que incentive las nuevas ideas?
9	¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la formulación de proyectos?
10	¿Cuántos años de experiencia en área de investigación/desarrollo/difusión/vinculación/apropiación/mercadeo tiene el actor?
11	¿Cuál es el nivel de formación de los empleados?
12	¿La organización cuenta con herramientas y técnicas para gestionar el desarrollo de los nuevos productos o servicios?
13	¿El actor adquiere capital (conocimiento y tecnología) externo?
14	Para el desarrollo de nuevos productos o servicios, ¿con cuáles instituciones u organizaciones se apoya y mantiene constante comunicación?
15	¿Se tiene la tolerancia al riesgo de introducir innovaciones radicales?

Fuente: Elaboración propia

Luego, se relacionaron las variables y las dimensiones con cada capacidad para cuantificar su valor promedio y, mediante una parametrización, estimar su nivel. Los niveles se establecieron entre 0 y 9, según la propuesta de Lall (1992); por ejemplo, las TICs avanzadas corresponden a un valor numérico entre 6-9, las TICs intermedias están entre 3-6 y las TICs básicas entre 0-3. En la tabla 2 se presenta un ejemplo de algunas variables del sistema para la medición de TICs y su relación con los componentes organizacionales.

Tabla 2. Relación entre funciones, TICs y componentes organizacionales

Funciones de innovación	Generación								Difusión								Uso											
	TICs				Investigación				Desarrollo				Difusión				Vinculación				Apropiación				Mercadeo			
	f	i	t	h	f	i	t	h	f	i	t	h	f	i	t	h	f	i	t	h	f	i	t	h	f	i	t	h
Dimensiones organizacionales																												
Estructura organizacional	x					x				x				x				x				x				x		
Método	x					x				x				x				x				x				x		
Disposición al relacionamiento		x				x				x				x				x				x				x		
Experiencia				x				x				x				x				x				x				x
Nivel de formación				x				x				x				x				x				x				x
Herramientas, tecnologías e instrumentos			x				x				x				x				x				x				x	

Nota. *f*: dimensión de organización formal; *i*: dimensión organización informal; *t*: dimensión tecnológica; *h*: dimensión de recurso humano

Fuente: Elaboración propia

Así, se identificó el nivel de cada una de las capacidades de investigación, desarrollo, difusión, vinculación, apropiación y mercadeo, y se determinó la evolución de cada TICs de las firmas estudiadas, para conocer las dinámicas y la conformación de los sistemas evaluados. Los datos recolectados se confrontaron con información general de los AKIS. La prueba alfa de Cronbach arrojó un valor calculado de 0,8 que permite concluir que el sistema de variables es confiable y la escala de medida es aceptable. De esta manera, se puede afirmar que la medición de las TICs relacionadas con las funciones de innovación de los actores que componen los AKIS se facilita mediante un sistema de variables que asocia las TICs con las dimensiones de un modelo de comportamiento organizacional.

Medición del nivel de las TICs en los AKIS

En el AAKIS, el sistema de variables fue aplicado a 74 firmas, con un 95 % de confianza y un porcentaje de error calculado del 10,8 %. Por su parte, en el CAKIS, el sistema se aplicó a 256 firmas, con un 95 % de confianza y un porcentaje de error calculado del 6,7 %. Los primeros hallazgos señalan que, en las firmas del AAKIS, el 73 % de las TICs son básicas, el 17 % son intermedias y el 10 % son avanzadas (figura 3). Además, las TICs presentaron las siguientes variaciones porcentuales en el periodo evaluado: investigación (-6,8 %), desarrollo (-5,80 %), difusión (-1,9 %), vinculación (5,6 %), apropiación (0,4 %) y mercado (-4,3 %).



Figura 3. Medición de las TICs en el AAKIS.

Fuente: Elaboración propia

En las firmas del CAKIS, se notó que las TICs se caracterizan por ser básicas y presentan incrementos poco representativos en los periodos evaluados (figura 4). El incremento porcentual de cada TIC fue: investigación (0,4 %), desarrollo (0 %), difusión (2,0 %), vinculación (3,0 %), apropiación (5,9 %) y mercadeo (2,7 %).



