

# Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias:

## Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia

Santiago Quintero Ramírez  
Walter Lugo Ruiz Castañeda  
Diana Patricia Giraldo Ramírez  
Lina María Vélez Acosta  
Bibiana Marcela Marín Sánchez  
Santiago Cubillos Jiménez  
Angie Yuleima Cárdenas Garcés



Cofinanciado por:



El conocimiento  
es de todos

Colciencias



Universidad  
Pontificia  
Bolivariana



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

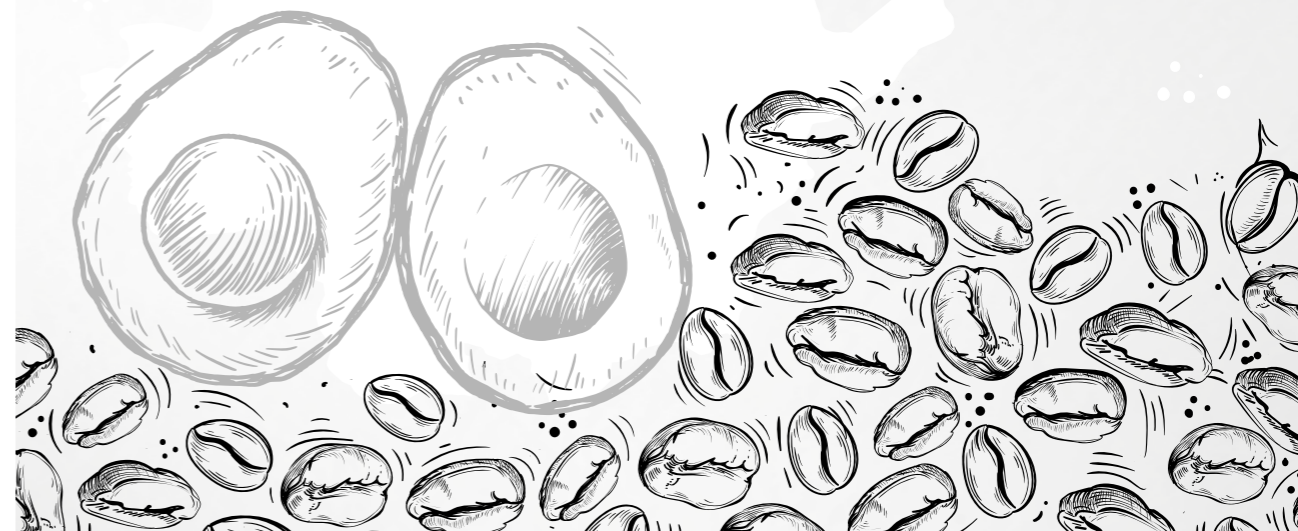
## Reseña de los autores

La presente obra se realizó entre los grupos de investigación de Gestión de la Tecnología e Innovación (GTI) conformado por Santiago Quintero Ramírez, Diana Patricia Giraldo Ramírez, Bibiana Marín Sánchez y Angie Yuleima Garcés; Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN) conformado por Lina María Vélez y Santiago Cubillos Jiménez, ambos grupos pertenecientes a la Universidad Pontificia Bolivariana y por el grupo de Innovación y Gestión Tecnológica integrado por Walter Ruiz Castañeda perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.



# Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia

Santiago Quintero Ramírez  
Walter Lugo Ruiz Castañeda  
Diana Patricia Giraldo Ramírez  
Lina María Vélez Acosta  
Bibiana Marcela Marín Sánchez  
Santiago Cubillos Jiménez  
Angie Yuleima Cárdenas Garcés



Cofinanciado por:



El conocimiento es de todos

Colciencias



Universidad Pontificia Bolivariana



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

338.1  
M689

Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia / Santiago Quintero Ramírez y otros 6 -- Medellín: UPB, Colciencias, Universidad Nacional, 2019  
188 páginas : 19 x 24 cm.  
ISBN: 978-958-764-754-9 / 978-958-764-755-6 (versión digital)

1. Café – Antioquia (Colombia) – Producción – 2. Aguacate – Antioquia (Colombia) – Transferencia de tecnología – I. Quintero Ramírez, Santiago, autor

CO-MdUPB / spa / rda  
SCDD 21 / Cutter-Sanborn

© Santiago Quintero Ramírez      © Walter Lugo Ruiz Castañeda  
© Diana Patricia Giraldo Ramírez      © Lina María Vélez Acosta  
© Bibiana Marcela Marín Sánchez      © Santiago Cubillos Jiménez  
© Angie Yuleima Cárdenas Garcés  
© Universidad Nacional de Colombia  
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana  
Vigilada Mineducación

**Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias:  
Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia**

Primera edición, 2019  
ISBN: 978-958-764-754-9  
ISBN: 978-958-764-755-6 (versión digital)  
DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-755-6>

Escuela de Ingenierías  
Facultad de Ingeniería Industrial  
CIDI. Grupo: Gestión de la Tecnología y la Innovación. Proyecto: Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia. Radicado: 748B-03/17-49

**Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:** Mons. Ricardo Tobón Restrepo  
**Rector General:** Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda  
**Vicerrector Académico:** Álvaro Gómez Fernández  
**Decano de la Escuela de Ingenierías:** Roberto Carlos Hincapié Reyes  
**Directora de la facultad de Ingeniería Industrial y Administrativa:** Diana Rocío Roldán Medina  
**Editor:** Juan Carlos Rodas Montoya  
**Coordinación de Producción:** Ana Milena Gómez Correa  
**Diagramación:** María Isabel Arango Franco  
**Corrector de Estilo:** Mónica Ospina

**Dirección Editorial:**  
Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019  
Correo electrónico: [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)  
[www.upb.edu.co](http://www.upb.edu.co)  
Telefax: (57)(4) 354 4565  
A.A. 56006 - Medellín - Colombia

**Radicado:** 1887-08-08-19

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, 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 la investigación cuyos resultados se reportan aquí. 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 el apoyo crucial para realizar el trabajo de campo en los diferentes municipios del departamento, estableciendo un vínculo entre el proyecto y las realidades, propuestas y expectativas de los empresarios, gremios y entidades públicas comprometidas con la Transferencia de Tecnología en Antioquia. También se hace una mención al doctor José Alexandre O. Vera-Cruz, profesor del programa de maestría y doctorado en Economía y Gestión de la Innovación de la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, quien brindó asesoría durante la ejecución del proyecto; además de los productores, caficultores, comercializadoras, trilladoras y demás personas pertenecientes a los eslabones de ambas cadenas de aguacate y café, que gracias a ellos se pudo obtener datos e información crucial para la realización de este proyecto. Finalmente, los autores envían un agradecimiento especial a los directivos de la Universidad Nacional de Colombia y de la Universidad Pontificia Bolivariana, por su apoyo institucional y el respaldo presupuestal, sin los cuales el proyecto no hubiera sido posible; igualmente, a todas aquellas personas, empresarios, profesores y estudiantes, que generosamente participaron en actividades del proyecto y contribuyeron con sus críticas, comentarios y sugerencias al desarrollo del mismo.

# Tabla de contenido

Lista de figuras.....	9
Lista de tablas.....	11
Resumen .....	13
Introducción.....	17
<b>1. Modelos de transferencia de tecnología.....</b>	<b>27</b>
Introducción.....	27
1.1. Modelos de TT con un enfoque lineal.....	28
1.2. Modelos de TT con un enfoque hacia el aprendizaje.....	30
1.3. Modelos de TT con un enfoque sistémico.....	32
1.4. Referencias .....	35
<b>2. Caracterización de las cadenas productivas de café y de aguacate en Antioquia.....</b>	<b>39</b>
Introducción.....	39
2.2. Caracterización de la cadena productiva del café .....	40
2.3. Caracterización de la cadena productiva del aguacate .....	48
2.4. Caracterización de las CPA de café y de aguacate a partir de las capacidades tecnológicas .....	56
2.5. Referencias .....	66
<b>3. Modelo sistémico de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias .....</b>	<b>73</b>
3.1. Metodología para la construcción de un modelo conceptual .....	75
3.2. Comprensión del fenómeno .....	75
3.3. Soporte teórico del modelo.....	78
3.4. Formulación del modelo.....	81
3.5. Referencias.....	95

<b>4. Verificación y validación del modelo sistémico de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias</b> .....	<b>103</b>
Introducción.....	103
4.1 Metodología para el proceso de validación del modelo sistémico de TT para las CPA.....	104
4.2. Validación del modelo conceptual.....	104
4.3. Verificación del modelo computarizado.....	120
4.4. Validación operacional del modelo.....	130
4.5. Referencias.....	135
<b>5. Análisis de la transferencia tecnológica en las CPA del café y del aguacate mediante escenarios de política</b> .....	<b>141</b>
Introducción.....	141
5.1 Políticas de las cadenas productivas del café y el aguacate en Antioquia.....	142
5.2. Escenarios.....	143
5.3. Análisis estadístico de los escenarios de política a partir de las simulaciones.....	152
5.4. Análisis de los escenarios de política a partir de las simulaciones.....	155
5.5. Referencias.....	162
<b>6. Reflexiones finales</b> .....	<b>165</b>
6.1. Referencias.....	171
<b>Anexo A</b> .....	<b>173</b>
Análisis estadístico de los escenarios de política a partir de las simulaciones.....	171
1. Análisis estadístico de los escenarios de política en la CPA del aguacate.....	174
2. Análisis estadístico de los escenarios de política en la CPA de café.....	182

## Lista de figuras

Figura 2-1. Beneficio húmedo del café.....	43
Figura 2-2. Cadena productiva del café.....	45
Figura 2-3. Etapas del beneficio del aguacate.....	51
Figura 2-4. Cadena productiva de aguacate.....	52
Figura 2-5. Clasificación de las TCI en la CPA de café.....	59
Figura 2-6. Gráfico de caja y bigotes para cada una de las TCI (actualmente).....	60
Figura 2-7. Clasificación de las TCI en la CPA de aguacate.....	62
Figura 2-8. Gráfico de caja y bigotes para cada una de las TCI de la CPA de aguacate (actualmente).....	64
Figura 3-1. Metodología del modelo conceptual.....	76
Figura 3-2. Modelo conceptual.....	87
Figura 3-3. Diagrama de flujo del modelo.....	90
Figura 4-1. Proceso de validación de modelos.....	105
Figura 4-2. Distribución aleatoria magnitudes de las OI en el EC.....	121
Figura 4-3. Asignación aleatoria de VA, volatilidad y tilc de tres OI.....	122
Figura 4-4. Asignación aleatoria de magnitudes del VC y <i>stock de excedentes</i> de tres agentes competidores.....	123
Figura 4-5. Vínculos entre oportunidades de innovación y agentes competidores.....	124
Figura 4-6. Relacionamiento entre agentes competidores para aprovechar una OM usando sus capacidades de innovación.....	125
Figura 4-7. Relacionamiento entre agentes competidores para aprovechar una OT usando sus capacidades de innovación.....	126
Figura 4-8. Número de agentes competidores por cada tipología usando sus capacidades de innovación.....	127
Figura 4-9. Capacidades promedio de los agentes competidores del sistema usando sus capacidades de innovación.....	128

<b>Figura 4-10.</b> Desempeño individual del agente 3 después de 20 períodos.....	129
<b>Figura 4-11.</b> Número de agentes competidores, OM y OT usando sus capacidades de innovación.....	129
<b>Figura 4-12.</b> Desempeño económico del sistema usando sus capacidades de innovación.....	129
<b>Figura 4-13.</b> Número y tipo de vínculo o transacciones del sistema usando sus capacidades de innovación.....	130
<b>Figura 5-1.</b> Escenarios derivados de diferentes combinaciones de parámetros.....	143
<b>Figura 5-2.</b> Agentes vivos en el sistema.....	156
<b>Figura 5-3.</b> Agentes que aprovechan OM.....	156
<b>Figura 5-4.</b> Capacidad de mercado.....	157
<b>Figura 5-5.</b> Acumulación del <i>stock de excedentes</i> .....	158
<b>Figura 5-6.</b> Agentes vivos en el sistema.....	158
<b>Figura 5-7.</b> Agentes que aprovechan OM.....	159
<b>Figura 5-8.</b> Capacidad de investigación.....	160
<b>Figura 5-9.</b> Capacidad de desarrollo.....	160
<b>Figura 5-10.</b> Capacidad de difusión.....	160
<b>Figura 5-11.</b> Capacidad de vinculación.....	160
<b>Figura 5-12.</b> Capacidad de apropiación.....	160
<b>Figura 5-13.</b> Capacidad de mercado.....	160

## Lista de tablas

<b>Tabla 2-1.</b> Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1.000 g de café cereza.....	43
<b>Tabla 2-2.</b> Resumen estadístico de cada una de las TCI en la CPA del café.....	60
<b>Tabla 2-3.</b> Resumen estadístico de cada una de las TCI del CPA del aguacate.....	63
<b>Tabla 3-1.</b> Comparación de los elementos principales de cada modelo.....	83
<b>Tabla 3-2.</b> Asignación de TCI a las funciones de los SI.....	85
<b>Tabla 4-1.</b> Capacidades tecnológicas para la innovación promedio por CPA en el tiempo.....	132
<b>Tabla 4-2.</b> Parametrización de las CPA del café y el aguacate.....	133
<b>Tabla 4-3.</b> Capacidades de innovación promedio por CPA en el tiempo obtenidas a partir de la simulación del modelo construido.....	134
<b>Tabla 4-4.</b> Diferencia entre las capacidades del sistema real y el modelo construido en valor absoluto.....	134
<b>Tabla 5-1.</b> Políticas más relevantes de los últimos 10 años de la CPA del aguacate.....	144
<b>Tabla 5-2.</b> Políticas más relevantes de los últimos 10 años de la CPA del café.....	147
<b>Tabla 5-3.</b> Valores de los parámetros para los tres escenarios.....	153
<b>Tabla 5-4.</b> Análisis de Tukey para las cadenas productivas de aguacate y café.....	154
<b>Tabla A-1.</b> Análisis de ANOVA al stock de excedentes acumulado del sistema en la CPA del aguacate.....	174
<b>Tabla A-2.</b> Análisis de ANOVA de los agentes vivos en la CPA del aguacate.....	175

<b>Tabla A-3.</b> Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OM en la CPA del aguacate.....	176
<b>Tabla A-4.</b> Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OT en la CPA del aguacate.....	176
<b>Tabla A-6.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de desarrollo en la CPA del aguacate.....	178
<b>Tabla A-7.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de difusión en la CPA del aguacate	
<b>Tabla A-8.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de vinculación en la CPA del aguacate.....	179
<b>Tabla A-9.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de apropiación en la CPA del aguacate.....	180
<b>Tabla A-10.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de mercadeo en la CPA del aguacate.....	181
<b>Tabla A-11.</b> Análisis de ANOVA en el <i>stock de excedentes</i> acumulado en la CPA del café.....	182
<b>Tabla A-12.</b> Análisis de ANOVA de los agentes vivos en la CPA del café.....	183
<b>Tabla A-13.</b> Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OM en la CPA del café.....	183
<b>Tabla A-14.</b> Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OT en la CPA del café.....	184
<b>Tabla A-15.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de investigación en la CPA del café.....	185
<b>Tabla A-16.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de desarrollo en la CPA del café.....	186
<b>Tabla A-17.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de difusión en la CPA del café.....	186
<b>Tabla A-18.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de vinculación en la CPA del café.....	187
<b>Tabla A-19.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de apropiación en la CPA del café.....	188
<b>Tabla A-20.</b> Análisis de ANOVA de la capacidad de mercadeo en la CPA del café.....	189

## Resumen

La literatura (Dosi G., 1982; OECD, 1992; Imai & Baba.Y, 1991; Senker & Faulkner, Networks, Tacit Knowledge and Innovation, 1993; Pitt J., 2000; Smith & Sharif, Understanding and acquiring technology assets for global competition, 2007) ha reconocido la dificultad de la transferencia tecnológica (en adelante TT), especialmente por el componente de conocimiento tácito de la tecnología, donde las capacidades de los agentes que están involucrados en el proceso de transferencia son un factor clave para su éxito. El sector agropecuario no ha sido ajeno a esta dificultad, por ejemplo: al identificar la lentitud en la transferencia de tecnologías, así como la necesidad urgente de hacerlo con tecnologías prometedoras para el sector (Velasco-Garcia & Mottram, 2003; Waller P., 1997; Llewellyn R., 2007); al intentar combinar el conocimiento ancestral y las nuevas tecnologías (Fowler & Rockstrom, 2001); al querer utilizar información de los resultados de investigación para producir nuevas variedades de plantas comerciales (Zhang, Creelman, & Zhu, 2004); mejorar la conservación de los productos (McDonald & Sun, 2000; Ozdemir & Floros, 2004); o incluso discutiendo el modelo de transferencia de tecnología utilizado, ya sea de enfoque Top-Down o Bottom-Up (Black A., 2000; Pannel, y otros, 2006; Moore, Severn, & Millar, 2006; Sneddon, Soutar, & Mazzarol, 2011; Hennessy, Heanue, & K, 2012; Coudel, Tonneau, & Rey-Valette, 2011; Kalra R., Anil, Tonts, & Siddique, 2013; Anil, Tonts, & Siddique, 2015).

El carácter del problema de la TT es de tipo organizacional y sistémico y su solución demanda investigaciones socioeconómicas que aporten conocimiento sobre los agentes de las cadenas pro-

ductivas agrícolas (en adelante CPA), sus estrategias y reglas para tomar decisiones, sus relacionamientos, sus capacidades innovadoras (de generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología), sus estructuras de gobernanza, las políticas y normas que regulan su conducta y otros factores que, preferiblemente, deben ser abordados desde marcos teóricos y aproximaciones metodológicas como los que se plantean en esta propuesta de investigación, donde el modelo de transferencia de tecnología trascienda la de la simple transferencia tecnológica a un enfoque más sistémico, el cual debe tener un carácter sectorial y regional que se combinan desde una perspectiva rural.

A pesar de los avances del conocimiento y la intervención en este frente, aun se observa una pobre comprensión de las dinámicas innovadoras y de la articulación entre crecimiento económico, desarrollo de capacidades de innovación y desarrollo social. Este fenómeno, válido para muchos países en vía de desarrollo, es particularmente vigente en Colombia. En este sentido, es importante avanzar en nuestro conocimiento de las características de los sistemas rurales de innovación en Colombia y su relación con el desempeño productivo y comercial de las CPA rurales.

Con el fin de aportar en dicha problemática, se propuso desarrollar un modelo para la TT que reconociera las características y dinámicas de los actores de las CPA del café y del aguacate en Antioquia, incluyendo las dimensiones ambientales, sociales,

culturales y económicas del territorio, permitiendo así, explorar el efecto de las políticas de CTI en el desempeño económico e innovador de las cadenas productivas en estudio. Tales cadenas son reconocidas por su capacidad para generar impacto desde el punto de vista económico dado su potencial; también por el grado de madurez disímil entre tales cadenas, lo que permitió explorar diferentes escenarios con el mismo modelo realizando experimentos del tipo "¿Qué pasaría sí?", que permiten identificar puntos de apalancamiento para mejorar el desempeño de las cadenas y orientar en la formulación de políticas.

Para tal fin, la metodología adoptó un enfoque bottom-up propio de la modelación basada en agentes (en adelante MBA), donde inicialmente se caracterizaron las especificidades de los agentes, sus reglas de decisión y el relacionamiento con otros agentes. Además, se formularon los supuestos que representan el modelo conceptual de transferencia tecnológica, para luego proponer un modelo conceptual que posteriormente se llevó a un modelo computacional; seguido, se realizó una validación de los supuestos y el comportamiento del modelo, para finalmente, analizar la emergencia y el desempeño económico e innovador a través de los experimentos de cuatro diferentes escenarios de política, con el objetivo de orientar las decisiones de política para superar las diferentes limitaciones identificadas.

Desde tal perspectiva, la presente obra investigativa presenta en el capítulo 1 el

análisis de los diferentes marcos teóricos y empíricos de los modelos existentes para la TT en los sistemas de innovación agrícolas, donde se evidencian cambios en las propuestas existentes, pasando a abordar la TT de un enfoque lineal a un enfoque sistémico, sin embargo, no se evidenciaron modelos idóneos que permitan analizar los procesos de TT, y cómo estos repercuten en el desempeño económico e innovador de las cadenas productivas en estudio, a través de un análisis dinámico y longitudinal desde una perspectiva sistémica de la interacción entre actores heterogéneos, afectados por un entorno competitivo, que demanda oportunidades de mercado y tecnológicas.

El capítulo 2 realiza una descripción y caracterización de las CPA del café y el aguacate desde la perspectiva de las capacidades tecnológicas para la innovación (en adelante TCI) y su relación con las cuatro dimensiones del modelo de Nadler y Tushman (1997) para la TT. Dicha caracterización permitió la parametrización del sistema para los escenarios de análisis. Como hallazgo relevante las capacidades de las CPA fueron clasificadas siguiendo las propuestas de Lall (1992) en: capacidades básicas (0,0 a 2,99); intermedias (3,0 a 5,99) y avanzadas (6,0, 9,0), obteniéndose un instrumento que permitió la estimación de las TCI para las CPA.