Figura 4. Medición de las TICs en el CAKIS.

Fuente: Elaboración propia

Análisis descriptivo y multivariado de las TICs

Los resultados del análisis descriptivo para cada una de las TICs en el AAKIS y el CAKIS se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Resumen del análisis estadístico de las TICs en el AAKIS y el CAKIS

Medida	Investigación			Desarrollo			Difusión			Vinculación			Apropiación			Mercadeo		
	Año	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013
AAKIS																		
Promedio	1,45	1,14	0,83	1,29	1,00	0,77	2,97	3,11	2,80	3,74	4,47	4,25	2,72	3,07	2,75	1,98	2,05	1,59
Desviación estándar	2,86	2,55	2,31	2,66	2,31	2,06	2,82	2,51	2,36	2,44	1,94	1,78	2,66	2,37	2,31	2,43	2,12	2,01
Coefficiente de variación	197 %	223 %	276 %	206 %	230 %	267 %	95 %	81 %	84 %	65 %	43 %	42 %	98 %	77 %	84 %	123 %	103 %	127 %
CAKIS																		
Promedio	0,13	0,15	0,19	0,13	0,14	0,16	0,82	0,98	1,19	1,08	1,31	1,59	0,81	1,10	1,52	0,15	0,24	0,42
Desviación estándar	0,85	0,97	1,10	0,90	0,94	1,01	1,07	1,15	1,36	1,16	1,24	1,45	1,01	1,10	1,15	0,75	0,94	1,21
Coefficiente de variación	674 %	651 %	594 %	670 %	663 %	618 %	130 %	117 %	114 %	108 %	95 %	91 %	124 %	101 %	75 %	507 %	399 %	285 %

Nota: ninguno de los valores de sesgo estandarizado y curtosis estandarizada se encontraron entre -2 y +2, lo que permite concluir que los datos de la muestra no vienen de una distribución normal.

Fuente: Elaboración propia a partir del *software* Statgraphics Centurion XVI

Se observó un alto coeficiente de variación (tabla 3), lo que refleja una gran dispersión en los datos. Fue necesario mostrar la información en gráficos de caja y bigotes (figuras 5 y 6) para ilustrar el comportamiento de la nube de puntos y detectar los datos atípicos. En las figuras se evidencia que para cada una de las TICs existen varios *outliers*, los cuales representan las firmas de los AKIS con capacidades mucho más avanzadas que el conjunto de datos.

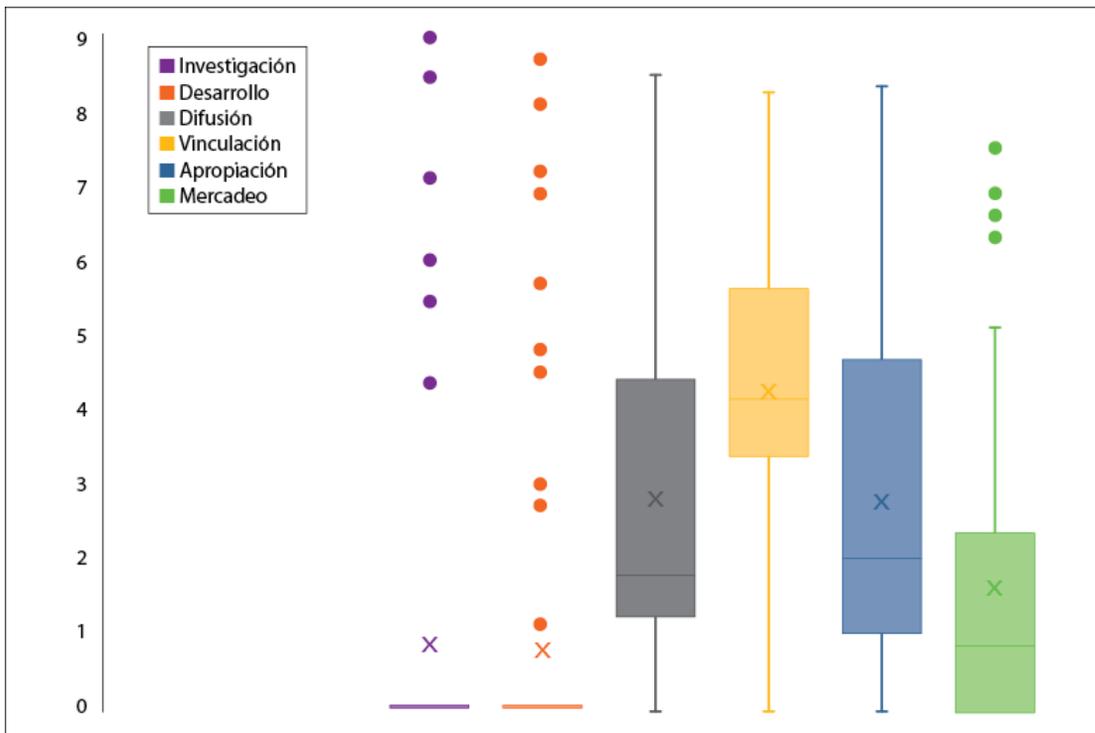


Figura 5. Gráfico de caja y bigotes para las TICs del AAKIS.

Fuente: Elaboración propia

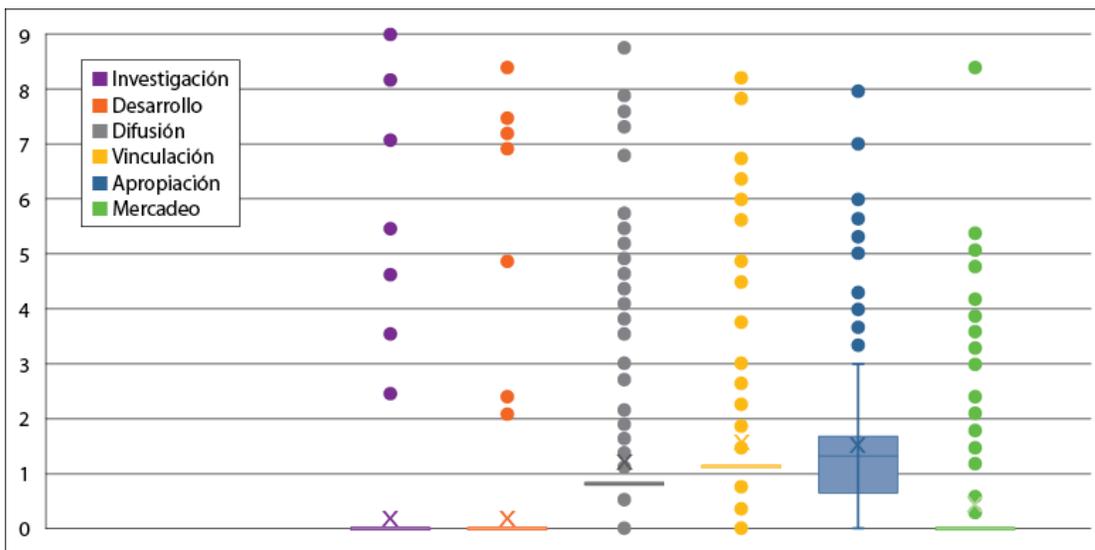


Figura 6. Gráfico de caja y bigotes para las TICs del CAKIS.

Fuente: Elaboración propia

En el análisis descriptivo, las muestras no presentaron un comportamiento de distribución normal, por lo que fue necesario transformar los datos para disminuir la asimetría entre estos y realizar los análisis multivariados de correlación múltiple. El análisis multivariado con el coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide la fuerza de la relación lineal entre las variables. En la tabla 4 se muestra el coeficiente de correlación de Pearson para cada una de las TICs en el AAKIS y el CAKIS.

Se observó que el AAKIS presenta varias relaciones lineales fuertes entre las variables investigación-desarrollo y apropiación-mercadeo. Por el contrario, en el CAKIS existen varias relaciones lineales fuertes entre las variables investigación-desarrollo y difusión-vinculación (tabla 4). Además, se aprecian varias relaciones lineales de grado medio entre difusión-investigación, desarrollo-difusión, mercadeo-difusión y mercadeo-vinculación. No obstante, esta correlación no es lo suficientemente fuerte para concluir con exactitud que las variables son linealmente dependientes entre sí. Existen varias relaciones lineales débiles que no posibilitan la correlación entre las funciones habilitadoras de los AKIS.