El capítulo 3 señala un modelo conceptual del fenómeno de la TT para las CPA en estudio, además de la construcción de los supuestos y reglas de decisión que sopor-

tan los marcos teóricos del modelo; como resultado se obtuvo un modelo conceptual que contribuye en la comprensión de las dinámicas de TT de las CPA, así como en los patrones de especialización que emergen, producto de la interacción y TT entre agentes y su influencia en el desempeño de las CPA. El capítulo 3 señala las técnicas de verificación (técnica de validación de trazas) y validación (método histórico del racionalismo y la aproximación histórica amigable) del modelo conceptual y operacional (técnica de validez de eventos), evidenciándose que los supuestos y las reglas de decisión fueron las apropiadas, así como el comportamiento del modelo planteado al ser comparado con los sistemas reales de las CPA en estudio. Dichos métodos de validación proporcionaron confiabilidad para el análisis del impacto de las políticas públicas de CTel en las CPA del café y el aguacate, permitiendo la posibilidad de experimentación con los parámetros del modelo.

El capítulo 4 presenta el proceso de validación del modelo conceptual mediante el método histórico del racionalismo y la aproximación histórica amigable, encontrando que los supuestos y las reglas de decisión fueron las apropiadas; la verificación computacional fue realizada mediante la técnica de validación de trazas. Dichas técnicas de validación permitieron obtener un modelo con confiabilidad para analizar el impacto de las políticas públicas de CTel en las CPA del café y el aguacate. Lo anterior permitió la experimentación con los parámetros del



modelo, especialmente, para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas de CTel en las CPA en estudio.

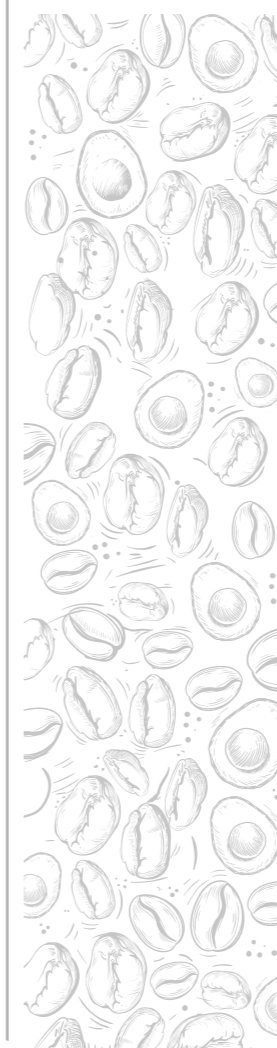
Por último, el capítulo 5 realiza un análisis de la TT en las CPA de café y aguacate mediante cuatro escenarios de política (modos technology push, market pull, sistémico y políticas combinadas). Dichos escenarios permitieron una mejor comprensión de las dinámicas de la transferencia tecnológica en las CPA, en un contexto de competencia y colaboración entre actores que buscan aprovechar las oportunidades de innovación en un entorno afectado por políticas públicas y decisiones organizacionales. Con base en estas posibilidades de simulación y experimentación, el modelo puede contribuir a orientar las políticas públicas y las estrategias organizacionales en las CPA, buscando mejorar su desempeño económico e innovador. El modelo propuesto hace contribuciones originales en la representación de los actores y sus procesos de TT, así como en la introducción del principio de racionalidad limitada en la toma de decisiones por parte de los actores del sistema. Además,

con un mismo modelo se pudo analizar cada CPA por separado y evaluar los efectos que tienen estas políticas en el desempeño de las CPA, pues, dado el grado de complejidad de los SCA, los efectos esperados no siempre se dan e, incluso, los resultados pueden ser contra intuitivos, como se puede observar en los resultados presentados. Finalmente, en los casos aquí presentados, se pudo observar la importancia de la política del modo sistémico, la cual, aunque no produce unos resultados económicos ni innovadores significativamente diferentes a las otras políticas, sí permiten una mayor posibilidad de TT entre los agentes del sistema y el ingreso de estos a las dinámicas de innovación, permitiendo el cierre de brechas y la derrama de beneficios en toda la CPA.

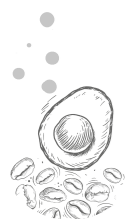
**Palabras clave:** Transferencia de tecnología, cadenas productivas agropecuarias, capacidades tecnológicas para la innovación, aprendizaje.

**Keywords:** Technology Transfer, Supply Chain, Technological Capabilities for Innovation, Learning.

## Introducción



El conocimiento, el aprendizaje y la innovación son los factores más importantes para la competitividad global de una economía basada en el conocimiento (Lundvall, 1992; OECD, 2000); de allí la importancia de entender los fenómenos responsables de la producción de conocimiento y los patrones de aprendizaje relacionados con determinado desempeño innovador y económico territorial. Por otra parte, la innovación es un fenómeno social complejo, resultante de la interacción entre actores diversos y tiene como consecuencia el crecimiento económico y el bienestar humano (Robledo & Ceballos, 2008). La perspectiva sistémica de la innovación y los procesos de aprendizaje, producto de la interacción entre actores, han adquirido un papel crucial para la comprensión de las dinámicas de la innovación, especialmente cuando se tienen en cuenta las interacciones que se presentan entre los productores, los consumidores y los competidores (Gilbert, Pyka, & Ahrweiler, 2001). Hasta ahora, las perspectivas de modelación de los sistemas regionales de innovación (en adelante SRI) se han preocupado más por revelar qué constituye la estructura institucional y productiva,



la región y las interacciones e interrelaciones entre sus diferentes actores (Moulaert & Mehmood, 2010); sin embargo, han tomado un sesgo de carácter top-down más propio de los sistemas nacionales, dejando de lado la investigación desde perspectivas de carácter bottom-up que contemplen, entre otros fenómenos, patrones de aprendizaje localizado (Howells, 1999; 2005; Iammarino, 2005; Uyarra, 2010).

Actualmente, los métodos convencionales de análisis en los SRI muestran dificultades a la hora de describir dinámicas complejas como los procesos de aprendizaje y, por lo tanto, resulta necesario usar mecanismos de análisis alternativos como las simulaciones. Según Robledo y Ceballos (2008), “[...] en el marco de esta literatura, centrada en la innovación, llama la atención la escasez de modelos de simulación que tengan como objeto los sistemas y los procesos de innovación” (Robledo & Ceballos, 2008, pág. 129); esto se debe a que la innovación como fenómeno social es sumamente compleja; sin embargo, investigar a través de la modelación y simulación el conjunto de patrones de aprendizaje que emergen de la interacción entre actores que compiten y colaboran para aprovechar las oportunidades de innovación, permite diferenciar políticas y estrategias adecuadas, así como un mejor conocimiento del desempeño innovador en los sistemas de innovación, (en adelante SI) (Howells, 1999).

Modelar y simular el aprendizaje interactivo en un SRI no resulta tan fácil (Lundvall,

1985; 1988; 1992); el aprendizaje interactivo, al igual que otros factores, se caracterizan por presentar adherencia a un territorio y por estar insertado o arraigado localmente, lo que da lugar a capacidades localizadas y distribuidas de manera desigual (Malberg & Maskell, 1997; 1999; Braczyk, Cooke, & Heidenreich, 2004), por usar y poner en práctica las propias dinámicas de aprendizaje. Estas son comprendidas como “la capacidad de la firma para integrar, construir y reconfigurar competencias internas y externas para hacer frente a entornos que cambian rápidamente” (Teece, Pisano, & Shuen, 1997, pág. 518), propiciando lo que se conoce como “patrones corrientes de práctica y aprendizaje” (Teece et al. 1997, p. 518).

Dicho comportamiento hace aún más complejos estos sistemas, debido a la dificultad que se presenta a la hora de establecer cómo se produce el aprendizaje y el tipo de patrones que emergen producto del uso y la práctica de las capacidades en el contexto de los SRI. En esta dirección, el conocimiento acumulado es incipiente y adolece de múltiples limitaciones, como se mostrará más adelante. Es por ello que la metodología que aborde dicha problemática debe ayudar a facilitar el análisis dinámico del aprendizaje y sus patrones en los SRI, entendiendo que algunos de ellos conducen a fenómenos emergentes no conocidos en la estructura productiva de una región.

Las características mencionadas son primordiales para el análisis, no solo del

desempeño innovador de los actores y del sistema, sino, también, para presentar argumentos que justifiquen la existencia y configuración de un SRI. En las últimas décadas, los SRI han presentado fuertes críticas por su sesgo nacional, lo que ha generado una teorización debido a las dificultades que han presentado sus estudios empíricos respecto a la “recolección y medición de datos” (Mackinnon, Cumbers, & Chapman, 2002). Reconociendo la importancia del fenómeno del aprendizaje en los SRI y las dificultades expuestas anteriormente, el objetivo de esta investigación fue proponer un modelo de simulación basado en agentes (en adelante MBA), que permita analizar el aprendizaje producto de la interacción de actores heterogéneos e identificar atributos y reglas que posibiliten la formulación de políticas y estrategias que conduzcan a un mejor desempeño en un SRI.

Para lograr el cumplimiento de este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las principales tendencias y teorías relacionadas con los SRI en países en desarrollo.
- Identificar actores y sus atributos (propiedades y mecanismos) que componen un SRI.
- Desarrollar un modelo de simulación basado en la interacción de agentes, el cual permita trasladar las relaciones encontradas en la teoría del aprendizaje de los SRI como fenómeno emergen-

te, así como la identificación de patrones de comportamiento del sistema.

- Describir algunos fenómenos emergentes que se dan dentro de las infraestructuras institucionales que apoyan a la innovación en la estructura productiva de una región.
- Diseñar escenarios de políticas y estrategias que conduzcan a un mejor desempeño en los SRI.

El concepto restringido de la innovación ha utilizado la perspectiva del aprendizaje por la búsqueda y exploración (Nelson & Rosenberg, 1993); sin embargo, Freeman (1987) y Lundvall (2007), quienes no solo han considerado las innovaciones tecnológicas, sino también las no tecnológicas como un concepto amplio, han preferido definir la innovación como un proceso que abarca, además de la introducción de innovaciones por primera vez en el mercado, su “difusión y su uso”, surgiendo la perspectiva del aprendizaje por la práctica. Esta perspectiva implica el aprendizaje learning by doing (Arrow, 1962), learning by using (Rosenberg, 1982) y learning by interacting (Lundvall, 1992), buscando relacionar patrones y prácticas de aprendizaje asociadas a situaciones y factores afines con el desarrollo de nuevos productos y su desempeño económico en el mercado (Lund, The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development, 2004).

El modelo elaborado en esta investigación representa dinámicas de aprendizaje del tipo doing-interacting y proporciona una

mejor comprensión del aprendizaje a partir del análisis de los patrones de especialización de las capacidades de los agentes del sistema. Estos patrones pueden verse afectados por un factor de aprendizaje el cual podría promover o restringir tales dinámicas (Lund, *The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development*, 2004); la heterogeneidad de los agentes es representada a través de un vector de capacidades como una forma distintiva y propia de cada agente. Este vector proporciona y posibilita la interacción y complementariedad de las capacidades de los agentes a través de reglas de decisión, con el objetivo de suplir las oportunidades de innovación (individual o en conjunto) generadas por el entorno competitivo. El comportamiento anterior propicia alianzas y un aprendizaje doing-interacting; aquellos agentes que usen sus capacidades por interacción las acumularán, las que no, las perderán; la velocidad con que se acumulen dependerá del factor de aprendizaje que caracterice el sistema. El análisis permitió identificar cuáles son las dinámicas de aprendizaje y los patrones que conllevan a la especialización de un SRI.

Las capacidades tecnológicas para la innovación que representa a los agentes en el modelo son las capacidades de investigación, desarrollo, difusión, vinculación, producción y las de mercadeo; estas se encuentran asociadas a las funciones de generación, difusión y uso que debe presentar cualquier sistema de innovación para su existencia a partir de la interac-

ción entre agentes (Carlsson et al. 2002). Lundvall (2004) enfatiza que estas funciones influyen notablemente en los procesos de innovación y el aprendizaje interactivo de los sistemas de innovación. Otras capacidades (organizacionales, gestión de recursos, direccionamiento estratégico y absorción), que también son importantes en estos procesos, no fueron consideradas por ser transversales y difíciles de ubicar en una función específica; sin embargo, para el propósito del modelo, se focalizará la atención en las capacidades vinculadas específicamente a las dinámicas de exploración y explotación.

Los modelos actuales de transferencia de tecnología en la literatura representan los agentes y procesos que intervienen en la innovación y resaltan la importancia del aprendizaje. Sin embargo, comprender cuáles son los mecanismos responsables de la dinámica de estos sistemas y, en particular, del aprendizaje, no resulta fácil, principalmente por la heterogeneidad de los agentes que intervienen y la complejidad de sus interacciones (Gilbert, Pyka, & Ahrweiler, 2001). Lo anterior ha llevado a considerarlos como Sistemas Complejos Adaptables (en adelante SCA), concebidos como un arreglo de agentes que interactúan a través de reglas que cambian en la medida en que los agentes acumulan experiencia (Holland J. H., 2004).

Una de las técnicas de simulación más útiles para abordar esta clase de sistemas son los MBA; estos estudian la emergencia

a nivel macro de patrones de comportamiento de un sistema a partir de las interacciones de agentes semi inteligentes a nivel micro. Algunos modelos desarrollados que han usado esta técnica han simulado el efecto de las capacidades, el aprendizaje en red y la relación entre agentes para comprender el desempeño innovador del sistema. Este trabajo examina algunos de estos modelos y discute por qué son insuficientes para comprender el proceso del aprendizaje y la identificación de patrones de aprendizaje, que ayuden a describir algunos fenómenos emergentes como la transferencia de tecnología.

Como aporte principal, se propone un modelo basado en agentes cuyo entorno competitivo representa las oportunidades de innovación en el sistema; además, introduce un gran número de agentes competidores que satisfacen la demanda a través de sus fórmulas de éxito; la interacción entre agentes se describe mediante reglas de decisión (localización y complementariedad), permitiendo así, comprender cómo los agentes de un SRI aprenden y qué patrones son los que adopta el sistema. El modelo contribuye a una mejor comprensión de las dinámicas de innovación y aprendizaje en un SRI, al igual que permite definir orientaciones de política y estrategia para un mejor desempeño innovador del sistema. El presente trabajo se sustenta metodológicamente en una adaptación del proceso de modelación de Sterman (2000) y se estructura así:

Fase I, definición del problema: para el desarrollo de esta etapa, fue necesario definir un propósito claro para enfocar la investigación. El proceso de construcción del modelo comienza con la identificación de comportamientos problemáticos, los cuales presentan variaciones a lo largo del tiempo.

Fase II, conceptualización del sistema: en esta etapa se definieron los distintos elementos que integran la descripción del sistema, así como las influencias que se producen entre ellos. Se define además la frontera del sistema, es decir, qué se considera endógeno y qué exógeno.

Fase III, formulación del modelo: en esta etapa son especificadas las relaciones en el modelo, también se especifican los supuestos y reglas de decisión. Luego se estiman cuáles van a ser los parámetros y sus condiciones iniciales. Y antes de que el modelo pueda ser utilizado como herramienta de análisis este fue verificado computacionalmente.

Fase IV, validación del modelo: es el proceso que establece confianza en la validez y utilidad del mismo. En esta etapa se ponen a prueba los supuestos y las reglas de decisión del modelo, así como su comportamiento. La validación del modelo conceptual se interesa en garantizar que esté correctamente sustentado, especialmente en sus supuestos y reglas de decisión. Por otra parte, la validación operacional busca

que el comportamiento resultante capture la dinámica del sistema real estudiado.

Fase V, análisis del comportamiento del modelo. Se realiza un análisis de sensibilidad como medio para un mejor entendimiento del modelo y para localizar los parámetros sensibles en este. Acá se define una base para la comparación de los comportamientos. Posteriormente, se plantean otros escenarios y se estudia el resultado de los cambios, comparando los diferentes resultados.

Para lograr el objetivo de investigación, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en el capítulo 1 se presenta el marco teórico y se analizan las distintas perspectivas investigativas que han abordado el fenómeno de transferencia de tecnología; luego se construye el estado del arte, buscando examinar las limitantes de las diferentes aproximaciones que han abordado y analizado la transferencia de tecnología, con el propósito de orientar la investigación en la identificación de los comportamientos problemáticos y sus variaciones en el tiempo.

El capítulo 2 realiza la conceptualización del sistema, responde las preguntas de investigación que dan claridad de cómo el modelo ayudará a la comprensión del fenómeno de

la transferencia de tecnología, se comparan las ideas resultantes de este proceso con la teoría para, finalmente, obtener los distintos elementos que integran el sistema y la relación entre ellos. El capítulo 3 realiza el diseño y la formulación del modelo conceptual; este comprende la definición de supuestos, reglas y parámetros, para su posterior programación y verificación del funcionamiento. El capítulo 4 analiza los comportamientos del modelo a través de la simulación de diferentes escenarios; estos permiten comparar los comportamientos de los agentes y el sistema, lo cual se logra modificando los factores que propician o restringen el aprendizaje. La validación conceptual y operacional se realiza utilizando dos técnicas: el método histórico desde el enfoque racionalista y la técnica del método histórico amigable. En el capítulo 5 se propone la formulación y evaluación de las políticas, para lo cual se plantean tres escenarios que permiten comparar el comportamiento de los agentes, modificando los ingresos por atributos que entrega el entorno competitivo y promoviendo el aprendizaje como un efecto de política pública, con el fin de diferenciar estrategias que permitan conocer el mejor desempeño innovador del sistema. Finalmente, se presentan las conclusiones, que recogen los principales aportes del trabajo y dan cuenta del cumplimiento de los objetivos.

## Referencias

- Anil, B., Tonts, M., & Siddique, K. H. (2015). Strengthening the performance of farming system groups: Perspectives from a Communities of Practice framework application. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 22(3), 219-230.
- Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economics Studies*, 29(3), 155-173.
- Black, A. W. (2000). Extension theory and practice: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40(4), 493-502.
- Braczyk, H., Cooke, P., & Heidenreich, M. (2004). *Regional Innovation Systems: The Role of Governance in a Globalized World*. London, UK: Routledge Taylor & Francis e-Library.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233-245.
- Coudel, E., Tonneau, J. P., & Rey-Valette, H. (2011). Diverse approaches to learning in rural and development studies: Review of the literature from the perspective of action learning. *Knowledge Management Research and Practice*, 9(2), 120-135.
- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy*, 11, 147-162.
- Fowler, R., & Rockstrom, J. (2001). Conservation tillage for sustainable agriculture: An agrarian revolution gathers momentum in Africa. *Soil and Tillage Research*, 61(1-2), 93-107.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Frances Pinter Publishers.
- Gilbert, N., Pyka, A., & Ahrweiler, P. (2001). "Innovation Networks - a Simulation Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4(3), 1-8.
- Hennessy, T., & Heanue, K. (2012). Quantifying the Effect of Discussion Group Membership on Technology Adoption and Farm Profit on Dairy Farms. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 18(1), 41-54.
- Holland, J. H. (2004). *El Orden Oculto: De cómo la adaptación crea la complejidad*. (E. Torres-Alexander, Trad.) México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Howells, J. (1999). Regional Systems of Innovation. In D. Archibugi, J. Howells, & J. Michie, *Innovation Policy in a Global Economy* (pp. 67-93). Cambridge: Cambridge University Press.
- Howells, J. (2002). Tacit knowledge, innovation and regional economic geography. *Urban Studies*, 39(5), 871-884.

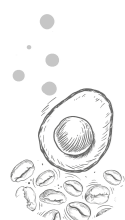
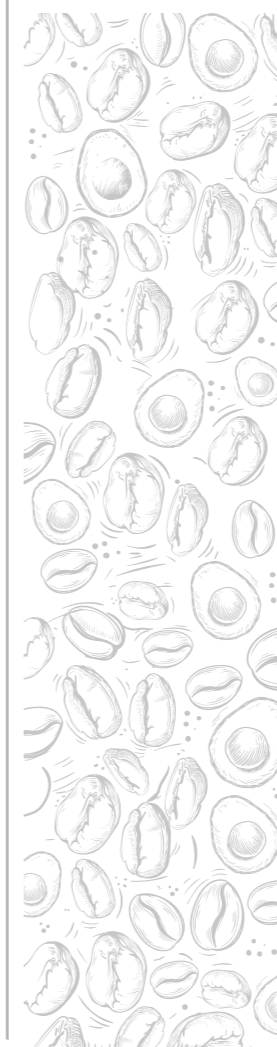
- Howells, J., James, A., & Malik, K. (2003). The sourcing of technological knowledge: distributed innovation processes and dynamic change. *R&D Management*, 33(4), 395-409.
- Howells, J. (2005). Innovation and regional economic development: A matter of perspective? *Research Policy*, 34, 1220-1234.
- Iammarino, S. (2005). An evolutionary integrated view of Regional Systems of Innovation: Concepts, measures and historical perspectives. *European Planning Studies*, 13(4), 497-519.
- Imai, K. J., & Baba, Y. (1991). Systemic Innovation and Cross-Border Networks: Transcending Markets and Hierarchies to Create a New Techno-Economic System. En OECD, *Technology and Productivity: The Challenges for Economic Policy*. Paris: OECD.
- Kalra, R. K., Anil, B., Tonts, M., & Siddique, K. H. (2013). Self-help groups in Indian agriculture: A case study of farmer groups in Punjab, Northern India. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(5), 509-530.
- Lund, R. (2004). The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (págs. 129-153). Bingley: Emerald.
- Lundvall, B.-A. (1985). *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B.-A. (1988). Innovation as an interactive process: from user producer interaction to the National Innovation Systems. En G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, & G. Silverberg, *Technology and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
- Lundvall, B. Å. (1992). *National systems of innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: London - New York.
- Lundvall, B.-A. (2007). *National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tools*. *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119.
- Lundvall, B.-A. (2004). The Economics of Knowledge and Learning. En C. Jesper Lindgaard, & B.-Å. Lundvall, *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, págs. 1-361). San Diego, CA, USA: Elsevier Ltd. *Research on Technological Innovation and Management Policy*.
- Mackinnon, D., Cumbers, A., & Chapman, K. (2002). Learning, innovation and regional development: a critical appraisal of recent debates. *Progress in Human Geography*, 26, 293-311.
- Malberg, A., & Maskell, P. (1997). Towards an explanation of regional specialization and industrial agglomeration. *European Planning Studies*, 5(1), 25-41.
- McDonald, K., & Sun, D. K. (2000). Vacuum cooling technology for the food processing industry: A review. *Journal of Food Engineering*, 45(2), 55-65.
- Moore, S. A., Severn, R. C., & Millar, R. (2006). A conceptual model of community capacity for biodiversity conservation outcomes. *Geographical Research*, 44(4), 361-371.
- Moulaert, F., & Mehmood, A. (2010). *Analysing Regional Development and Policy: A Structural Realist Approach*. *Regional Studies*, 44(1), 103-118.
- Nadler, D. A. y Tushman, M. L. (1997). *The Power of Organization Architecture*, Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R. R., & Rosenberg, N. (1993). Technical innovation and national systems. En O. (2001a), *Devolution and Globalisation. Implications for local decision-makers*. Paris: OECD.
- OECD. (1992). *Technology and the Economy: The Key Relationships*. Paris: OECD - The Technology / Economy Programme.
- Ozdemir, M., & Floros, J. D. (2004). Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3), 185-193.
- Pannell, D. J., Marshall, G. R., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F., & Wilkinson, R. (2006). Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(11), 1407-1424.
- Pitt, J. C. (2000). *Thinking about technology - Foundations of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridges Press.
- Robledo, J., & Ceballos, Y. F. (2008). Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. *Revista Cuadernos de Administración*, 21(35, enero-junio), 127-159.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Senker, P., & Faulkner, W. (1993). *Networks, Tacit Knowledge and Innovation*. Second ASEAT Conference, *Technological Collaboration: Networks, Institutions and States*. Manchester.
- Sneddon, J., Soutar, G., & Mazzarol, T. (2011). Modelling the faddish, fashionable and efficient diffusion of agricultural technologies: A case study of the diffusion of wool testing technology in Australia. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(3), 468-480.
- Smith, R., & Sharif, N. (2007). Understanding and acquiring technology assets for global competition. *Technovation*, 643-649.
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- Teece, D., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18, 509-534.
- Uyarra, E. (2010). What is evolutionary about "Regional Systems of Innovation"? Implications for regional policy. *Journal of Evolutionary Economics*, 20(1), 115-137.

- Velasco-Garcia, M. N., & Mottram, T. (2003). Biosensor technology addressing agricultural problems. *Biosystems Engineering*, 84(1), 1-12.
- Waller, P. J. (1997). Sustainable helminth control of ruminants in developing countries. *Veterinary Parasitology*, 71(2-3), 195-207.
- Zhang, J. Z., Creelman, R. A., & Zhu, J. K. (2004). From laboratory to field. Using information from *Arabidopsis* to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. *Plant Physiology*, 135(2), 615-621.

## 1. Modelos de transferencia de tecnología

### Introducción

El presente capítulo realiza una exploración y recorrido por los diferentes modelos de transferencia de tecnología (en adelante TT) reportados en la literatura especializada en el tiempo, de acuerdo a un contexto y propósito definidos por algunas políticas específicas. Hoy en día las prácticas de transferencia son claves en los sistemas de innovación (en adelante SI) de carácter localizado como las cadenas productivas agropecuarias (en adelante CPA), donde los exploradores intercambian conocimientos y experiencias con diferentes actores explotadores, intermediadores y gobierno que rara vez, de manera individual, poseen el conocimiento. En este sentido, los actores del sistema deben tener una visión más amplia de su rol de transferencia y adaptarse a la complejidad de la sociedad, buscando, como objetivo, maximizar el impacto de la invención y el uso beneficioso del conocimiento (Lemley, 2008), a través de sistemas de apoyo y modelos flexibles (Nandagopal, 2013).



Desde esta perspectiva el apartado 1.1 señala los modelos que adoptaron un enfoque económico del comercio internacional y desarrollo de un modelo lineal de TT, que luego dieron paso a modelos con un mayor énfasis, en la investigación acerca de la eficacia en el proceso de TT a partir de una tecnología específica (Hope, 1983); posteriormente, en 1990, emerge el enfoque que hace hincapié en la importancia del aprendizaje en el ámbito organizacional como un elemento clave en la facilitación de la TT (Figueiredo, 2001). Es así como en los principios de 1990 los modelos de TT comienzan a absorber los principios del movimiento, tomando gran importancia las dinámicas del desarrollo en las organizaciones. En el apartado 1.2, se describen algunos modelos donde las organizaciones son observadas como sistemas de aprendizaje, ayudándolas a seleccionar áreas para mejorar el aprendizaje y reorganizar sus procesos a través de actividades complementarias, que conllevan a la adopción de nuevos conocimientos para su explotación, denominados modelos de TT en los sistemas agrícolas que identifican claramente los procesos, sus actores, las relaciones y sus intereses que conlleven a un aprendizaje interactivo (Quintero, Ruiz, & Robledo, 2017). Por último, el apartado 1.3 realiza una síntesis de los modelos de TT en los sistemas agrícolas, los cuales han presentado cambios significativos pasando de enfoques lineales a enfoques más sistémicos.

## 1.1 Modelos de TT con un enfoque lineal

A continuación, se presenta una descripción de los modelos más importantes que adoptaron un enfoque económico y lineal de la TT.

**Modelo de Gibson y Slimor:** abordó la TT desde la perspectiva de los investigadores y usuarios de tecnología mediante tres niveles de participación. El primer nivel, es el más importante y consiste en el desarrollo de tecnología que se da a través de medios de transferencia, como informes de investigación, artículos de revistas y cintas de computadora. El segundo nivel consiste en la aceptación de tecnología donde su desarrollador se asegura de que esté disponible para el receptor y que pueda comprender y utilizarla. El tercer nivel consiste en la aplicación de la tecnología que es la comercialización de su uso en el mercado y en las organizaciones (Gibson & Smilor, 1991).

**Modelo de Sung y Gibson:** tuvo como fin superar las dificultades de los modelos de "Appropriability Model", "Dissemination Model", "Knowledge Utilization Model" y fue circunscrito bajo los conocimientos de Gibson y Slimor (1991). El modelo presenta cuatro niveles; nivel I, es la creación de conocimiento y tecnología. El proceso de transferencia de conocimiento en este modelo requiere poca colaboración entre los investigadores y los receptores, aunque los investigadores pueden trabajar en equipos a través de fronteras organizativas o nacionales; nivel II, se da el intercambio,

donde el conocimiento y la tecnología se transfiere y se apropia a las personas u organizaciones (Dubickis & Gaile-Sarkane, 2015); nivel III, se da la implementación del conocimiento, es importante que los receptores cuenten con los recursos necesarios para implementarlo; nivel IV, se basa en los éxitos logrados por el cumplimiento de los objetivos de las tres etapas anteriores, pero se requiere la fuerza del mercado. El éxito se mide en términos de retorno de la inversión y participación en el mercado (Dubickis & Gaile-Sarkane, 2015).

**Modelo de Kogut y Zander:** el modelo enfatiza en la importancia estratégica del conocimiento como fuente de ventaja competitiva. El conocimiento no solo lo tienen los individuos, sino que también se expresa en regularidades, mediante las cuales los miembros cooperan en una comunidad social, que actúan como "un repositorio de capacidades" determinadas por el conocimiento social incorporado, en las relaciones individuales duraderas estructuradas (Kogut & Zander, 1992).

**Modelo de Nonaka:** determina el proceso de creación de conocimiento en las organizaciones en las que el conocimiento organizacional se crea a través de un diálogo continuo entre el conocimiento tácito y el explícito. Se proponen cuatro modos de conversión del conocimiento: 1) del tácito al tácito (socialización), 2) del tácito al explícito (externalización), 3) desde el explícito hacia el explícito (combinación) y 4)

del explícito al tácito (internalización) (Nonaka, 1994).

**Modelo de impulso o empuje de la tecnología (technology Push):** fue desarrollado en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, hasta mediados de los sesenta. El modelo es un proceso secuencial y ordenado que, a partir del conocimiento científico y tras diversas fases o estadios, comercializa un producto o proceso que puede ser económicamente viable. Su principal característica es su linealidad (Rothwell, 1994).

**Modelo de tirón de la demanda o del mercado (market Pull):** a partir de la segunda mitad de la década de los sesenta comienza a prestarse una mayor atención al papel desempeñado por el mercado en el proceso innovador y las necesidades de los consumidores se convierten en la principal fuente de ideas para desencadenar el proceso de innovación (Rothwell, 1994).

**Modelo de Rebenisch y Ferretti:** se propone un modelo integrado del proceso TT y es abordado a partir de cuatro categorías: la primera se denomina alcance de la transferencia y consiste en la cantidad de información incorporada en la tecnología y el tipo de tecnologías que una empresa busca adquirir de la fuente. La segunda categoría son los métodos implementados para realizar la transferencia como es la comunicación impersonal, interacción grupal y reubicación física. La tercera categoría es

la arquitectura del conocimiento que comprende la "caracterización de la estructura y los artefactos en los que el conocimiento se ha incorporado a la organización, además, describe la forma en que la organización almacena y procesa la información", y la cuarta categoría, es la capacidad adaptativa de la organización que se refiere a la habilidad de implementar sus recursos para realizar adaptaciones de nueva tecnología (Reben-tisch & Ferretti, 1995).

**Modelo de Spender:** propone una teoría de la empresa dinámica, más que estática y basada en el conocimiento. Este se ve como un proceso o una actividad orientada a un objetivo competente, más que como un recurso observable y transferible (Spender, 1996).

**Modelo de Szulanski:** busca una perspectiva equilibrada mediante la percepción de la fuente; el receptor y un observador externo de la transferencia evidencian la falta de la capacidad de absorción de los receptores relacionados con el conocimiento, la ambigüedad causal y la dificultad de la relación entre la fuente y el receptor, siendo estos los principales obstáculos para la transferencia de conocimiento. Este modelo propone una transferencia intraempresarial de mejores prácticas y es considerada como "un proceso de despliegue" en el que las rutinas organizacionales se replican a través de cuatro etapas del proceso: 1) iniciación, 2) implementación, 3) aceleración y 4) integración (Szulanski, 1996).

**Modelo dinámico:** es una reformulación del modelo lineal considerando los factores internos que afectan el proceso bajo 10 supuestos. Parte del análisis del modelo lineal que toma como referencia los comportamientos, habilidades y gestión de la organización, reflejando la complejidad del proceso de la transferencia en un esquema que va desde el descubrimiento hasta su comercialización formal e informal, involucrando sistemas de recompensa para los participantes (Siegel, Waldman, Atwater, & Link, 2004).

## 1.2 Modelos de TT con un enfoque hacia el aprendizaje

**Modelo de Argyris y Schon:** este tiene como objetivo aumentar la capacidad de indagación organizativa para articular errores, incongruencias e incompatibilidades en una teoría organizativa de la acción, la cual, necesariamente, emerge a medida que el sistema organizativo/ambiental cambia, para esto se hace consiente a las organizaciones que son incapaces de descubrir-inventar-producir y generalizar soluciones de bucle doble y que aún no saben que son incapaces, luego aprenden cómo descubrir problemas de bucle doble y, por último, estas pasan por fases similares de invención, producción y generalización. Para dar respuesta a esto, el modelo desarrolla una tipología triple del aprendizaje organizacional: 1) aprendizaje de bucle único, 2) bucle doble y 3) de ciclo triple (deutero). Aquí el aprendizaje se describe

como el proceso de detección y corrección de errores (Argyris & Schön, 1997).

**Modelo de Nevis, DiBella y Gould:** los autores describen a las organizaciones como sistemas de aprendizaje donde una descripción de factores relacionados con el aprendizaje organizacional puede ayudar a las organizaciones a seleccionar áreas para mejorar el aprendizaje que no exija un cambio de cultura drástico, sino, que pueda llevar a un cambio incremental en el tiempo. Se propone un modelo de tres etapas 1) adquisición de conocimiento, 2) intercambio de conocimiento y 3) utilización del conocimiento. La adquisición de conocimiento se refiere al desarrollo o la creación de habilidades, ideas y relaciones. El intercambio de conocimiento se relaciona con la difusión del que se ha aprendido. La utilización del conocimiento es la integración del aprendizaje para que esté ampliamente disponible; donde se puede generalizar a nuevos entornos (Nevis, DiBella, & Gould, 1995).

**Modelo de "Catch Up":** basado en la imitación y captación de tecnología creada por un tercero a través de un proceso de aprendizaje dinámico cuya estrategia consiste en observar y mejorar una tecnología hasta generar una nueva (Kim, 2001).

**Modelos de triple hélice:** este expresa la relación universidad-industria-gobierno como una asociación entre iguales, relativamente independientes donde la interacción con el Estado es clave para la innovación. Este modelo muestra el accionar

de los tres actores, la universidad como generadora de conocimiento, la empresa como lugar de producción y el Estado como financiador y regulador del sistema (Etzkowitz & Leydesdorff, 1997).

**Triángulo de Sábato:** es un modelo de política científico-tecnológica. Postula la presencia de tres agentes (Estado, infraestructura científico-tecnológica, sector productivo) (Sabato & Botana, 1970).

Los modelos anteriormente mencionados y evidenciados en la literatura especializada, han tenido un papel protagónico en la TT, sin embargo, tales modelos han sido refinados y mejorados empíricamente y están siendo adoptados para una mejor comprensión del fenómeno de la TT en los SI, particularmente en aquellos de carácter localizado como los SI agroindustrial (Agricultural Knowledge Innovation Systems "por sus siglas en inglés AKIS"), bien conocidos en nuestro país como cadenas agrícolas.

A continuación, se describen algunos modelos de TT relevantes que analizan las dinámicas y comportamientos de la TT en algunos SI, donde el desempeño innovador es de suma importancia en el planteamiento de estrategias y políticas adecuadas para una apropiada TT en dichos sistemas.



### 1.3 Modelos de TT con un enfoque sistémico

Un modelo para un sistema de extensión y TT en el sector silvoagropecuario chileno: tiene como objetivo primordial, captar las necesidades de los agricultores y generar las soluciones a través de desarrollos tecnológicos pertinentes, para luego incorporarlos eficientemente en sus procesos productivos con el fin de elevar la competitividad del sector. El modelo lo constituyen tres actores: productores organizados para demandar tecnología, oferentes tecnológicos e investigadores y actores intermediarios denominados extensionistas, estos últimos tienen un rol determinado (Ministerio de Agricultura de Chile, Unidad de Investigación, & Desarrollo e Innovación, 2014).

Dicho enfoque evidencia la evolución desde la perspectiva lineal a la sistémica, donde se resalta la importancia del aprendizaje organizacional, en el que el conocimiento se viene convirtiendo en un recurso fundamental para la generación de capacidades, a través de los procesos de aprendizaje tecnológico (Teece, Pisano, & Shuen, 1997), con miras a desarrollar ventajas competitivas, favorecidas estas por la interacción y cercanía de los agentes (Asheim & Isaksen, 2002) en el sistema. Además se reasalta la importancia de las relaciones que las organizaciones establecen con su entorno socioeconómico, de orden nacional, regional y local; algunas lo hacen desde el enfoque sistémico, sin embargo, si-

guen evidenciándose dificultades y barreras que impiden la TT en estos sistemas, como la heterogeneidad de los agentes, la complejidad de sus relaciones e interacciones y la naturaleza social de los procesos de aprendizaje tecnológico (Freeman, 1987; Lundvall, 1988; Nelson, 1993).

Cada modelo posee en común elementos claves como, por ejemplo: la identificación de los actores, las relaciones entre ellos, la adquisición de conocimiento y habilidades que son necesarias para ser más competitivos en un mercado que está en constante cambio, exigiendo productos con alto nivel tecnológico, pero además se observa otro elemento importante y es la interacción entre los actores. Esta es una de las tantas dificultades que poseen las organizaciones en sus procesos y dinámicas de TT, debido a la heterogeneidad de los actores que se relacionan e interactúan localmente, dichas dinámicas no resultan ser tan móviles y se caracterizan por presentar adherencia a un territorio, lo que da paso a capacidades que se localizan y se distribuyen muy desigualmente en todo el sistema (Quintero, 2016), lo que dificulta la interacción y la TT.

Lo anterior nos lleva a pensar que los procesos de TT deben facilitar la asimilación, el uso, la adaptación del conocimiento para emplearlo, la adaptación y modificación de tecnologías existentes y crear nuevas tecnologías para desarrollar nuevos productos así como métodos de fabricación que respondan a un entorno que cambia y evoluciona continuamente.

Los modelos expuestos y analizados han sido construidos cronológicamente, con el fin de ayudar a comprender y dar respuestas acerca del comportamiento de los mercados (demanda), la producción de proyectos de I+D, el relacionamiento entre actores para la generación y transmisión del conocimiento, el establecimiento de relaciones con otras instituciones, etc. No obstante, dichos modelos carecen de la descripción y el análisis de las dinámicas de relacionamiento entre actores, además no son convincentes en cómo deben darse los procesos de generación, difusión, uso y apropiación del conocimiento, con miras a proporcionar un mejor entendimiento de la TT, para generar estrategias y políticas que ayuden a mejorar el desempeño económico e innovador del sistema (Quintero, 2016).

Desde tal perspectiva se han desarrollado algunos modelos que emplean como estrategia metodológica el paradigma de Modelación Basada en Agentes, representando los actores del sistema en el marco de un entorno competitivo (en adelante EC) quienes demanda oportunidades de innovación (en adelante OI), las cuales, mediante la interacción, son aprovechadas y suplidas por agentes a través de la oferta bien sea individualmente o en colaboración en red; dinámicas y comportamientos que pueden estar afectados por políticas públicas y decisiones organizacionales.

**Aprendizaje en los sistemas regionales de innovación: Un modelo basado en agentes:** este permite representar el

aprendizaje y el desaprendizaje como la acumulación y desacumulación de las capacidades, además analiza los patrones de especialización, como una variación positiva y negativa de las capacidades; que depende de factores de aprendizaje y desaprendizaje que caracterizan a los actores en un sistema regional de innovación (SRI). El modelo representa a los actores del sistema en el marco de un EC donde surgen oportunidades de innovación, que son aprovechadas por empresas individuales o colaborando en red, y cuyo comportamiento está afectado por políticas públicas y decisiones organizacionales (Quintero, 2016). En este modelo se puede observar como a través de la interacción y proximidad relacional, los agentes complementan sus capacidades y transfieren sus conocimientos y tecnologías, con el fin de suplir un EC.

**Análisis del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación:** una propuesta desde el modelado basado en agentes: este modelo permite simular varios escenarios, en los que se realizan cambios en el actuar de los intermediarios y en las capacidades de innovación de los agentes, con el fin de comparar los comportamientos, en especial, el desempeño de los agentes y del SI (Ruiz, Quintero, & Robledo, 2016).

Desde la perspectiva de los dos modelos anteriores, la TT es un proceso que ha tomado mayor importancia, donde el entorno global está en constante cambio y obligando a las organizaciones a mejorar su

competitividad, mediante la construcción y adquisición de capacidades y nuevas habilidades técnicas e inversión en tecnologías más avanzadas. De acuerdo a esto, la TT requiere mecanismos de comunicación más complejos que el simple intercambio de información, siendo necesario redes de interacción y canales de aprendizaje que poseen diversas barreras que inhiben o habilitan la adopción de tecnologías (Mazurkiewicz & Poteralska, 2017; Burhanuddin M., Arif, Azizah, & Prabuwno, 2009). En la actualidad, las barreras que se generan en los procesos de TT, impiden enfrentar nuevos desafíos que emergen de la globalización, la liberalización y un amplio cambio organizacional y tecnológico, el cual afecta el desempeño (Burhanuddin et al., 2009) de los diferentes SI.