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson para las TICs en los AKIS

	AAKIS						CAKIS					
Investigación		0,96	0,52	-0,22	0,26	0,38		0,99	0,59	0,48	0,24	0,34
Desarrollo	0,96		0,54	-0,24	0,21	0,31	0,99		0,58	0,47	0,22	0,32
Difusión	0,52	0,54		0,13	0,27	0,45	0,59	0,58		0,91	0,39	0,61
Vinculación	-0,22	-0,24	0,13		0,06	0,15	0,48	0,47	0,91		0,41	0,71
Apropiación	0,26	0,21	0,27	0,06		0,85	0,24	0,22	0,39	0,41		0,43
Mercadeo	0,38	0,31	0,45	0,15	0,85		0,34	0,32	0,61	0,71	0,43	
	Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercadeo	Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercadeo

Fuente: Elaboración propia a partir de Statgraphics Centurion XVI

Análisis de resultados

Los resultados muestran que las TICs en el AAKIS son básicas con relación a los datos promedio, que no superan el valor de dicho nivel (3), a excepción de la capacidad de vinculación (nivel intermedio). Los cambios en las capacidades de vinculación y mercadeo entre los años 2008 y 2013 permiten inferir que la cadena acumuló tales capacidades debido a la demanda de mercados internacionales, los cuales impulsan

la construcción de nuevas bases de conocimiento complejas e integradas para usar dicho conocimiento de forma estratégica.

Con relación al CAKIS en Antioquia, se evidencia que el sistema está compuesto por una gran cantidad de firmas, más de 79.000, de las cuales alrededor del 97 % son pequeños productores. Esta característica determina el alto porcentaje de agentes con capacidades básicas. Es importante resaltar que en ambos AKIS existen varias firmas (valores *outliers*) —principalmente con capacidades intermedias y avanzadas—, las cuales, a través de la interacción con otros eslabones, buscan realizar procesos de innovación que puedan impactar el desempeño general.

Una característica fundamental de los AKIS estudiados es la importancia de la exportación de productos con altos estándares de calidad para la rentabilidad de sus procesos. En los últimos años, el AAKIS ha tenido un gran potencial de exportación hacia los mercados internacionales, lo que se evidencia en el incremento de la capacidad de mercado en el año 2013. Sin embargo, la acumulación de esta capacidad ha disminuido recientemente. Una de las posibles causas de este detrimento son los problemas en la capacidad de apropiación para la producción. El aumento de áreas sembradas de aguacate en los últimos cuatro años (49 %) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018), asociado al incremento del interés por el establecimiento de este cultivo, evidencia un crecimiento significativo de nuevas firmas con TICs básicas de apropiación para la producción.

En el CAKIS, una de las características más llamativas fue el incremento de la mayoría de las capacidades en el periodo evaluado, con excepción de las capacidades de investigación y desarrollo. Este cambio se atribuye a las políticas implementadas que aumentaron, principalmente, las capacidades de intermediación y explotación en las firmas más pequeñas del CAKIS, ya que, con la ayuda de varias instituciones, se difundió el conocimiento de una oportunidad diferenciada del mercado (café especiales).

No obstante, es importante resaltar que el 82 % de firmas que constituyeron la muestra no realizan labores de mercadeo de sus propios productos, ya que los productores de café no tienen contacto directo con clientes y consumidores. Esto se debe a que una institución y varias comercializadoras privadas son las encargadas de realizar los procesos de exportación. En el año 2016, las empresas privadas exportaron un 61 % del café colombiano, mientras la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) exportó un 39 % (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, s. f.). Su principal destino son las grandes empresas multinacionales de café (Rincón et al., 2016), que llevan a cabo los procesos de transformación del grano.

A partir del análisis multivariado, se identificaron algunas brechas en las interacciones entre las firmas de los AKIS que dificultan el desarrollo de los procesos de aprendizaje tecnológico, y el mejoramiento de la productividad y la competitividad. Al analizar la correlación de las capacidades mediante el coeficiente de Pearson (figura 7), con respecto a las funciones de un sistema de innovación establecido por Carlsson et al. (2002) y Edquist (1997), se puede establecer que el AAKIS presenta una correlación fuerte entre las capacidades de investigación y desarrollo en la función de generación, y entre las capacidades de apropiación y mercadeo en la función de uso. Sin embargo, se evidenció que no hay correlación en la función de difusión dada la baja relación lineal entre la capacidad de vinculación y difusión. Por ser esta

una de las barreras más significativas para la tecnificación de cultivos, se genera una deficiencia en el intercambio de conocimiento y en los procesos de aprendizaje que permiten crear y acumular TICs (Quintero, Marín et al., 2019).

Lo anterior evidencia las limitaciones y debilidades para la apropiación tecnológica en los procesos productivos, logísticos y de mercado, que se reflejan en una fruta que no cumple con los estándares de calidad de los mercados externos debido a pudrición de pedúnculo, residuos de agroquímicos, calidad para la cosmética y daños mecánicos de la fruta que afectan la calidad de la pulpa (Quintero, Ruiz et al., 2019).

Por su parte, en el CAKIS existe una correlación fuerte entre las capacidades de investigación y desarrollo en la función de generación, y entre las capacidades de difusión y vinculación en la función de difusión. Sin embargo, no se evidenció correlación en la función de uso, lo que constituye la brecha más significativa en la conformación del sistema por la baja correlación entre la capacidad de apropiación y mercadeo. Esto demuestra la poca participación de los productores en los procesos de adopción tecnológica para el desarrollo de nuevos productos y procesos. Una de las posibles causas de esta limitación podría ser una barrera técnica (Mojaveri et al., 2011) en los apropiadores, cuyo personal presenta dificultades para introducir tecnologías creadas por fuentes externas.

La baja correlación entre las funciones de generación y la capacidad de apropiación podría deberse a una capacidad insuficiente para plasmar la innovación y el desarrollo en los procesos productivos del café. Este relacionamiento también podría dificultarse por la falta de metodologías para escalar los productos de innovación y desarrollo (Mazurkiewicz & Poteralska, 2017).

Las brechas entre las funciones del AAKIS y del CAKIS pueden clasificarse como barreras de tipo económico y organizacional, las cuales, según Mazurkiewicz y Poteralska (2017), son asimetrías existentes entre el proveedor y el receptor en términos de diferentes características (habilidades, precios, dotaciones, estructura interna, tamaño y experiencia) y conocimiento insuficiente sobre mercados potenciales y consumidores.

Conclusiones

La medición del nivel de las TICs asociadas a los componentes organizacionales descritos por Nadler y Tushman (1980, 1997) en los AKIS permitió identificar las dinámicas de acumulación de capacidades y analizar las brechas entre las TICs y las funciones habilitadoras de los sistemas evaluados. Las dinámicas de acumulación y desacumulación de las TICs en los AKIS presentan un carácter sistémico, dinámico y emergente, por lo cual se dificulta generar políticas efectivas para mejorar el desempeño de los AKIS, ya que se requiere de modelación y simulación para observar su comportamiento con mayor detalle.

Las TICs del AAKIS se clasifican como básicas, con excepción de la capacidad de vinculación, la cual presenta una correlación fuerte con las funciones de generación y uso. Sin embargo, se evidenció que no

hay correlación en la función de difusión, por la baja relación lineal entre las capacidades de vinculación y difusión. Esta es una de las barreras más significativas para la adopción y transferencia de tecnología.