Estos problemas no son ajenos en el sector de la agricultura, específicamente en los AKIS y sus CPA, donde la adopción de tecnologías es importante para mejorar la productividad y el bienestar de los agricultores pobres en los países en desarrollo, además es clave para lograr la reducción de la pobreza, la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y la transformación estructural. Sin embargo, una de las mayores preocupaciones del proceso generación-transferencia es la adopción de las tecnologías a las condiciones locales (Molnar & Jolly, 1988; Kuijpers & Swinnen, 2016; Jaramillo, 1998). Existen barreras que impiden la adopción de estas donde los más afectados son los agricultores; estas barreras son: en lo técnico, el entorno, los métodos, lo institucional y el

productor (Jaramillo C., 1998). Para mitigar estas barreras se han desarrollado modelos de TT. A continuación, se describen algunos de ellos cronológicamente:

**Modelo de transferencia adaptativa:** el enfoque es la adaptación de las nuevas tecnologías a las condiciones locales y la eliminación de las limitaciones socioeconómicas para la adopción por los agricultores (Chambers & Jiggins, 1987).

**Modelo de investigación de sistemas agrícolas:** garantizar la transferencia de tecnologías a los agricultores de escasos recursos. Los científicos determinan, en gran medida, las prioridades de investigación, desarrollan tecnologías en condiciones controladas y luego las transfieren a la extensión agrícola para transferirlas a los agricultores (Ogunsumi, 2010).

**Modelo de investigación de agricultor-primero (FFR):** prevé la oferta y la demanda de innovaciones como un proceso circular que comienza y termina con los agricultores, en lugar de uno lineal comenzando con los científicos y terminando con los agricultores (Ogunsumi, 2010).

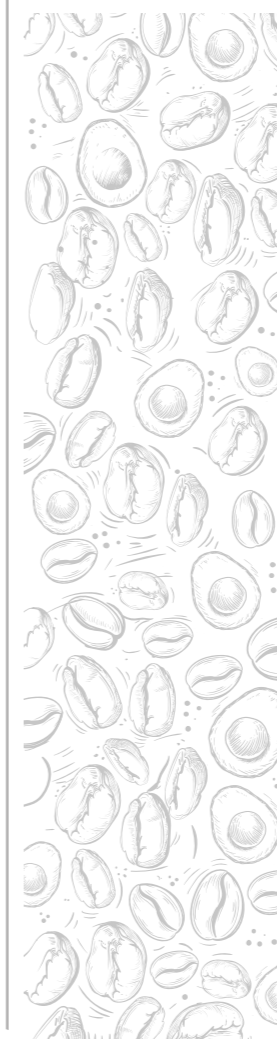
**Modelo agricultor-a-agricultor (FBT):** describe un enfoque alternativo para la solución de problemas tecnológicos de finca, mediante equipos interdisciplinarios en la identificación, generación y transferencia a los agricultores, donde se enfatiza que la investigación aplicada debe comenzar y terminar con el agricultor (Rhoades & Booth, 1982).

## 1.4 Referencias

- Argyris, C., & Schön, D. A. (1997). Organizational Learning: A Theory of Action Perspective. *Centro de Investigaciones Sociologica*, 345-348.
- Asheim, B. T., & Isaksen, A. (2002). Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge. *Journal of Technology Transfer*, 5(3), 1-14.
- Burhanuddin, M., Arif, F., Azizah, V., & Prabuwno, A. (2009). Barriers and Challenges for Technology Transfer in Malaysian Small and Medium Industries. *International Conference on Information Management and Engineering*, 258-261.
- Chambers, R., & Jiggins, J. (1987). Agricultural Research for Resource-Poor Farmers. *Agricultural Research for Resource-Poor Farmers. Agric. Admin. & Extension*, 27, 109-128.
- Dubickis, M., & Gaile-Sarkane, E. (2015). Perspectives on Innovation and Technology Transfer. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 213, 965-970.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1997). Universities in the Global Knowledge Economy: a Triple Helix of University-Industry-Government Relation. London and Washington: Pinter.
- Figueiredo, P. (2001). *Technological Learning and Competitive Performance*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Londres: Frances Pinter Publishers.
- Gibson, D., & Smilor, R. (1991). Key variables in technology transfer: A field-study based empirical analysis. *Journal of Engineering and Technology Management*, 8, 287-312.
- Hope, K. (1983). Basic Needs and Technology Transfer Issues in the "New International Economic Order". *American Journal of Economics and Sociology*, 393-403.
- Jaramillo, C. (1998). *Transferencia de tecnología agropecuaria. Actualización tecnológica en ajonjolí, caucho, hortalizas y frutales para la orinoquia colombiana: memorias del curso*. Villavicencio: PLANTE.
- Kim, L. (2001). The dynamics of technological learning in industrialisation. *Blackwell Publishers*, 297-308.
- Kogut, B., & Zander, U. (1992). Knowledge of the Firm, combinative Capabilities, and the Replication of Technology. *Organization Science*, 3(3), 383-397.
- Kuijpers, R., & Swinnen, J. (2016). Value chains and technology transfer to agriculture in developing and emerging economies. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(5), 1403-1418.
- Lemley, M. A. (2008). *Are Universities Patent Trolls?* Stanford: Stanford Public Law Working.

- Lundvall, B.-A. (1988). Innovation as an interactive process: from user producer interaction to the National Innovation Systems. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, & S. G. Technology and Economic Theory. London: Pinter Publishers.
- Mazurkiewicz, A., & Poteralska, B. (2017). Technology Transfer Barriers and Challenges Faced by R&D Organisations. *Procedia Engineering*, 182, 457-465. doi:doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.134
- Ministerio de Agricultura de Chile, Unidad de Investigación, Desarrollo e Innovación. (2014). Nuevo modelo para un sistema de extensión y transferencia tecnológica en el sector silvoagropecuario chileno. Chile: Gonsa S.A.
- Molnar, J., & Jolly, C. (1988). Technology transfer: Institutions, models, and impacts on agriculture and rural life in the developing world. *Technology Transfer*, 16-23.
- Nandagopal, M. (2013). Commercializing technologies from universities and research institutes in India: some insights from the US experience. *CURRENT SCIENCE*, 104(2), 183-189.
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems A Comparative Analysis*. (R. Nelson, Ed.) New York: Oxford University Press.
- Nevis, E., DiBella, A., & Gould, J. (1995). Understanding Organizations as Learning Systems. *Sloan Management Review*, 73-84.
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, 5(1), 14-37.
- Ogunsumi, L. (2010). Synthesis of extension models and analysis for sustainable agricultural technologies: lessons for extension workers in southwest, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(6), 1187-1192.
- Quintero, S. (2016). Aprendizaje en los sistemas regionales de innovación: Un modelo basado en agentes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017). Learning in the Regional Innovation System An agent Based Model. *Cuadernos de Administración*, 33(57), 7-20.
- Rebentisch, E., & Ferretti, M. (1995). A knowledge asset-based view of technology transfer in international joint ventures. *Journal of ENGINEERING AND TECHNOLOGY MANAGEMENT JET-M*, 12, 1-25.
- Rhoades, R., & Booth, R. (1982). Farmer-back-to-farmer: A Model for Generating Acceptable Agricultural Technology. *Agricultural Administration*, 11(2), 127-137.
- Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 7-31.
- Ruiz, W., Quintero, S., & Robledo, J. (2016). Impacto de los Intermediarios en los Sistemas de Innovación. *Journal of Technology Management & Innovation*, 11(2), 130-138.
- Sabato, J. A., & Botana, N. R. (1970). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. En J. A. Sabato, *El pensamiento Latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología- desarrollo- dependencia*. Editorial Paidós.
- Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., & Link, A. N. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *J. Eng. Technol. Manage*, 115-142.
- Spender, J.-C. (1996). Making Knowledge the Basis of a Dynamic Theory of the Firm. *Strategic Management Journal*, 17, 45-62.
- Szulanski, G. (1996). Exploring Internal Stickiness: Impediments to The Transfer of Best Practice within the Firm. *Strategic Management Journal*, 17, 27-43.
- Teece, D., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.

## 2. Caracterización de las cadenas productivas de café y de aguacate en Antioquia



### Introducción

Este capítulo hace referencia a dos cadenas productivas agropecuarias (en adelante CPA) de gran importancia para Colombia y, de manera particular, para el departamento de Antioquia. Una de ellas, la CPA del café, quizás la de mayor tradición e intervención gubernamental, y la del aguacate, la cual se considera como una cadena emergente, que presenta gran dinamismo y crecimiento en los últimos años.

En la primera parte del presente capítulo se hace un acercamiento de aspectos generales de cada una de estas dos CPA, dando cuenta de lo reportado en literatura especializada. Se relacionan asuntos sobre el origen de los cultivos, referencias sobre su botánica y composición fisicoquímica; así como las etapas involucradas en el proceso productivo. A su vez, se da cuenta de los actores e instituciones que intervienen en ambas cadenas productivas en Antioquia; información obtenida como resultado del trabajo de investigación adelantado con diferentes actores de las cadenas productivas mencionadas.

Posterior a la introducción de las CPA, este capítulo presenta la caracterización de las CPA del café y el aguacate para Antioquia, a partir de las capacidades tecnológicas de innovación (en adelante TCI por sus siglas en inglés), las cuales son requeridas por cualquier sistema de innovación (en adelante SI) para realizar sus funciones de generación, difusión y uso de conocimiento. Dicha caracterización se realizó mediante la aplicación de un instrumento basado en el modelo sistémico de congruencia organizacional de Nadler & Tushman (1997) con el objeto de comprender mejor la evolución y el nivel de cada capacidad de los actores de las cadenas en estudio, clasificadas siguiendo a Lall (1992) en básicas (0,0 a 2,99); intermedias (3,0, 5,99) y avanzadas (6,0, 9,0).

## 2.2 Caracterización de la cadena productiva del café

### 2.2.1 Generalidades de la cadena productiva del café

Originario de Arabia, posteriormente se cultivó en Egipto, propagándose a Asia Menor. En 1554 llegó a Turquía donde se inauguró el primer establecimiento público para su degustación. En 1683, los turcos llevaron el café a Europa, siendo los holandeses los primeros en realizar grandes plantaciones, con el fin de competir con el monopolio turco-árabe (Echeverri, Buitrago, Montes, Mejía, & González, 2005). En América la llegada del café fue gracias a los france-

ses, quienes trajeron las primeras semillas a sus colonias en la Guyana y las Antillas a finales del siglo XVII, esparciéndose por el continente en la primera mitad del siglo XVIII (Jaramillo, Tirado, & Ocampo, 1989) citado por (Machado, 2001).

Si bien no es claro el origen del café en Colombia, una de las versiones más aceptadas indica que fueron los sacerdotes jesuitas, quienes en 1723 introdujeron el grano por Venezuela y que, posteriormente, llega a la mayoría de los países tropicales de América con condiciones adecuadas para el cultivo. En Colombia comenzó a sembrarse en Norte de Santander, sin embargo, solo hasta 1834 fue considerado un producto comercial, con la primera exportación de 2.560 sacos de café. El cultivo se propagó rápidamente por gran parte del territorio, específicamente en Antioquia, se encontraron hallazgos de la existencia de café en 1808, sin embargo, era valorada como una planta silvestre y medicinal, sin explotación económica (Fernández, Reina, Silva, Samper, & FNC, 2007). La industria cafetera colombiana comenzó en el siglo XIX, a raíz de la Revolución Industrial y de la lenta popularización del consumo de café en Europa y los Estados Unidos. La primera expansión de la industria fue un subproducto del auge cafetero que experimentaron los Andes venezolanos después de la independencia (Jaramillo, Tirado, & Ocampo, 1989) citado por (Machado, 2001).

El café es un arbusto perteneciente a la familia de las rubiáceas y al género *Coffea*,

que se cultiva en la región tropical. Abarca 500 géneros y 8.000 especies. Son árboles o arbustos de hojas simples, opuestas y con estípulas frecuentemente bien desarrolladas. Posee flores pequeñas, tubulosas y blancas y su fruto es una drupa con dos semillas cubiertas de pulpa azucarada. Los granos de café o semillas en estado de madurez toman un color rojizo y se les denomina "cereza". Cada una de ellas consiste en una piel exterior que envuelve una pulpa dulce. El fruto del cafeto está compuesto, de afuera hacia dentro, por (FNC, 2010): una cubierta exterior, llamada pulpa (exocarpio); una sustancia gelatinosa azucarada, que recibe el nombre de mucílago (mesocarpio); una cubierta dura, que se denomina pergamino o cáscara (endocarpio); una cubierta más delgada y fina, llamada película (piel plateada), y, finalmente, el grano o almendra (endosperma) que es la parte del fruto que, una vez tostada y molida, se utiliza para la producción de la bebida del café.

Las especies comerciales más importantes son conocidas como *Coffea arabica* Linneo (llamada Arábica o Arábica) y *Coffea Canephora Pierre Ex Froehner* (llamada Robusta). En Colombia se produce el café arábico de alta montaña, el cual necesita condiciones especiales como el clima (temperatura, precipitación, brillo solar y humedad ambiental) y el suelo para su cultivo (FNC, 2010).

### 2.2.2 Composición fisicoquímica del café

Los granos de café crudos tienen una composición diferente entre la variedad Ará-

bica y Robusta. En la variedad Arábica, la cafeína comprende el 1,2 % de la materia seca, 4,2 % minerales, de los cuales 1,7 % es potasio, 16 % lípidos, 1,0 % trigonelinas, 11,5 % proteínas y aminoácidos, 1,4 % ácidos alifáticos, 6,5 % despidos (ácidos clorogénicos), 0,2 % glucósidos y 58 % carbohidratos. En la variedad Robusta, la cafeína comprende el 2,2 % de la materia seca, 4,4 % minerales, de los cuales 1,8 % corresponden al potasio, 10 % lípidos, 0,7 % trigonelinas, 11,8 % proteínas y aminoácidos, 1,4 % ácidos alifáticos, 10 % ácidos clorogénicos y 59,5 % glucósidos, trazas y carbohidratos.

La composición de los granos de café se altera por el proceso de tostado y pierde gran cantidad de agua (posee apenas del 1 al 5 %), proteínas, ácidos clorogénicos y carbohidratos. En la tostación ocurren importantes transformaciones químicas y se forman cientos de sustancias volátiles como los que conforman el aroma, pigmentos poliméricos y melanoidinas. En el café tostado se identifican más de 700 sustancias volátiles, cerca del 0,1 % del total de la materia (Echeverri, Buitrago, Montes, Mejía, & González, 2005).

Las principales variedades de café arábico cultivadas en Colombia son conocidas como Típica, Maragogipe, San Bernardo, Borbón, Caturra, Colombia, Tabí y Castillo (Fernández, Reina, Silva, Samper, & FNC, 2007). El Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) ha desarrollado importantes variedades adaptadas a las características del país. La variedad

Colombia, resistente a la roya; la variedad Tabí, de porte alto y resistencia a la roya, y la variedad Castillo, la cual es el mejoramiento genético de la variedad Colombia (Fernández et al., 2007).

### 2.2.3 Proceso productivo del café

**Crecimiento y ciclo de vida.** El cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las circunstancias o sistema de cultivo. Después de varios años de actividad, la planta envejece y entra en un proceso de deterioro que se denomina fase de senescencia o envejecimiento (Pulgarín, 2007).

**Floración.** El ciclo del cafetal oscila entre cinco y ocho años. La densidad, el sombrío y la altitud son determinantes para la duración del ciclo como se mencionaba anteriormente.

**Producción.** La floración ocurre después de períodos secos, cuando la planta sufre un estrés hídrico. En el café arábico la recolección ocurre aproximadamente 32 semanas después de la floración.

**Cosecha.** En el país se utiliza principalmente el método de cosecha manual, que consiste en pasar entre las plantas a intervalos regulares para recoger, una a una, solo las cerezas que hayan alcanzado el punto justo de maduración normalmente de color rojo o amarillo intenso, ya que los verdes dañan el sabor del café.

**Postcosecha.** El proceso de transportación de café cereza conlleva varias etapas con el fin de tomar la materia prima inicial y realizar los procesos posteriores de transformación hasta llegar al café pergamino, el proceso es el siguiente:

**Recepción:** se realiza de dos formas. La primera es en seco, aprovechando la gravedad, mediante tolvas construidas en cemento, madera o recubiertas con aluminio. El ángulo formado entre sus paredes y el piso debe ser de 45 a 50 grados, es decir, con una pendiente igual o superior al 100 %. La otra forma es en húmedo, por medio de conductos que van desde el cultivo hasta el sitio en poscosecha, en este se depositan los granos y por medio de corrientes de agua se produce su transporte (FNC, 2006).

Los pequeños caficultores que no cuentan en sus fincas con un proceso de beneficio adecuado venden su café cereza a otros caficultores o lo hacen directamente a las cooperativas de sus municipios (las cuales lo compran y continúan con el proceso); entre ellas están la Cooperativa de Caficultores de Salgar, la Cooperativa de Caficultores de Occidente y la Cooperativa de los Andes.

En fincas con producciones menores de 300 arrobas de café pergamino seco al año, el café cereza se recibe en la tolva de la despulpadora. En fincas de mayor producción pueden usarse tolvas secas, donde se recibe el café y

se transporta por gravedad hasta la despulpadora. No debe usarse agua en esta etapa (Genicafé, 2016).

**Beneficio:** una vez desprendidos de la baya, los frutos deben ser beneficiados en un lapso no mayor a las 10 horas, de lo contrario, el grano puede sufrir una fermentación producto de la transmisión de los almidones de la pulpa que lo contiene. Se separan los frutos de los cuerpos extraños como piedras, ramas y hojas. El beneficio seco y el beneficio húmedo son las dos maneras de beneficiar el café para separar las partes del fruto: la pulpa, el mucílago y el grano. En Colombia se practica el beneficio por vía húmeda, proceso que realiza en las etapas que se muestran en la Figura 2-1.

**Manejo de subproductos.** En los países productores de café, los residuos y subproductos de este constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se han desarrollado formas para utilizar dichos subproductos como materia prima para la producción de piensos, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pépticas, proteína y abono. Algunos de los subproductos aprovechables del beneficio son: la pulpa, mucílago, cisco, pasillas, borra y tallos, según se presenta en la tabla 2-1.



Figura 2-1. Beneficio húmedo del café  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-1. Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1.000 g de café cereza

Proceso	Residuo obtenido	Pérdida (en gramos)
Despulpado	Pulpa fresca	436
Desmucilaginado	Mucílago	149
Secado	Agua	171
Trilla	Pergamino	42
	Película plateada	
Torrefacción	Volátiles	22
Preparación bebida	Borra	104
Pérdida acumulada 924		

Fuente: (Rodríguez & Franco, 2010).

**La pulpa.** En el proceso de cultivo e industrialización del café, solamente se aprovecha el 5 % del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 95 % restante está representado por residuos orgánicos que presentan diferentes composiciones químicas. Los principales subproductos que se generan en el proceso de beneficio e industrialización del fruto de café y en los procesos de renovación del cultivo son: la pulpa, el mucílago, el cisco, las pasillas, la borra y los tallos de café. Para el aprovechamiento y valorización de la pulpa de café y evitar su impacto ambiental negativo, se ha investigado: su transformación en abono orgánico utilizando la lombricultura con el fin de obtener abono orgánico y biomasa para la alimentación animal; la producción de hongos comestibles de los géneros Pleurotus, Lentinula y Ganoderma los cuales son muy apreciados por su gran valor nutritivo y medicinal; los procesos de ensilaje para su almacenamiento y conservación, y la obtención de pectinas y de biocombustibles.

### 2.2.4 Eslabones de la cadena productiva del café en el departamento de Antioquia

La CPA del café comprende desde las actividades agrícolas que se realizan en las unidades productivas tales como: siembra, recolección, beneficio y secado, obteniendo hasta la fase que se conoce como café pergamino mojado, pergamino húmedo y pergamino seco. Posteriormente se extrae el endocarpio que lo cubre convirtiéndose en café verde. La denominación "verde" no hace referencia al grado de madurez sino

al hecho de no ser aún tostado. De allí, dependiendo del destino del producto, si es exportación o si es para el consumo interno, se prosigue con el proceso productivo de la cadena como la tosti3n, molienda y empaclado. Adem3s de su consumo, el café puede utilizarse como insumo en la industria, allí el grano es sometido a otro proceso para extraerle la cafeína. La figura 2-2 presenta la cadena productiva del café en Antioquia.

A continuaci3n, se detallan los eslabones que comprenden la cadena productiva del café en Antioquia.

**Proveedores de semilla.** La calidad de la semilla de café tiene alta y directa influencia en el 3xito del cultivo, ya que en gran parte garantiza la productividad y la sanidad fitosanitaria. La distribuci3n de la semilla idealmente debe ser 3gil y oportuna por parte de los comités a los caficultores, sin sobrepasar su tiempo de garantía (tres meses). Deben tener en cuenta que mientras realizan su distribuci3n es conveniente conservarla en lugares de almacenamiento a temperaturas de 10°C; adem3s, deben informar a los caficultores sobre los cuidados requeridos para garantizar su germinaci3n (Cenicafé, 2013).