Por otro lado, más del 90 % de las firmas del CAKIS tienen capacidades básicas, lo que dificulta los procesos de adopción y transferencia de tecnología, ya que no satisfacen adecuadamente las necesidades del entorno competitivo. Se evidenció que el 82 % de las organizaciones que constituyen la muestra no realizan labores de mercadeo de sus propios productos. La capacidad básica de apropiación fue la brecha más representativa en los procesos de innovación del CAKIS, ya que no permite la estructuración de la función de uso, lo que genera limitaciones para establecer interacciones eficientes entre las firmas con diferentes funciones en el sistema.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), por la financiación otorgada al proyecto “Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia”, código 111874558593, en el marco del cual se llevó a cabo esta investigación. Igualmente, agradecen a José Fernando Montoya, de la Federación Colombiana de Cafeteros; Alejandro Meneses, de Hass Colombia, y Carlos Mario Valencia Valencia, secretario de Agricultura de Antioquia, por su apoyo para el trabajo de campo en los diferentes municipios del departamento. También agradecen al doctor José Alexandre O. Vera-Cruz, profesor de la Maestría y el Doctorado en Economía y Gestión de la Innovación de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, por su asesoría durante la ejecución del proyecto. Finalmente, los autores agradecen a los productores, caficultores, comercializadores, trilladores y demás actores de los eslabones de las cadenas de aguacate y café, por su apoyo en la recolección de la información de este proyecto.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en el estudio.

Referencias

Baden-Fuller, C. (1995). Strategic innovation, corporate entrepreneurship and matching outside-in to inside-out approaches to strategy research. *British Journal of Management*, 6(S1), S3-S16. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1995.tb00134.x>

- Boyaci, M., & Yildiz, O. (2017). Agricultural knowledge and information system from extension window: the Turkish case. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 54(1), 37-44. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.297945>
- Camisón, C., & Villar-López, A. (2014). Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance. *Journal of Business Research*, 67(1), 2891-2902. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.06.004>
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233-245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Chang, Y., & Chen, M. (2004). Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective. *Technology in Society*, 26(1), 17-37. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2003.10.002>
- Conner, K. R. (1991). A historical comparison of resource-based theory and five schools of thought within industrial organization economics: do we have a new theory of the firm? *Journal of Management*, 17(1), 121-154. <https://doi.org/10.1177/014920639101700109>
- Doloreux, D., & Parto, S. (2005). Regional innovation systems: current discourse and unresolved issues. *Technology in Society*, 27(2), 133-153. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.01.002>
- Edquist, C. (1997). *System of innovation. Technologies, institutions and organisations*. Pinter/Cassell.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. Frances Pinter Publishers.
- Gielen, P. M., Hoeve, A., & Nieuwenhuis, L. F. (2003). Learning entrepreneurs: learning and innovation in small companies. *European Educational Research Journal*, 2(1), 90-106. <https://doi.org/10.2304/eej.2003.2.1.13>
- Gilsing, V., & Nooteboom, B. (2006). Exploration and exploitation in innovation system: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy*, 35(1), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.06.007>
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23(9), 737-747. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5)
- Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *Journal of Production Economics*, 76(1), 39-51. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00141-4)
- Hernández, V., & Pedersen, T. (2017). Global value chain configuration: a review and research agenda. *BRQ Business Research Quarterly*, 20(2), 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.brq.2016.11.001Get>

- Islam, F. (2010). *Institutionalization of agricultural knowledge management system for digital marginalized rural farming community* [Ponencia]. Innovation & Sustainable Development in Agriculture and Food 2010. Montpellier, Francia. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00516458/document>
- Klerkx, L. W., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. En I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming systems research into the 21st Century: the new dynamic* (pp. 457-483). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 849-860. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001>
- Kuijpers, R., & Swinnen, J. (2016). Value chains and technology transfer to agriculture in developing and emerging economies. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(5), 1403-1418. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaw069>
- Labarthe, P., & Moumouni, I. M. (2008). Privatization of extension and collective procedures for the production of knowledge. Lessons from a comparison between South and North. En B. Dedieu, & S. Zasser-Bedoya (Eds.), *Empowerment of the rural actors: a renewal of farming systems perspectives* (pp. 833-843). INRA SAD.
- 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. (2001). *Competitiveness, technology and skills*. Edward Elgar Publishing Limited. <https://doi.org/10.4337/9781781950555>
- Mazurkiewicz, A., & Poteralska, B. (2017). Technology transfer barriers and challenges faced by R&D organisations. *Procedia Engineering*, 182, 457-465. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.134>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *Cadena de aguacate. Indicadores e instrumentos. Agosto 2018*. <https://bit.ly/3kNtUp5>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (s. f.). Banco de Datos de Comercio Exterior – BACEX. Consultado agosto 8, 2018, en <http://servicios.mincit.gov.co/bacex/login.php>
- Mojaveri, H. S., Nosratabadi, H. E., & Farzad, H. (2011). A new model for overcoming technology transfer barriers in Iranian health system. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 2(4), 280-284. <https://dx.doi.org/10.7763/IJTEF.2011.V2.117>
- Nadler, D. A., & Tushman, M. L. (1980). A model for diagnosing organizational behavior. *Organizational Dynamics*, 9(2), 35-51. [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(80\)90039-X](https://doi.org/10.1016/0090-2616(80)90039-X)

- Nadler, D. A., & Tushman, M. L. (1997). *Competing by design: the power of organizational architecture*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195099171.001.0001>
- Nagel, U. J., & Von der Heiden, K. (2004). Germany: privatizing extension in post-socialist agriculture - The case of Brandenburg. En W. Rivera, & G. Alex (Eds.), *Volume 2: Privatization of extension systems: case studies of international initiatives. Agriculture and Rural Development discussion paper No. 9. Extension Reform for Rural Development* (pp. 30-34). World Bank Group. <https://bit.ly/344zTiq>
- Nieuwenhuis, L. F. (2002). Innovation and learning in agriculture. *Journal of European Industrial Training*, 26(6), 283-291. <https://doi.org/10.1108/03090590210431256>
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. John Wiley & Sons.
- Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2011). Global value chains meet innovation systems: are there learning opportunities for developing countries? *World Development*, 39(7), 1261-1269. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.05.013>
- Quintero, S., Marín, B., Cubillos, S., Ruiz, W., & Giraldo, D. (2019). Avocado and coffee supply chains specialization in Colombia. *Procedia Computer Science*, 158, 573-581. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.091>
- Quintero, S., Ruiz, W. L., Giraldo, D. P., Vélez, L. M., Marín, B. M., Cubillos, S., & Cárdenas, A. Y. (2019). *Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia*. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4899>
- Quintero, S., & Giraldo, D. P. (2018). *El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basada en agentes*. Universidad Pontificia Bolivariana. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4487>
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017). Learning in the regional innovation system: An agent based model. *Cuadernos de Administración*, 33(57), 7-20. <https://doi.org/10.25100/cdea.v33i57.4535>
- Richardson, G. (1972). The organisation of industry. *The Economic Journal*, 82(327), 883-896. <https://doi.org/10.2307/2230256>
- Rincón, R., Cuervo, C., & Amado, G. (2016). *PECTLA - Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano. Cadena agroalimentaria del café*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1388>
- Robledo, J., López, C., Zapata, W., & Pérez, J. (2010). Desarrollo de una metodología de evaluación de capacidades de innovación. *Perfil de Coyuntura Económica*, 15, 133-148. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/coyuntura/article/view/7667>

- Röling, N., & Engel, P. (1990). Information technology from a knowledge system perspective: concepts and issues. *Knowledge, Technology and Policy*, 3, 6-18. <https://doi.org/10.1007/BF02824945>
- Ruiz, W. L., Quintero, S., & Robledo, J. (2016). Impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación. *Journal of Technology Management & Innovation*, 11(2), 130-138. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242016000200013>
- Serrano, J., Acevedo, C. A., Castelblanco, J. M., & Arbeláez, J. J. (2017). Measuring organizational capabilities for technological innovation through a fuzzy inference system. *Technology in Society*, 50, 93-109. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.05.005>
- Sher, P., & Yang, P. (2005). The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance: the evidence of Taiwan's semiconductor industry. *Technovation*, 25(1), 33-43. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00068-3)
- Tushman, M., & Nadler, D. (1986). Organizing for innovation. *California Management Review*, 28(3), 74-92. <https://doi.org/10.2307/41165203>
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28(6), 349-363. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>
- Yam, R. C., Guan, J. C., Pun, K. F., & Tang, E. P. (2004). An audit of technological innovation capabilities in Chinese firms: some empirical findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33(8), 1123-1140. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.004>