**Productores.** El aumento significativo en los rendimientos en la cosecha de café se debe a la renovaci3n de la estructura productiva, que ha llevado a Colombia a tener una caficultura joven, tecnificada y resistente a plagas. Reflejo de lo anterior es el

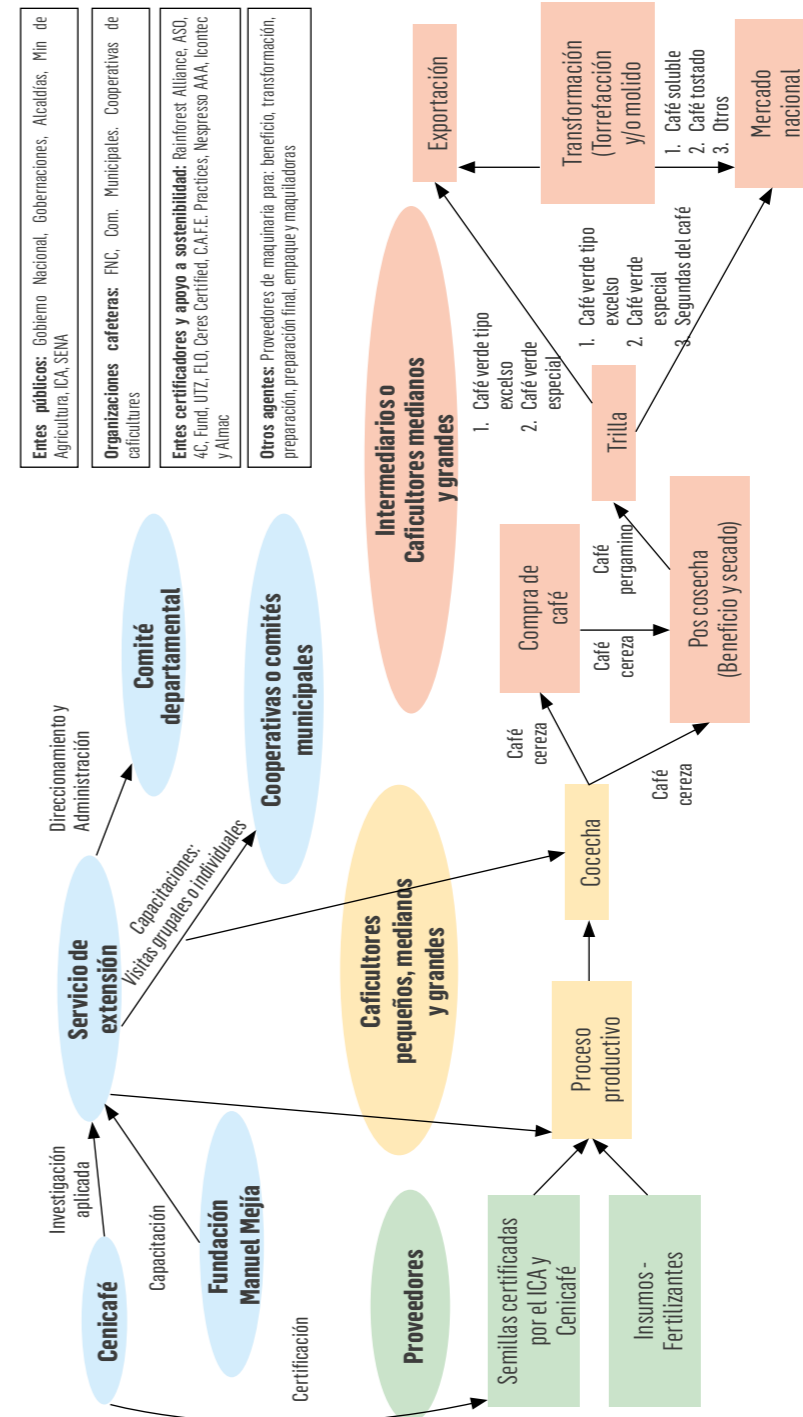


Figura 2-2. Cadena productiva del café  
Fuente: Elaboraci3n propia.

volumen de producción del año 2015, en los que la cosecha cafetera creció 10 %, frente al año anterior (Café de Colombia, 2015). Actualmente Huila, Antioquia y Bolívar son los principales productores en volumen de café, estos se caracterizan por tener un rendimiento mayor al promedio nacional, teniendo en promedio 1,15 Ton/ha.

**Compradores de café.** En Colombia existen productores que no tienen la capacidad para integrar la cadena, por esta razón existen actores que se encargan de comprar café cereza o pergamino, para transformarlo por medio de los procesos de trilla en café verde. La FNC de Colombia ofrece a todos los cafeteros la garantía de compra, mediante la publicación de un precio base de mercado que se calcula de acuerdo con la cotización de cierre en la Bolsa de Nueva York del día, la tasa de cambio del día y el diferencial o prima de referencia para el café colombiano. El precio base es calculado para café pergamino con factor de rendimiento 94,00, los compradores se encargan de realizar la evaluación de rendimiento en trilla y defectos físicos de grano, los cuales generan castigos o bonificaciones sobre las cargas de café. Para el caso particular de las cooperativas de caficultores, estas cubren con cargo al precio los costos relacionados con el servicio de acopio de café al productor (FNC, 2017). Según el registro detallado de compradores de café autorizados para el programa de la FNC, en el departamento de Antioquia se encuentran 37 compradores

certificados, con un total de 151 casas de compra en 78 municipios cafeteros.

### **Transformadores de café**

**Proceso de trillado.** Este proceso es crucial dentro de la cadena de valor del café, ya que es allí donde se transforma la materia prima para obtener un grano verde tipo exportación. Dentro de la gestión de trillas se analizan, se controlan y se toman medidas correctivas para asegurar el mejoramiento continuo y el uso óptimo del café que los productores llevan a los puntos de compra. La trilla permite la separación del café tipo excelso de las segundas, este subproducto de la trilla del café pergamino, tiene un costo, como materia prima, de alrededor del 40 % más bajo en comparación con el café excelso de exportación, además, por medio de este proceso se pueden detectar los defectos físicos del café con el fin de mejorar la calidad. En Antioquia, los actores más importantes que realizan procesos de trillado son:

- Federación Nacional de Cafeteros: Cooperativa de Caficultores de Salgar, Cooperativa de los Andes y Almacafé.
- Privados: Racafé, Louis Dreyfus Company, Expocafé, Carcafé y Laumayer.
- Marcas de café que realizan su propio proceso de trilla: Laboratorio de Café, Oro Molido, Café Uribia, Café Almenra Selecta, Café Balcón, Café Retiro, Café Santa Bárbara, Café Pergamino, Los Búcaros, Café Cóndor, Trilladora La Unión y Coltrillas.

### **Proceso de tostación y sus derivados.**

La tostación es la transformación de los granos de café verde mediante la aplicación de calor, lo que origina varios cambios físicos y reacciones químicas que desarrollan todo el aroma y sabor de la bebida. Inicialmente el grano absorbe calor y pierde la humedad y algunos gases. Luego ocurre el "primer crack" con un sonido como de crispeta (maíz tostado) o "palomitas de maíz". A partir de ese momento el grano crece en tamaño y comienza a tomar un color oscuro por la caramelización de los azúcares conformando los más de 800 compuestos químicos que tiene el café tostado. Finalmente, y dependiendo del grado de tostación deseado, puede haber un "segundo crack" y se presenta una reacción exotérmica (que libera calor). A partir de ese momento es necesario reducir la temperatura aplicada con agua o aire frío para obtener exactamente el color y sabor deseados (Café de Colombia, 2010).

**Comercialización de café.** El mercado del café en el ámbito global ha presentado un comportamiento variable, en lo que corresponde al valor comercializado en dólares. En el año 2016 fueron importadas en el mundo un total de 8'424.196 toneladas de café, se presenta a Estados Unidos como el país más consumidor del grano con un 19,03 % de participación, seguido por Alemania (14,21 %) e Italia (7,08 %). Según cifras de la Organización Internacional del Café (OIC), las exportaciones mundiales de café para el año cafetero 2015/16 incrementaron un 3,1 % respecto

al año cafetero anterior debido al aumento de las exportaciones de cafés arábigos. Colombia entre el año 2016 y hasta agosto del 2017 exportó aproximadamente un total de 1 932 831 toneladas de café a nivel mundial (DANE, 2017). El 69 % del volumen exportado (corresponde a café verde excelso bajo la denominación Café de Colombia), un 17 % (2,1 millones de sacos) corresponde a cafés especiales, un 8 % (1 millón de sacos) a cafés con calidades inferiores al excelso (producto de Colombia) y un 6 % (819 mil sacos) a café industrializado (FNC, 2016).

**Cafés especiales.** Este concepto hace alusión a la geografía y a los microclimas, que permiten la producción de granos de café con sabor único y de características particulares que preservan su identidad. En 1982 se creó la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA), y esta definió el término *Café especial* como "un café de buena preparación, de un origen único y sabor distintivo" (Farfán, 2007) citado por (Arcila, Farfán, Moreno, Salazar, & Hincapié, 2007). Existen varias categorías de cafés especiales entre ellas se encuentran: Cafés de Origen, Café Regional, Café Exótico y Café de Finca o "Estate Coffee", Cafés Sostenibles, Cafés Selectos, Cafés Supremos, Cafés Caracol, entre otros.



## 2.2.5 Instituciones vinculadas a la cadena productiva del café

### **Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC)**

En Colombia, la institucionalidad cafetera se encuentra concentrada en una sola entidad con poder sectorial y nacional esta es la FNC. Aparte de su rol gremial, la FNC comparte con el Gobierno la responsabilidad del diseño de políticas y programas en el seno del Comité Nacional de Cafeteros<sup>1</sup>, ejecuta dichas políticas y programas, regula la exportación y participa en las más diversas actividades de apoyo a la producción, el acopio, el transporte, la certificación y la comercialización internacional del café (Echavarría, Esguerra, McAllister, & Robayo, 2015).

### **Cenicafé**

El propósito de este centro de investigación es contribuir al cumplimiento de la misión de la FNC, mediante la generación de tecnologías y conocimientos apropiados, competitivos y sostenibles. Cenicafé, desarrolla proyectos de experimentación en todas las áreas del conocimiento relacionadas con el café: desde los estudios genéticos para obtener nuevas variedades hasta la investigación sobre la industrialización del café colombiano dirigida a favorecer a los consumidores del Café de Colombia (FNC, 2017).

<sup>1</sup> Es el órgano de concertación de las políticas cafeteras y de decisión del manejo de los recursos fiscales y parafiscales del sector.

### **Servicio de extensión**

El Servicio de Extensión de FCN fue creado en 1959, desarrolla y ejecuta programas técnicos, sociales, económicos, ambientales y gremiales con los productores de todas las regiones cafeteras de Colombia. Los extensionistas que atienden a los cafeteros desde los comités departamentales tienen como prioridad apoyar al productor de café en la construcción de su empresa y a transmitir el conocimiento relacionado con el cultivo del café. El extensionismo es el principal vehículo de transferencia de conocimiento a los productores integrado por 1.500 hombres y mujeres profesionales de las ciencias agrarias.

## 2.3. Caracterización de la cadena productiva del aguacate

### 2.3.1. Generalidades de la cadena productiva del aguacate

El origen del aguacate como especie frutal tuvo lugar en las partes altas del centro y oriente de México y Guatemala según Williams (1977) citado en (Corpoica, 2014). El reconocimiento de las cualidades del fruto hizo que los colonizadores lo diseminaran por diferentes partes del mundo, es así como algunos autores señalan que entre los siglos XVI y XVII fue llevado a las Antillas, Brasil, y al sur de Europa, en tanto que se expandió por el norte de América, la zona meridional de Suramérica, el territorio africano y asiático durante el si-

glo XIX, según Ibar, (1979) y Knight, (2007) citado en (Corpoica, 2014).

El aguacate es una planta que presenta una alta polinización cruzada, existe una gran facilidad para la obtención de híbridos de forma natural y artificial. Por tal razón, desde principios del siglo XX se iniciaron procesos de mejoramiento del aguacate, mediante la hibridación de variedades de distintas razas; es así como se obtuvieron híbridos entre las razas Mexicana y Guatemalteca y entre esta y la Antillana, dando como resultado variedades con mayor adaptación. En la actualidad se cuenta diferentes razas de aguacate que varían en su forma, el color y textura de su corteza, cuando está maduro el fruto, así como el color de su pulpa puede tener tonalidades desde marfil, amarillo, hasta verde (Bernal & Díaz, 2008), en su tamaño y en el sabor de su pulpa.

La presencia del aguacate en Colombia se remonta a la época precolombina, según registros encontrados del año 1519. En la época moderna se asocia al cultivo del café, ya que se han utilizado los árboles de aguacate para darle sombrío. Sin embargo, los problemas asociados con la caficultura, entre ellos la disminución de los cultivos, hizo que el aguacate tomara relevancia comercial, incrementándose el cultivo y explotación, convirtiéndose en una fuente de ingreso importante para los agricultores (Yabrudy, 2012).

El género *Persea* está conformado por 150 especies distribuidas en Asia, Islas Cana-

rias y América, donde existen 80 variedades (Vargas, 2002), de las cuales la mayoría se encuentran en América del Norte (Corpoica, 2014). La variedad Hass (*Persea americana*), patentada en California, Estados Unidos, en 1935 y comercializada en el ámbito mundial desde 1960, ha tenido gran aceptación debido a la selección y propagación de ejemplares de "Persea" de excelentes atributos (Yabrudy, 2012). En Colombia el aguacate Hass ha presentado buenos rendimientos por hectárea (van desde 12,4 a 18,8 t/ha. en árboles de 8 y 9 años), además presenta buenas características organolépticas, por lo que se ha considerado interesante la expansión del cultivo (Corpoica, 2014), de allí que esta variedad haya tenido gran difusión en el departamento de Antioquia, gracias a las condiciones edafoclimáticas, siendo la variedad de mayor cultivo en el Departamento (Galindo, Esguerra, & Guarín, 2016), de allí que desde el año 2010 los departamentos del Eje Cafetero junto con Antioquia son los que han experimentado las mayores tasas de crecimiento anual promedio de la variedad Hass, destacándose también el auge del cultivo en el departamento de Tolima (Yabrudy, 2012).

**Valor nutricional:** el aguacate se destaca por su alto valor nutritivo, ya que posee hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas A, C, D, B6 y E (importante antioxidante), fibra, agua y minerales, siendo abundante en potasio y magnesio y pobre en sodio. Así mismo, se ha establecido que su valor calórico es elevado con respecto a

otras frutas, ya que 100 gramos de pulpa aportan 160 calorías. Uno de los componentes principales es su fracción lipídica, grasas mayoritariamente monoinsaturadas, especialmente ácido oleico (Juri, 2010).

### 2.3.2 Producción nacional

Las zonas productoras de aguacate en el país presentan grandes variaciones agroclimáticas, lo que proporciona cambios en las respuestas agronómicas, de productividad, de rendimiento de los cultivos y de calidad de la fruta; a lo anterior se suma el hecho de que existe gran cantidad de genotipos criollos, que son producto del cruce entre las razas, lo cual hace que exista una oferta casi permanente de la fruta en el ámbito nacional. Las nuevas plantaciones a escala comercial están siendo orientadas hacia las variedades de frutos pequeños como el Hass, el Fuerte y el Reed; las cuales cuentan con una mejor calidad en pulpa y se siembran desde los 1.400 hasta los 2.400 m.s.n.m (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017).

La producción de aguacate ha aumentado entre los años 2012-2016, pasando de 255.195,25 toneladas producidas en el 2012 a 335.882,15 en 2016 y el área cultivada de 27.555,48 hectáreas a 50.982,64 hectáreas en el mismo período, representando un incremento de 31,62 % y 48,62 %, respectivamente (Analdex, 2019). Concentrándose la producción, principalmente, en los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del

Cauca, Risaralda y Quindío (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017).

El incremento de la producción de aguacate Hass se debe al aumento de su demanda, en gran medida, gracias a que en Colombia se puede disponer de fruto prácticamente todos los meses del año, lo que convierte al país suramericano en uno de los proveedores más atractivos para el mundo (Procolombia, 2019).

### 2.3.. Proceso productivo del aguacate

El aguacate se propaga en forma sexual por semilla y asexual por medio de estacas, injertos e in vitro (Corpoica, 2014), para ambos casos es necesario tener presente especialmente aspectos como: a) planeación del cultivo y densidad de siembra, b) manejo según la etapa de crecimiento de la planta, c) podas según densidad del cultivo, d) nutrición y manejo fitosanitario y e) evaluación e indicadores de productividad (Díaz, 2018).

El ciclo productivo en forma natural puede superar los 40 años, cuando se siembra en forma comercial su ciclo alcanza hasta los 15 años. El inicio del ciclo productivo depende de la variedad a cultivar, para cultivares propagados por semilla, la producción se inicia después del cuarto o quinto año, entrando en plena producción después del noveno año; los propagados por injerto producen a partir del segundo año, entrando en plena producción hacia el tercer o cuarto año y con una vida útil promedio de la plantación de 15 años (Corpoica, 2014).

**Cosecha.** La coloración externa del aguacate es el método más utilizado para determinar el momento óptimo de la cosecha, aunque también se puede establecer por otros factores como por el tamaño y la forma de los frutos. En la mayoría de las variedades la porción del pedúnculo más próxima al fruto se torna amarillenta, lo cual es un buen indicio de madurez. Cuando el fruto no ha alcanzado la madurez fisiológica, la cáscara presenta un color verde brillante, a medida que la maduración avanza el color se torna verde opaco (Corpoica, 2014). Para mantener una buena calidad del fruto, la colecta debe ser en las primeras horas de la mañana y debe hacerse de manera manual utilizando herramientas desinfectadas y en buen estado que eviten el daño del fruto (Corpoica, 2014).

**El beneficio.** Es el proceso que se realiza para la preparación de los frutos, una vez se han cosechados con el fin de establecer medidas que procuren su calidad durante la comercialización. En la figura 2-3 se señalan las etapas más comunes para el beneficio del aguacate.

### 2.3.4 Eslabones de la cadena productiva del aguacate en el departamento de Antioquia

La organización de la CPA del aguacate de Colombia se constituyó en el año 2008, está representada a través de un Consejo Nacional conformado por miembros que representan los sectores productivos de insumos, viveros y productores, la industria del procesamiento de aguacate, el sector comercio, los centros de investigación, la academia y el sector público (Finagro, 2014).

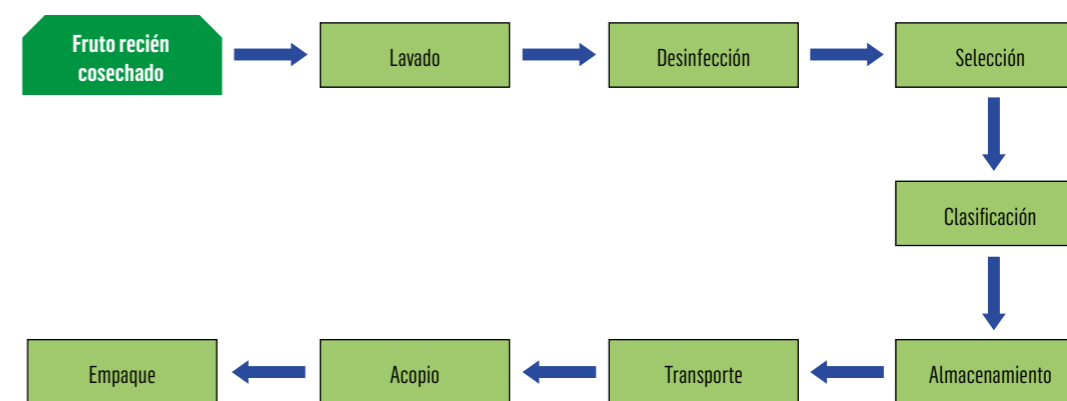


Figura 2-3. Etapas del beneficio del aguacate  
Fuente: Elaboración propia.

En el marco del proyecto de investigación: *Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia*, realizado entre los años 2017 y 2019, se determinaron los eslabones y actores que comprenden la CPA de aguacate en el departamento de Antioquia, ello se esquematiza en la figura 2-4.

A continuación, se detallan los eslabones que comprenden la CPA de aguacate en Antioquia.

### Proveedores

**De material vegetal.** Los proveedores de plántulas, conocidos como viveros, deben obtener el Registro del Predio Productor dispuesto bajo la Resolución ICA 448 de 2016. Dentro del proceso de registro que deben realizar los viveristas está el manejo sanitario y agronómico de la semilla y material vegetal. Además, el ICA ejerce acciones de inspección, vigilancia y control fitosanitario en viveros productores y distribuidores para minimizar los riesgos de introducción y diseminación de plagas (ICA, 2017).

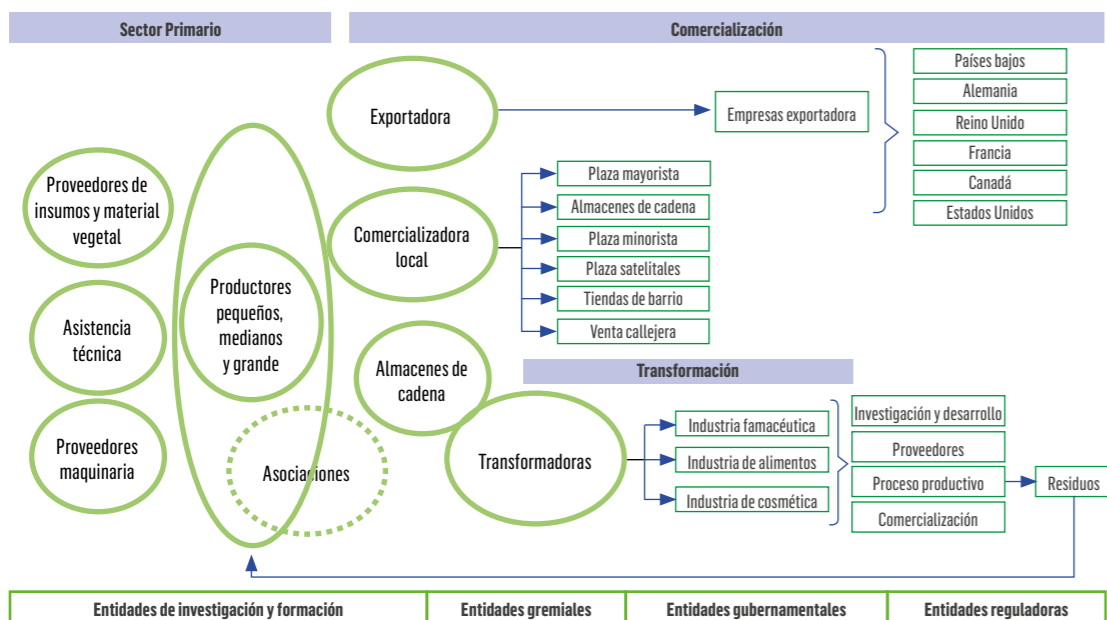


Figura 2-4. Cadena productiva de aguacate  
Fuente: Elaboración propia.

### De fertilizantes, herbicidas y fungicidas.

Para la elección del producto fitosanitario adecuado, se deben emplear plaguicidas registrados ante el ICA para el cultivo y para el control de plagas (Corpoica, 2014).

### De asistencia técnica.

La Asistencia Técnica Directa Rural es un servicio público de carácter obligatorio y subsidiado con relación a los pequeños y medianos productores rurales, cuya prestación está a cargo de los municipios en coordinación con los departamentos y los entes nacionales, en particular el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Procasur, IN-DAP, & FORDFOUNDATION, 2012). Según el portal Siembra, consultado en 2018, se encuentran entidades públicas y privadas para la prestación del servicio de asistencia técnica agropecuaria, registrándose 79 empresas prestadoras de servicio de asistencia técnica conocidas como Epsagrop. Estas 34 son organizaciones no gubernamentales ONG's y entidades de apoyo, 22 gremios y asociaciones, 19 empresas, tres universidades, centros de investigación y desarrollo y una entidad pública del orden territorial, el 16 % se encuentran en la Región Andina y un 5 % en la Región Pacífica (Manzano & Guadarrama, 2016).

### Industria auxiliar.

Constituida por empresas proveedoras de maquinaria para la recolección y procesamiento de los métodos de cultivo, así mismo para la comercialización del aguacate Hass se requiere de empaques para su exportación, además se encuentran laboratorios donde se envían las

muestras para evaluación de residualidad de químicos en la fruta (Meneses, 2017).

### Productores

Este eslabón está conformado por organizaciones gremiales y asociaciones de productores. El municipio de Urrao reporta 38 productores, seguido por San Vicente de Ferrer con 23, luego están Abejorral con 18 y Marinilla con 17, en tanto El Retiro, 14; La Ceja, 10; Rionegro, 9; Guarne y El Peñol con 8 cada uno, El Santuario con 7, Caicedo con 3, seis municipios con 2 productores, y, por último, hay 19 municipios de Antioquia con un (1) productor de aguacate cada uno (ICA, 2017). En cuanto a las asociaciones de productores de aguacate se reportan 17 que operan en el departamento de Antioquia (Sanmartin, 2017).

### Eslabón de comercialización

### Comercialización nacional.

La comercialización en Colombia funciona por medio de intermediarios que poseen la función de abastecer la fruta; teniendo como canales de distribución comercializadoras locales, almacenes de cadena y canales no tradicionales (SAG, 2017).

Las variedades de aguacate preferidas por el consumidor del departamento de Antioquia son Papelillos, Lorena y Trapp (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). Estos se comercializan en locales como plazas de mercado, almacenes de cadena, además de canales no tradiciona-

les constituidos por restaurantes, hoteles, comedores, cafés, así como mediante el comercio informal compuesto especialmente por ventas callejeras. El comportamiento de los precios del aguacate en el mercado nacional presenta una alta volatilidad, debido a que las plazas de mercado se saturan rápidamente y es difícil tener estabilidad en precios (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).

### Comercialización internacional

**Exportaciones.** México es el principal productor y exportador de aguacate, con una participación de 47 % del total global exportado. Seguido de los Países Bajos, Perú, Chile y España. Estos países son responsables de más del 80 % de las exportaciones totales de la fruta (ITC, 2017).

En el año 2016, los principales destinos de las exportaciones de aguacate de Colombia fueron para Países Bajos (42,4 %), seguido de Reino Unido (23,9 %), España (21,1 %), Francia (10,2 %), Alemania (1,7 %) y Costa Rica (0,5 %) (ANALDEX, 2017). En tanto durante el 2017, los principales destinos fueron los Países Bajos, el Reino Unido, España y Bélgica. Estos cuatro países representan un 91,47 % de las ventas externas, poniendo a la Unión Europea como destino principal de las exportaciones de aguacate (AnalDEX, 2018).

La tendencia exportadora en crecimiento, que se prevé continúe en ascenso, ya que a Colombia se le concedió por parte de Es-

tados Unidos admisibilidad dada por la entidad *Animal and Plant Health Inspection Service* -APHIS- (Portafolio, 2017).

Para abastecer a los supermercados internacionales, los exportadores deben ser capaces de entregar grandes cantidades de productos con una calidad uniforme, de manera oportuna, con empaques para consumo, flexibilidad con respecto a la demanda estacional o creciente (CBI, 2016a). Las variedades comerciales son Hass, Fuerte, Ettinger, Pinkerton y Reed; aunque el Hass es la principal variedad comercial (CBI, 2016b).

Existen diversos requisitos para exportar a países de la Unión Europea o a los Estados Unidos. Los mercados europeos se fundamentan en el control residual de plaguicidas, establecido niveles máximos de residuos (LMR) en productos alimenticios (CBI, 2015). En tanto, para exportar a Estados Unidos se deben tener en cuenta las normas de cumplimiento obligatorio publicadas en el *Code of Federal Regulations*, así mismo el control fitosanitario fronterizo de las plantas y sus productos a cargo de la Agencia de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal o APHIS (*Animal and Plant Health Inspection Service*), adscrita del Departamento de Agricultura (USDA) (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2010). Existen certificaciones voluntarias para exportar aguacate Hass al mercado de Europa y de Estados Unidos, entre las cuales se encuentran: Global G.A.P, Fairtrade, CanadaGap, Sustaina-

bly Grown, Agricultura ecológica de la UE, USDA Organic.

**Importaciones.** El principal mercado mundial para el aguacate, con un ritmo sostenido de crecimiento en los últimos años, es Estados Unidos seguido, de los Países Bajos y de Francia (ITC, 2017a). Colombia importa aguacate, aunque de manera decreciente, pues durante el 2011 el valor importado ascendió a USD 518 mil y en el 2016 descendió a USD 16 mil, siendo los países de donde ha importado Ecuador, Chile, Perú y México (ITC, 2017b). En el país, las importaciones de este producto han disminuido en un 96 % en los últimos 4 años, pasando de 3.128 toneladas en el 2014 a 133 toneladas en el 2017 (Minagricultura, 2018).

### Eslabón de transformación

Las industrias que se benefician de los derivados del aguacate son la farmacéutica, la de alimentos y la cosmética. Los residuos generados (aproximadamente 70 %) como la cáscara y la pulpa seca se destinan para la industria de abonos orgánicos y para concentrados para animales (Asohofrucol, 2017). En Colombia, el aguacate es muy apreciado, sin embargo, la mayoría de la fruta se comercializa en fresco por las dificultades de transformación (Sandoval, Forero, & García, 2010). Pese a ello, se identificaron en el departamento de Antioquia dos empresas transformadoras de aguacate.

### 2.3.5 Instituciones vinculadas a la cadena de aguacate en el departamento de Antioquia

La CPA de aguacate en Antioquia funciona como un espacio institucional de concertación y coordinación de acciones y proyectos relacionados con las funciones de apoyo, concentrándose en los eslabones de la producción primaria y la comercialización (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2010).

La CPA se encuentra sostenida por organizaciones como Agrosavia, el ICA, SENA, Procolombia y la Corporación Colombia Internacional (CCI). En el ámbito departamental se encuentran entidades como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2010). Desde la academia son varias instituciones de educación superior de Antioquia las que han realizado investigaciones, trabajos de transferencia y extensión, que han fortalecido y dinamizado la cadena. Otros actores que la componen son organizaciones gremiales y asociaciones de productores, como Corpohass y Corporación de Aguacate de Antioquia (Siembra, 2017). Así mismo están involucradas entidades financieras, ellas son: Finagro, Banco Agrario, Cámara de Comercio, CCI (ASOHOFrucol, 2017).

## 2.4 Caracterización de las CPA de café y de aguacate a partir de las capacidades tecnológicas

En Colombia, las CPA se han caracterizado en algunos casos, por la agrupación de sus productores, que dependen de la transferencia de tecnología (en adelante TT) para mejorar sus procesos productivos, en búsqueda de una mayor rentabilidad y competitividad internacional. Sin embargo, la carencia de metodologías que proporcionen una identificación de los roles y las dinámicas de los actores, no han permitido determinar con mayor claridad, cuáles son las brechas que dificultan la estructuración y el relacionamiento entre actores y sus diferentes eslabones productivos.

La literatura especializada y, en particular, la OCDE (2018), ha relacionado el concepto de innovación y capacidades tecnológicas. Desde dicha perspectiva, las actividades de innovación acumuladas de uno o más actores pueden procurar el avance del conocimiento dentro de los dominios tecnológicos específicos, creando nuevos mercados y oportunidades para la innovación. En su sentido más amplio el *Manual de Oslo* define la "tecnología" como el estado del conocimiento sobre cómo convertir recursos en salidas. Las capacidades tecnológicas incluyen el conocimiento sobre estas tecnologías y cómo usarlas, igual que la capacidad de hacer avanzar las tecnologías más allá del estado de la técnica (OECD, 2018).

Por su parte, la innovación es un proceso social de carácter sistémico, dinámico y complejo, resultante de la interacción entre actores diversos y sus funciones para la generación, difusión y uso del conocimiento y la tecnología (Edquist, 2013). Para comprender este fenómeno es esencial analizar las funciones, roles y relaciones de los actores que componen el sistema (Carlsson B., Jacobsson, Holmén, & Rickne, 2002), el cual puede verse influenciado en su desempeño por las capacidades de los actores para suplir las necesidades de un entorno competitivo (Quintero, Ruiz, & Robledo, 2017).

Las TCI de los actores involucrados en una CPA son un factor clave para su éxito. Estas se definen como la habilidad o aptitud de la organización para realizar sus actividades productivas de una manera eficiente y efectiva mediante el uso, la combinación y la coordinación de sus recursos (Penrose, 1959) y competencias, mediante varios procesos creadores de valor, así como aquellos objetivos definidos previamente por la firma (Renard & St-Amant, 2003). En síntesis, el aprendizaje tecnológico es el proceso dinámico de adquisición de TCI, lo cual es importante para la competitividad global de una economía basada en el conocimiento.

Las TCI son requeridas por cualquier SI para realizar sus funciones de generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología, distribuyéndose entre los diferentes actores que conforman el sistema. Es-

tas capacidades corresponden a aquellas tecnológicas, de innovación e innovación tecnológica (Kim, 1997; Ernst, Mytelka, & Ganiatsos, 1998; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Wang, Lu, & Chen, 2009), las cuales fueron clasificadas así: la capacidad de investigación y capacidad de desarrollo (asociada a la función de generación de conocimiento y tecnología). La capacidad de difusión y la capacidad de vinculación (asociada a la función de difusión de conocimiento y tecnología) y la capacidad de apropiación y la capacidad de mercadeo para la innovación (asociada a la función de uso del conocimiento y la tecnología).

### 2.4.1 Relación entre las TCI y el modelo de congruencia

La importancia de las TCI radica en que en ellas se expresan los dos modos de innovación *Doing-Using-Interacting* y *Scientific and Technologically-based Innovation* (DUI-STI) y las combinaciones de conocimiento "*know: how; who; what; why*" de las organizaciones (Dosi, Nelson, & Winter, 2000) siendo fundamentales para el éxito empresarial en ambientes competitivos. La capacidad involucra el conocimiento, la experiencia y las habilidades de la organización (Richardson, 1972). Lo anterior constituye uno de los aspectos más importantes para que la organización construya una ventaja competitiva (Baden-Fuller, 1995) a través de una gestión para la innovación en la organización, la cual se realiza mediante directrices corporativas y a través de las

personas (Nadler & Tushman, 1980). El modelo de congruencia de Nadler y Tushman (1997) ha sido utilizado con éxito para el diseño de organizaciones competitivas. Con base en dicho modelo, Robledo, López, Zapata, y Pérez (2010) proponen una metodología para la evaluación de las TCI. El modelo se basó en la característica de recurrencia de los sistemas, definiendo que para cada capacidad debe haber un sistema organizacional que la habilite.

El modelo de Nadler y Tushman es una aplicación de la Teoría Contingente de la Organización, que adquiere la forma de un sistema abierto, integrado por varios componentes que coexisten en varios estados de congruencia, la hipótesis básica del modelo es que entre más alto sea el nivel de congruencia de sus distintos componentes, más eficaz será la organización. Como componentes del modelo se identifican las entradas, la estrategia, los procesos de transformación y las salidas.

La investigación realizada comprendió las siguientes etapas metodológicas:

- Búsqueda de literatura especializada con respecto a la teoría de los recursos, capacidades y competencias; posteriormente, se exploró la teoría del aprendizaje con el fin de comprender cómo se pueden medir y estimar las TCI.
- Identificación de los actores que componen los procesos productivos y las relaciones establecidas entre los agentes para desarrollar el proceso de

TT, mediante la búsqueda en fuentes primarias a través de entrevistas a los actores más representativos de cada eslabón de las CPA y por fuentes secundarias de información estructurada en bases de datos científicas (Scopus, Science Direct, Springer), así como fuentes no estructuradas como páginas web especializadas en la cadena, libros y asistencia a eventos.

- Construcción de un instrumento para identificar y levantar la información más relevante de las TCI (capacidades de investigación, desarrollo, difusión, vinculación, apropiación y mercadeo) de los actores en cada eslabón de la CPA y en diferentes líneas de tiempo (tiempo actual, 5 y 10 años pasados), a partir del modelo de congruencia (Nadler & Tushman, 1997), por medio de encuestas estructuradas definidas por muestreo estratificado para poblaciones finitas a los actores de las cadenas productivas. Para su análisis se realizó una tabulación y se procedió a un análisis estadístico descriptivo por medio del *software* STATGRAPHICS Centurion XVI.
- Clasificación de las capacidades según la propuesta de Lall, (1992).
- Identificación de las características de la TT en las cadenas productivas.

Para la estimación y medición de las TCI de los actores que componen las CPA del café y el aguacate en Antioquia Colombia, se diseñó una herramienta a partir de la propuesta de Robledo et al., (2010) y Quintero

et al., (2017). Con el objetivo de asociar las TCI al modelo sistémico de congruencia organizacional de Nadler & Tushman (1997) y sus cuatro dimensiones (organización formal, informal, tecnológico y recurso humano), el cual tuvo como fin cuantificar cada una de las TCI a través de una escala de Likert y comprender mejor la evolución y el nivel de cada capacidad de los actores de las cadenas en estudio, estas fueron clasificadas siguiendo a Lall (1992) así: básicas (0,0 a 2,99); intermedias (3,0 a 5,99) y avanzadas (6,0 a 9,0). Como resultado de esta fase, se obtuvo un instrumento que permite la estimación de las TCI para las cadenas productivas a partir de las capacidades tecnológicas. (Lall, 1992).

## 2.4.2 Medición de TCI en las cadenas productivas de café y de aguacate

### 2.4.2.1 Caracterización de la CPA del café de Antioquia, a partir de las TCI

El instrumento fue aplicado a 256 actores de la CPA del café con un 95 % de confianza y un porcentaje de error calculado del 6,16 %, los resultados fueron agrupados de la siguiente manera: en la primera parte se encuentra la clasificación de cada una de las TCI para los actores de la CPC y en la segunda, se presenta el análisis estadístico descriptivo para cada una de las TCI.

**Clasificación de cada una de las TCI en la CPA del café:** la clasificación de las TCI en la CPA del café en Antioquia entre los años 2008-2018 se observa en la figura 2-5.

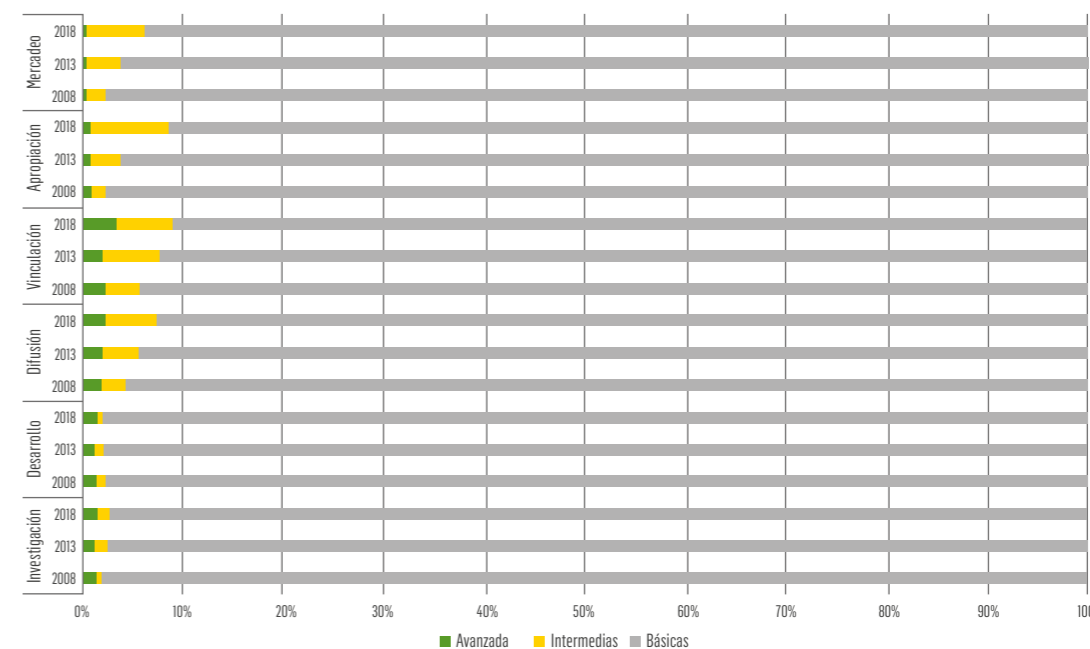


Figura 2-5. Clasificación de las TCI en la CPA de café  
Fuente: Elaboración a partir de los datos de la CPA del café.

De la figura 2-5 se puede analizar que las TCI de la CPA se caracterizan por ser básicas y por presentar incrementos poco representativos en los períodos evaluados. El incremento porcentual de cada una de las TCI fue: investigación (0,44 %), desarrollo (0,00 %), difusión (2,00 %), vinculación (3,00 %), apropiación (5,89 %) y mercadeo (2,67 %).

### Análisis descriptivo para cada una de las TCI

Los resultados del análisis descriptivo para cada una de las TCI están resumidos en la tabla 2-2.

Mediante la tabla 2-2 se percibe un alto coeficiente de variación, lo que refleja una gran dispersión en los datos, razón por la cual fue necesario mostrar la información en un gráfico de caja y bigotes, según se observa en la figura 2-6, con el fin de graficar el comportamiento de la nube de puntos y detectar los datos atípicos.

Tabla 2-2. Resumen estadístico de cada una de las TCI en la CPA del café

Medida	Investigación			Desarrollo			Difusión			Vinculación			Apropiación			Mercadeo		
	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018
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	1,1	1,52	0,15	0,24	0,42
Mediana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82	0,82	1,13	1,13	1,13	0,67	0,67	1,33	0,0	0,0	0,0
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82	0,82	1,13	1,13	1,13	0,00	0,33	1,33	0,0	0,0	0,0
Desviación estándar	0,85	0,97	1,1	0,9	0,94	1,01	1,07	1,15	1,36	1,16	1,24	1,45	1,01	1,1	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 %

Fuente: Elaboración propia a partir del software STATGRAPHICS Centurion XVI.

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.

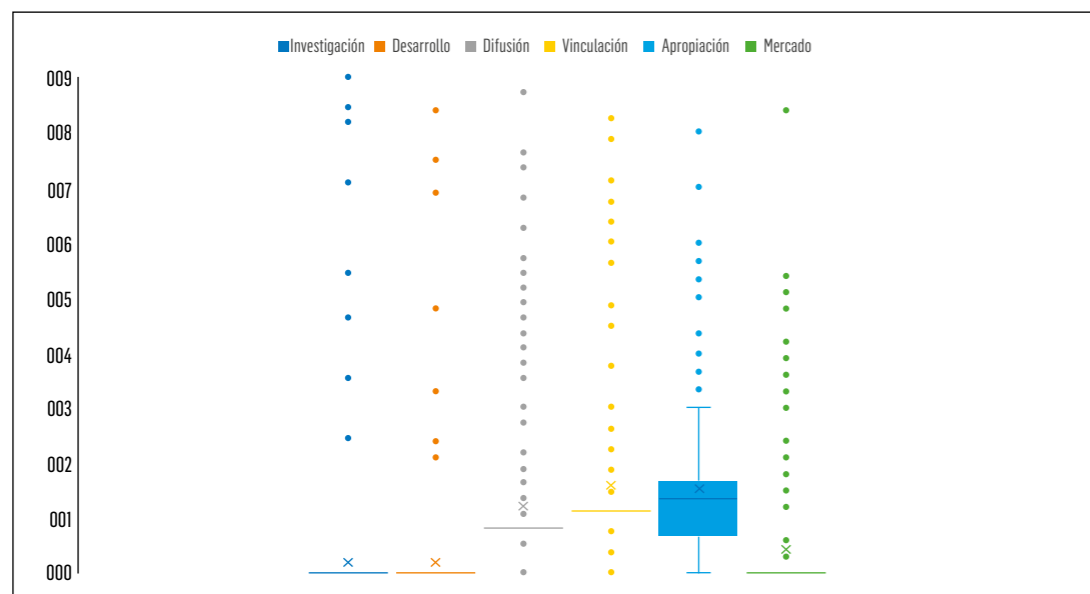


Figura 2-6. Gráfico de caja y bigotes para cada una de las TCI (actualmente)

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observan los datos con comportamientos atípicos con respecto al conjunto de datos, en este caso estos representan a los actores de la CPA del café con capacidades mucho más avanzadas. Con la ayuda de la tabla 2-2 y la figura 2-6 fue posible realizar un análisis de dispersión de los datos, identificando valores muy altos para el coeficiente de variación, especialmente en las capacidades de investigación (594 %), desarrollo (618 %) y mercado (284 %), evidenciando que en cada una de las TCI hay actores con capacidades diferenciadas del promedio, representados en una proporción menor al 10 %.

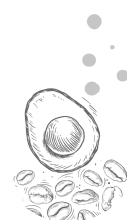
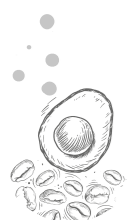
Con respecto a la información encontrada sobre cada una de las TCI se puede analizar que: el comportamiento entre las capacidades de investigación y desarrollo es similar, representado en sus valores de promedio, esto se debe a que los actores que realizan procesos de generación de conocimiento tienen la infraestructura para realizar estas dos labores de manera conjunta. La función anteriormente mencionada no está distribuida en todos los actores del sistema, reflejado en el alto coeficiente de variación para estas capacidades, sino que se agrupa en unos cuantos según como establece Minagricultura, Colciencias, Agrosavia, FNC y Cenicafé (2016).

Las capacidades de difusión y vinculación presentan un comportamiento estadístico similar entre ellas, observado en un mayor número de actores que realizan esta función de forma básica, esto se debe princi-

palmente por la difusión informal entre los productores del conocimiento expresado por instituciones (con capacidades intermedia o avanzada). Es importante resaltar la labor que realizan algunas organizaciones en la difusión del conocimiento a los productores por medio del extensionismo, caracterizados por presentar una estructuración constante, metodologías y personal para difundir el conocimiento generado. Con relación a la vinculación existen varios actores que agrupan una gran cantidad de organizaciones (en especial productores) en torno a la comercialización internacional del grano, estas son, en especial, cooperativas o compradores de café privado que compiten por medio de costos o servicios, buscando que el productor se fidelice con ellos.

En cuanto a la capacidad de apropiación, el 97 % de actores de la muestra realizan labores de apropiación para su proceso productivo, de los cuales el 90 % presentan esta capacidad básica; una de las causas más representativas de este comportamiento es que la mayoría de los productores de café no tiene procesos productivos de transformación, lo que dificulta el desarrollo de nuevos productos. En relación con la adopción de nuevas tecnologías por parte de los caficultores, se caracterizan porque una gran proporción de estos tienen tecnologías básicas, con una baja actualización y mantenimientos inadecuados que afectan directamente la productividad.

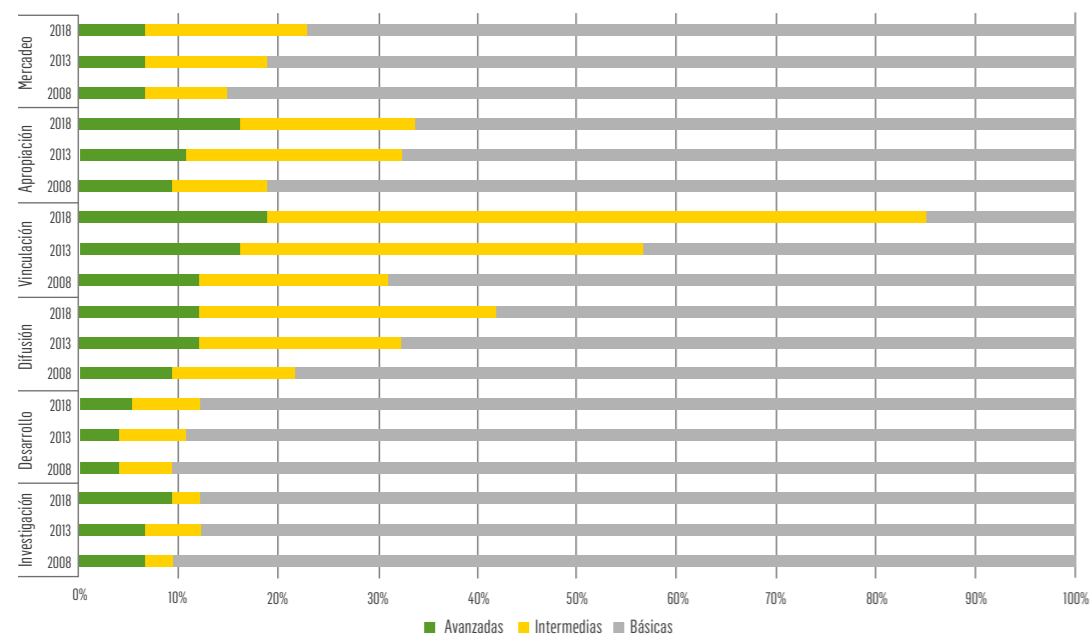
En el caso de la capacidad de mercadeo se observa que el 82 % de actores que consti-



tuyen la muestra no realizan labores de mercadeo de sus propios productos, la razón es que los productores no tienen contacto directo con clientes y consumidores, esto se debe a que existe una institución y varias comercializadoras privadas que se encargan de realizar procesos de exportación principalmente, a las grandes empresas multinacionales de café, las cuales realizan los procesos de transformación de grano.

### 2.4.2.2 Caracterización de la CPA del aguacate de Antioquia, a partir de las capacidades tecnológicas

El instrumento fue aplicado a 74 actores de la CPA con un 95 % de confianza y un porcentaje de error calculado del 10,81 %, los resultados fueron agrupados de la siguiente manera: en la primera parte se encuentra la clasificación de cada una de las TCI para los actores de la CPA y en la segunda se presenta el análisis estadístico descriptivo para cada una de las TCI.



**Figura 2-7.** Clasificación de las TCI en la CPA de aguacate  
Fuente: Elaboración a partir de los datos de la CPA del aguacate.

### Clasificación de cada una de las TCI en la CPA de aguacate

La clasificación de las TCI en la CPA en Antioquia entre los años 2008-2018 se observa en la figura 2-7.

Por medio de la figura anterior se puede analizar que las TCI de la CPA de aguacate se caracterizan porque el 73 % de sus actores tiene capacidades básicas, el 17 % intermedias y el 10 % avanzadas. Presentado las siguientes variaciones porcentuales en el período evaluado para cada una de las capacidades: investigación (-6,80 %), desarrollo (-5,80 %), difusión (-1,90 %), vinculación (5,6 %), apropiación (0,39 %) y mercado (-4,30 %).

### Análisis descriptivo para cada una de las TCI

Los resultados del análisis descriptivo para cada una de las TCI están resumidos en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3.** Resumen estadístico de cada una de las TCI del CPA del aguacate

Medida	Investigación			Desarrollo			Difusión			Vinculación			Apropiación			Mercadeo		
Años	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018	2008	2013	2018
Promedio	1,45	1,14	0,83	1,29	1,00	0,77	2,97	3,11	2,8	3,74	4,47	4,25	2,72	3,07	2,75	1,98	2,05	1,59
Mediana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,73	2,18	1,77	4,13	4,5	4,13	1,5	2,67	2,00	1,05	1,50	0,9
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64	0,00	4,5	3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
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 %

Fuente: Elaboración propia a partir del software STATGRAPHICS Centurion XVI.

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.

Mediante la tabla 2-3 se percibe un alto coeficiente de variación, lo que refleja una gran dispersión en los datos, razón por la cual fue necesario mostrar la información en un gráfico de caja y bigotes (Ver figura 2-8), con el fin de graficar el comportamiento de la nube de puntos y detectar los datos atípicos.



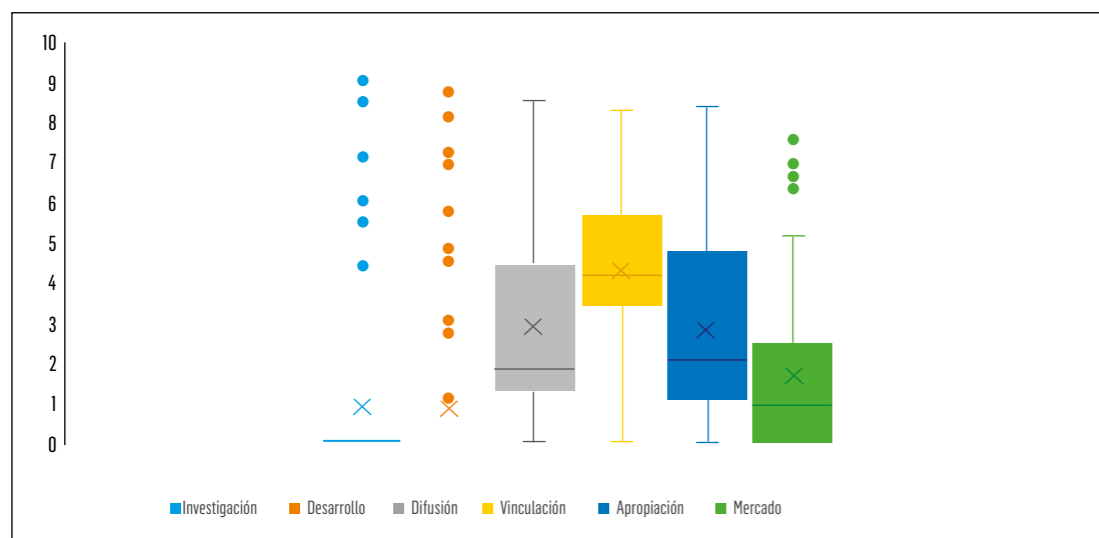


Figura 2-8. Gráfico de caja y bigotes para cada una de las TCI de la CPA de aguacate (actualmente)  
Fuente: Elaboración propia.

Las capacidades de investigación (0,83) y desarrollo (0,77) tienen un comportamiento estadístico similar, clasificándose como básicas, como se observa en la tabla 2-3, ya que estas tienen un alto coeficiente de variación, el cual indica que estas capacidades están concentradas en unos pocos actores de la CPA.

Una de las posibles causas de comportamiento se debe a que es una cadena emergente que de acuerdo al Pectia están en las organizaciones de Agrosavia (69), el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA (16), la Asociación Hortofrutícola de Colombia - Asohfrucol (13), el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA (12), Asofrutos (7) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR (7) (Osorio, González Cerón, & Pavas, 2016). Dentro de la CPA se requiere fortalecer investigaciones en el manejo de cosecha, poscosecha y transformación siendo esta el área que concentra mayor cantidad de demandas de fortalecimiento investigativo. Además, por las demandas internacionales y para cumplir con sus protocolos, las investigaciones se han centrado en el manejo sanitario y fitosanitario.

La capacidad de apropiación se clasifica como una capacidad básica, esta es caracterizada por un número mayor de actores que realiza esta función, observado en un valor de mediana igual a 2,00. En los últimos años, se ha incrementado 49 % las áreas sembradas en aguacates (Minagricultura, 2018), asociadas al incremento del interés por el establecimiento de este cultivo, evidencian un crecimiento significativo de nuevos actores con

capacidades básicas de apropiación para la producción, lo cual pone en evidencia las falencias y debilidades para la apropiación tecnológica en los procesos productivos, logísticos y de mercado, tales como: una calidad de la fruta que no cumple con los estándares de calidad exigidos por los mercados externos, debido a factores de: pudrición de pedúnculo, residuos de agroquímicos, calidad para la cosmética y daños mecánicos de la fruta, afectando la calidad de la pulpa<sup>2,3</sup>.

Con respecto a la capacidad de vinculación, se observa que es intermedia (4,25). Dicha capacidad es la que posee el aumento porcentual más considerable y un menor coeficiente de variación (42 %) entre las TCI. Esto refleja el interés de los actores en asociarse para fortalecer sus conocimientos y responder a las tendencias tecnológicas, tanto nacionales como internacionales de la fruta, las cuales impulsan a construir nuevas bases de conocimiento complejas e integradas, necesarias para hacer uso estratégico de dicho conocimiento. La vinculación en la CPA del aguacate se da en entidades como las asociaciones que incentivan la participación del productor en las dinámicas innovadoras en un sistema socioeconómico, además se encuentran otras organizaciones como servicios de extensión, comercialización, instituciones gu-

bernamentales y académicas, proveedores de material vegetal y de insumos, que permita llevar su producto al mercado.

La capacidad difusión, se observa que tiene un comportamiento básico (2,8), además de haber tenido un decrecimiento porcentual y un coeficiente de variación del 84 %. La difusión es una de las falencias observadas en el sistema, lo cual se ha convertido en una barrera para la tecnificación de cultivos en los procesos de desarrollo de variedades vegetales, cosecha y postcosecha, generando una deficiencia en el intercambio de conocimiento y en los procesos de aprendizaje que permiten crear y adquirir TCI (Roland R. , 1982; Günzel, 2015). De acuerdo con el trabajo de campo realizado se identificó que la difusión, en la mayoría de veces, es realizada por profesionales que no poseen la experticia en temas del aguacate, tanto técnica como comercial, afectando la adopción de tecnología, por lo tanto, la calidad de la fruta.

La capacidad de mercadeo es básica (1,59) con un coeficiente de variación de 127 %, aunque dicha cadena ha tenido un gran potencial de exportación hacia los mercados internacionales, algunos actores no poseen el conocimiento de mercadeo, lo que implica que no saben identificar las exigencias del mercado que es dinámico y complejo observado en la apropiación de los requisitos de exportación internacional, por lo tanto, no entra en las dinámicas innovadoras siendo esto una barrera para la innovación. La cadena en Antioquia ha sido

<sup>2</sup> E. Meneses, entrevista actor de la cadena de aguacate Hass. Medellín: Antioquia - Colombia, 2017.

<sup>3</sup> J. Patron, entrevista actor de la cadena de aguacate Hass. Medellín: Antioquia - Colombia, 2018.

aprendida por comercializadoras y algunos productores los cuales en los últimos 15 años han tenido procesos de aprendizaje obteniendo un mayor conocimiento técnico de la fruta y procesos para fortalecer la calidad de esta y llevar mercados demandantes, además se observa, a partir del trabajo de campo, que tienen conciencia de realizar vinculaciones, tanto de instituciones gubernamentales como con productores.

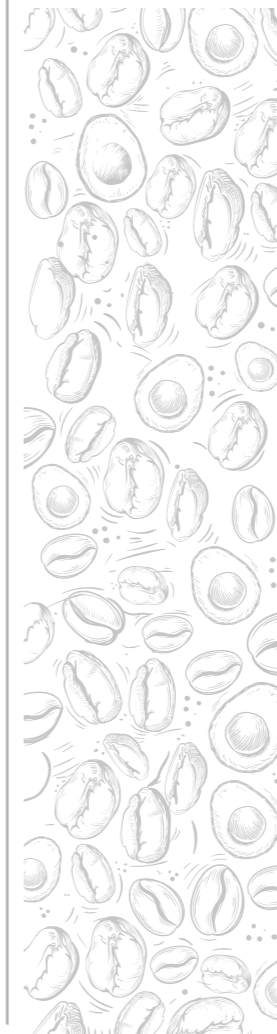
## 2.5 Referencias

- Anal dex. (2017). Informe aguacate 2016. Obtenido de <https://www.analdex.org/2016/06/20/informe-aguacate-2016/>
- Anal dex. (2018). Mercado del aguacate. Obtenido de Anal dex: <https://www.analdex.org/2018/03/02/mercado-del-aguacate/>
- Anal dex. (1 de marzo de 2019). Asociación Nacional de Comercio Exterior- Anal dex. Obtenido de El Comercio del aguacate: <https://www.analdex.org/2018/03/02/mercado-del-aguacate/>
- Arcila, J. et al. (2007). 'Sistema de producción de café en Colombia'. Available at: [http://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas\\_de\\_produccion.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf) (Accessed: 5 October 2017).
- Asohofrucol. (2017). Seminario Internacional de aguacate Hass. Frutas y Hortalizas (56), 52. Obtenido de <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/Revista/Revista56.pdf>
- Baden-Fuller, C. (1995). Innovación Estratégica, Emprendimiento Empresarial y Emparejamiento de Enfoques Internos y Externos a la Investigación Estratégica. *British Journal of Management*, 6: S3-S16.
- Bernal, J., Díaz, C., Osorio, C., Tamayo, Á., Osorio, W., Córdoba, O., ... Londoño, M. (2014). Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de aguacate. Bogotá D.C: Suimagen Creativa S.A.S.
- Bernal, J. A., & Díaz, C. (2008). Tecnología para el Cultivo del aguacate. Medellín: Produmédios.
- Café de Colombia. (2010). Tostación. Available at: [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_cafe/el\\_cafe/industrializacion/tostacion/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/industrializacion/tostacion/) (Accessed: 27 September 2017).
- Café de Colombia. (2015). Cosecha de Café de Colombia sigue creciendo gracias a programas de renovación. Available at: [http://www.cafedecolombia.com/cci-fnc-es/index.php/comments/cosecha\\_de\\_cafe\\_de\\_colombia\\_sigue\\_creciendo\\_gracias\\_a\\_programas\\_de\\_renovaci/](http://www.cafedecolombia.com/cci-fnc-es/index.php/comments/cosecha_de_cafe_de_colombia_sigue_creciendo_gracias_a_programas_de_renovaci/) (Accessed: 31 January 2018).
- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2010). Cadena del aguacate en Antioquia. Informes de estudios económicos. Medellín: Cámara de Comercio.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233-245.
- CBI. (2015). Exporting fresh avocados to Europe. Obtenido de <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/documents/2017octoberexportingfreshavocadostoeurope.pdf>
- CBI. (2016a). CBI Market Channels and Segments: Fresh Fruit and Vegetables. Obtenido de [https://www.cbi.eu/sites/default/files/market\\_information/researches/market-channels-segments-europe-fresh-fruit-vegetables-2016.pdf](https://www.cbi.eu/sites/default/files/market_information/researches/market-channels-segments-europe-fresh-fruit-vegetables-2016.pdf)
- CBI. (2016b). CBI Trends : Fresh Fruit and Vegetables in Europe. Obtenido de [https://www.cbi.eu/sites/default/files/market\\_information/researches/market-channels-segments-europe-fresh-fruit-vegetables-2016.pdf](https://www.cbi.eu/sites/default/files/market_information/researches/market-channels-segments-europe-fresh-fruit-vegetables-2016.pdf)
- Cenicafé. (2013). Manual cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Available at: [http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos\\_cafe/semilla/P1](http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/semilla/P1) (Accessed: 6 February 2018).
- Cenicafé. (2016). Cultivemos Café. Available at: [http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos\\_cafe](http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe)
- Corpoica. (2014). Manual técnico: actualización tecnología y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. (Vol. 1). (Corpoica, Ed.) Bogotá, Colombia: Suimagen Creativa S.A.S.
- DANE. (2017). 'Boletín técnico exportaciones'. Available at: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol\\_exp\\_ene17.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol_exp_ene17.pdf) (Accessed: 6 February 2018).
- Díaz Arbeláez, J. (19 de septiembre de 2018). Crop Science Colombia. Obtenido de Las 5 claves en el cultivo del aguacate: <https://www.cropscience.bayer.co/Centro-de-Noticias/Noticias/2018/09/Cinco-claves-aguacate.aspx>
- Dosi, G.; Nelson, R.; & Winter, S. (2000). The nature and dynamics of organizational capabilities. Oxford: Oxford University Press.
- Echavarría, J., Esguerra, P., McAllister, D., & Robayo, C. (2015). Informe de la misión de estudios para la competitividad de la caficultura en Colombia.
- Echeverri, D. et al. (2005). 'Café para cardiólogos', *Revista Colombiana de Cardiología*, 11(7), pp. 357-365.
- Edquist, C. (2013). Systems of innovation: technologies, institutions and organizations. Routledge.
- Ernst, D., Mytelka, L., & Ganiatsos, T. (1998). Technological capabilities in the context of export-led growth: A conceptual framework. *Technological Capabilities and Export Success in Asia*. (pp. 5-45). London and New York: Routledge.

- Farfán, F. (2007). Cafés especiales. En Cenicafé, *Sistemas de producción de café en Colombia* (págs. 234-254). Cenicafé.
- Fernández, M. del P. et al. (2007). Juan Valdez. La estrategia detrás de la marca.
- Finagro. (2014). Estado Actual y Perspectivas de la Cadena del aguacate en Colombia. Obtenido de [https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/cadena\\_de\\_aguacate.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/cadena_de_aguacate.pdf)
- FNC. (2006). 'Descripción del proceso productivo y del beneficio del café. Guía tecnológica del cultivo.', *Guía Ambiental para el Sector Cafetero*, pp. 51-80.
- FNC. (2010). El árbol y el entorno. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Available at: [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_café/el\\_cafe/el\\_arbol\\_y\\_el\\_entorno](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_café/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno) (Accessed: 31 January 2018).
- FNC. (2010). Producción de Café Soluble | Café de Colombia. Available at: [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_cafe/el\\_cafe/industrializacion/produccion\\_de\\_cafe\\_soluble/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/industrializacion/produccion_de_cafe_soluble/) (Accessed: 27 September 2017).
- FNC. (2016). 'Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana 2016'. Available at: [https://www.federaciondefeferos.org/static/files/Informe\\_Industria\\_2016.pdf](https://www.federaciondefeferos.org/static/files/Informe_Industria_2016.pdf) (Accessed: 6 February 2018).
- FNC. (2017). Representación gremial | Federación Nacional de cafeteros. Available at: [https://www.federaciondefeferos.org/clientes/es/que\\_hacemos/representacion\\_gremial/](https://www.federaciondefeferos.org/clientes/es/que_hacemos/representacion_gremial/) (Accessed: 8 August 2017).
- Galindo, R., Esguerra, C., & Guarín, D. (2016). *Guía Técnica Ambiental para la Producción de aguacate*.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, 737-747.
- Günzel, A. (2015). Research on Effectiveness of Technology Transfer from a Knowledge Based perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 777-785.
- Ibar, L. (1979). El aguacate. En: *Aguacate, chirimoyo, mango, papaya*. Ed. Aedos. Barcelona, España. p. 9-120.
- ICA. (12 de octubre de 2017). ICA. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/productores-de-aguacate-hass-deben-registrar-los-p.aspx>
- ITC. (2017a). Lista de los importadores para el producto seleccionado.
- ITC. (2017b). Lista de los mercados proveedores para un producto importado por Colombia. Retrieved from [https://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry\\_TS.aspx?vpm=3%7C17](https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?vpm=3%7C17)
- Jaramillo, J., Tirado, A., & Ocampo, J. (1989). *Nueva Historia de Colombia: economía, café, industria*. Bogotá: Planeta.
- Juri Massaro, C. (2010). *Características Generales de las Paltas*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Gobierno de Chile. Chile: ODEPA.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Knight, R.J. 2007. Historia, distribución y usos. En: Whinley, A.W., Schaffer, B., Wolstenholme, B.N. (Eds.). *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 13-24.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 20 (2), 165-186.
- Machado, A. (2001). El café en Colombia a principios del siglo XX. En C. Corredor, S. Kahanovitz, A. Machado, C. Giraldo, G. Misas, A. Corchuelo, & L. Flórez, *Desarrollo económico y social de Colombia. Siglo XX* (págs. 77-97). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Manzano, F. J., & Guadarrama, V. H. (2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano: Cadena de aguacate*.
- Meneses, E. (2017). *Cadena de aguacate*. Medellín: Bibiana Marcela Marín Sánchez.
- Minagricultura, Colciencias, Corpoica, FNC & Cenicafé. (2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano: Cadena Agroalimentaria del café*. Colciencias. 1-44.
- Minagricultura. (2018). *Cadena del aguacate: Indicadores e Instrumentos*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/aguacate/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Febrero%20aguacate.pdf>
- Nadler, D. A. y Tushman, M. L. (1997). *The Power of Organization Architecture*, Oxford: Oxford University Press.
- Nadler, D., & Tushman, M. (1980). A model for diagnosing organizational-behavior. *Organizational Dynamics*, 9(2), 35-51.
- OECD/Eurostat. (2018). *Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. OECD Publishing. Paris/Eurostat, Luxembourg.
- Osorio, J. A., González Cerón, S. P., & Pavas, C. (1 de mayo de 2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (PECTIA)*. Obtenido de Portal Siembra.
- Penrose, E. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*. New York: John Wiley.
- Portafolio. (16 de enero de 2017). *Exortaciones de aguacate Hass potencian agroindustria colombiana*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/economia/exportaciones-de-aguacate-hass-potencian-agroindustria-colombiana-511347>
- Procasur; INDAP; FORDFOUNDATION. (2012). *Sistema de asistencia técnica y capacitación rural en Colombia y perspectivas para la integración de talentos rurales*.

- Procolombia. (2 de marzo de 2019). Procolombia. Obtenido de Nuevo proveedor estrella de aguacate Hass: <http://www.procolombia.co/noticias/colombia-es-el-nuevo-proveedor-estrella-de-aguacate-hass-para-el-mundo>
- Pulgarín, A. (2007). Crecimiento y desarrollo de la plata de café. En Sistema de Producción de café en Colombia (págs. 22–60). Cenicafé.
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017). Learning in the Regional Innovation System An agent Based Model. Cuadernos de Administración, 33(57), 7-20.
- Renard, L. & Saint-Amant, G. (2003). Capacité, capacité organisationnelle et capacité dynamique: une proposition de définitions. Les cahiers du Management Technologique, pp. 43-56.
- Richardson, G. (1972). The Organisation of Industry. The Economic Journal, 82(327), 883-896. doi:10.2307/2230256.
- 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.
- Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café, Avances tecnicos Cenicafé. Cenicafé.
- Roland, R.J. (1982). A decision support system model for technology transfer. Technology Transfer, 7, 73–93.
- SAG. (2017). Proyecto: Cluster regionales como estrategia de modernización y fortalecimiento comercial de cadenas agropecuarias.
- Sandoval Aldana, A., Forero Longas, F., & García Lozano, J. (2010). Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora. Corpoica. Retrieved from [http://www.karisma.org.co/publico\\_hbotero/CDplantasequiposabril2012/5POSTCOSE-CHADEAGUACATE.pdf](http://www.karisma.org.co/publico_hbotero/CDplantasequiposabril2012/5POSTCOSE-CHADEAGUACATE.pdf)
- Sanmartin Alzate, A. (2017). Cadena del aguacate Antioquia: Seminario Avances Investigación aguacate Director Desarrollo Rural Secretaría de Agricultura. Medellín.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva de aguacate. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017). Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva del aguacate. Medellín, Antioquia, Colombia: Gobernación de Antioquia.
- Siembra. (2017). Grupos de Investigación que registran experiencia en la cadena de aguacate - Departamento Antioquia.
- TIC. (2017). Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Colombia. Retrieved from [https://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry\\_TS.aspx?nvpm=3%7C170%7C%7C%7C%7C080440%7C%7C%7C6%7C1%7C1%7C2%7C2%7C1%7C2%7C1%7C](https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=3%7C170%7C%7C%7C%7C080440%7C%7C%7C6%7C1%7C1%7C2%7C2%7C1%7C2%7C1%7C)
- Vargas, W. G. (2002). Lauráceas. En U. d. Caldas, Guía Ilustrada de las Plantas del Quindío y los Andes Centrales (págs. 329 - 358). Manizales: Universidad de Caldas.
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. Technovation, 28, 349-363.
- Williams, L. (1977). The botany of the avocado and its relatives. Proc. 1st International Tropical fruit Short Course, The Avocado. University of Florida, Gainesville, Florida. USA. pp.9-15.
- Yabrudy Vega, J. (2012). El aguacate colombiano: estudio de Caso Montes de María, caribe Colombiano. Banco de la República. Obtenido de Banco de la República: [http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/dtser\\_171.pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_171.pdf)
- Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firm: Some Empirical Findings in Beijing, China. Research Policy, 33(8), 1123-1140.

### 3. Modelo sistémico de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias<sup>4</sup>



#### Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo presentar un modelo de transferencia de tecnología (en adelante TT) definido como la abstracción de un sistema real, que incluye la simplificación de la realidad (Stewart, 2013), y permite representar la TT en las cadenas productivas agropecuarias (en adelante CPA) a través de la construcción de supuestos y reglas de decisión, soportados en los diferentes marcos teóricos. Para tal fin, se reconoce que la TT es un problema de tipo organizacional y sistémico, donde confluyen las estrategias y reglas de decisión para el relacionamiento, las capacidades tecnológicas para la innovación (en adelante TCI), las estructuras de gobernanza y las políticas y normas entre otros factores que, corresponden ser abordados desde marcos

<sup>4</sup> Versión mejorada y enriquecida a partir de las observaciones recibidas en el Congreso Internacional de la Gestión de la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y la Innovación (GEITEC 2019), *Explorando la gestión de las últimas tendencias tecnológicas que están transformando el mundo*, Lima, Perú, 13-15 de marzo de 2019.

teóricos que permitan que la TT trascienda del simple hecho de transferir paquetes tecnológicos, a un enfoque más sistémico que combine la perspectiva sectorial, regional y rural (Ruiz, Quintero, & Robledo, 2017).

La importancia de la TT en las CPA es, principalmente, porque estas están influenciadas por un entorno cada vez más exigente que demanda mayor competitividad, mediante la adquisición de nuevas habilidades, técnicas e inversión en nuevas tecnologías (Kuijpers & Swinnen, 2016). Dichas CPA se caracterizan por exhibir un alto potencial económico y social al aportar en la generación de nuevos conocimientos y mercados (Pietrobelli & Rabellotti, 2011), que pueden mejorar el desempeño económico de las regiones (Vera-Cruz & Dutrénit, 2016).

En Colombia la CPA del café ha representado el principal productor agropecuario de la economía durante más de un siglo, convirtiéndose en una CPA fundamental para la estabilidad y desarrollo económico del país (Muñoz, 2010). A su vez, la CPA del aguacate se ha reconocido como una cadena con gran potencial en los mercados internacionales, debido a sus atributos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). Sin embargo, existen factores de tipo organizacional y sistémico que inhiben la adopción de nuevas tecnologías, manifestándose en una conexión fragmentada y una baja asociatividad. Tal dificultad de interacción afecta el desarrollo de los procesos de aprendizaje tecnológico (Quintero, Ruiz, & Robledo, 2017), lo que se traduce

en una inadecuada TT entre los diferentes agentes que conforman las CPA, afectando el desempeño y la competitividad.

La TT según Roland, (1982), Bozeman, (2000) y Burhanuddin, et al.,(2009), es un proceso que implica la transmisión o movimiento del *know-how* así como los conocimientos técnicos y tecnológicos, a través de la interacción entre organizaciones de un sistema que construyen rutinas y procesos organizacionales (Teece, Pisano, & Shuen, 1997). Por lo tanto, la TT requiere de mecanismos de transferencia más complejos que el simple intercambio de información, además esta puede verse afectada por barreras de tipo organizacional desde una perspectiva sistémica (Mazurkiewicz & Poteralska, 2017). Las CPA no han sido ajenas a esta dificultad, pues comparten problemas que han sido identificados en la literatura especializada (Dosi G., 1982; OECD, 1992; Imai & Baba, 1991; Senker & Faulkner, 1993; Pitt, 2000; Smith & Sharif, 2007), ocasionando retardos en los procesos de TT (Mazurkiewicz & Poteralska, 2017). Lo anterior puede tener un agravante cuando hay ausencia de políticas públicas enfocadas a promover la TT desde un enfoque *Bottom-up*, tales políticas pueden obrar como un instrumento fundamental para lograr el desarrollo y la consolidación de los SI, así mismo, son un instrumento que permite revitalizar las interacciones y las dinámicas entre aquellos agentes que integran dichos sistemas. Lo anterior es crucial para la promoción y el sostenimiento de la generación, la disemi-

nación y la explotación del conocimiento, como un elemento vital en el propio desarrollo de la gobernanza de las CPA y su correspondiente vinculación con las dinámicas del sistema socioeconómico (Corona, Dutrénit, Puchet, & Santiago, 2013).

Con el fin de aportar en dicha problemática, se presenta un modelo de TT que permite reconocer las características, las dinámicas y las particularidades de los diferentes agentes de las CPA del café y el aguacate en Antioquia. Además, habilita el análisis para contrastar el grado de madurez de las dos cadenas, lo que permite mayores posibilidades para comprender diferentes mecanismos que explican las dinámicas de TT, al facilitar la utilización de diferentes escenarios con un mismo modelo. El modelo utiliza el paradigma de modelación basada en agentes (en adelante MBA), el cual faculta la adopción de una perspectiva *Bottom-up*, para una mejor comprensión de las dinámicas tecnológicas de las CPA, a través de la realización de experimentos del tipo "¿qué pasaría si?", que permiten identificar puntos de apalancamiento con miras a mejorar el desempeño y orientar en la formulación de políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación (en adelante CTei).

Para tal fin, se recurre metodológicamente al proceso sugerido por Wilensky (1999), el cual es presentado de manera esquemática en el apartado 3.1, seguido se describen las tres etapas del modelo así: el apartado 3.2, expone la etapa de formulación de las preguntas que ayudarán en la compren-

sión del fenómeno; el apartado 3.3, presenta la validación del modelo, retomando las ideas y respuestas obtenidas en la etapa anterior, para contrastarlas con la teoría y buscando que el modelo represente, de una forma adecuada, los conceptos que lo soportarán de manera teórica. Por último, el apartado 3.4, recoge los resultados de las etapas anteriores, finalizando con la formulación del modelo conceptual.

### 3.1 Metodología para la construcción de un modelo conceptual

En la figura 3-1, se esquematiza la metodología adoptada para diseñar y construir el modelo conceptual que posteriormente será verificado y validado de manera computacional, con el objetivo de simular diferentes escenarios de política pública.

### 3.2 Comprensión del fenómeno

Para una mejor comprensión de la TT en las CPA, se realizaron y plantearon las preguntas iniciales que darán respuesta y claridad sobre cómo el modelo ayudará a la comprensión del fenómeno. Para darle cumplimiento a este objetivo se formularon las siguientes preguntas:

#### ¿Cuáles preguntas se están explorando?

¿Cómo se representa la TT en las CPA del café y el aguacate desde un marco evolutivo de la interacción entre agentes?

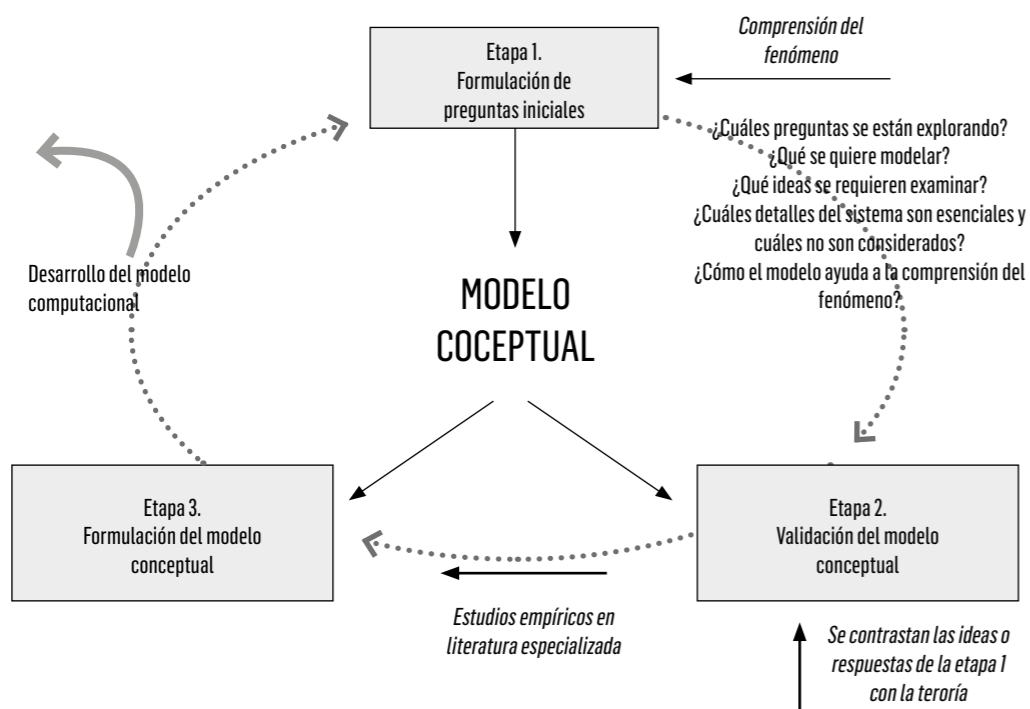


Figura 3-1. Metodología del modelo conceptual  
Fuente: Adaptado de Wilensky (1999).

¿Qué patrones de comportamiento emergen producto de las políticas de CTel y estrategias de TT, y cómo inciden dichas políticas públicas en el desempeño del sistema?

### ¿Qué se quiere modelar?

Modelar la TT en las CPA del café y el aguacate, desde la perspectiva de un SI que emerge, a partir de la interacción entre agentes heterogéneos; se debe tener en cuenta que dichos agentes son afectados por un EC en el que se generan OI de dos tipos: oportunidades de mercado (en adelante OM) y oportunidades tecnológicas (en adelante OT).

### ¿Qué ideas se requieren examinar?

- La importancia de la proximidad geográfica y relacional, además de la complementariedad de las capacidades de innovación para un mejor desempeño de la TT en dichas CPA.

- Los tipos de agentes y las reglas que definen su comportamiento, así como su evolución frente a un EC que es cambiante.
- La representación de las OI como OM y OT.
- El papel de las capacidades de innovación de los agentes en el desempeño del sistema.
- Los factores que propician y restringen la TT en el sistema.
- El aprendizaje *Doing, Using and Interacting* (en adelante DUI) y el desaprendizaje.

### ¿Cuáles detalles del sistema son esenciales y cuáles no son considerados?

#### Esenciales:

- La coevolución de los agentes heterogéneos.
- La racionalidad limitada del EC y los agentes competidores.
- Los costos de transacción existentes en todas las relaciones que se dan entre agentes competidores.
- La aleatoriedad, la cual está presente en las relaciones que se generan entre todos los agentes.
- La interacción entre el EC y los agentes competidores, y entre agentes competidores mediante cooperación y competencia.
- Que pueda evidenciarse cuáles agentes ganan y cuáles pierden en la dinámica que se genera en las CPA.

- Diferenciación de los agentes según sus capacidades de innovación, quedando enmarcados en una tipología de agente competidor.
- La medición del desempeño de las CPA.
- Un EC dinámico que busca ser satisfecho por los agentes competidores, dándole al modelo una dinámica de jaloneamiento del mercado.
- El permitir que los agentes con altas capacidades de innovación introduzcan OT al EC, propiciando que el modelo también reconozca las dinámicas de empuje de la tecnología.

- La dinámica del EC se debe ver reflejada en el aprendizaje de las OM, las cuales deben evolucionar según sean aprovechadas por los agentes competidores.

- La acumulación y desacumulación de las capacidades, comprendidas como el aprendizaje y el desaprendizaje respectivamente.

#### No considerados:

- La herencia y reproducción, con que cuentan, generalmente, los agentes en los SCA.
- La posibilidad de imitación.
- No se hace diferenciación entre enlaces débiles y fuertes.
- No se priorizan los relacionamientos con otros agentes a partir del éxito o fracaso de relacionamientos anteriores, eliminando en el agente la memoria de relaciones pasadas.

### ¿Cómo el modelo ayuda a la comprensión del fenómeno?

- Mediante un análisis dinámico y longitudinal, que permite evaluar los efectos en el tiempo de diferentes acciones ejecutadas a través de escenarios, que generan una mayor comprensión del fenómeno y la identificación de puntos de apalancamiento que mejoren la TT y, por consiguiente, el desempeño de las CPA.
- El modelo permite analizar el efecto de ciertas políticas públicas de CTel representadas en el costo de mantener las capacidades de innovación; en los beneficios que obtienen los agentes competidores de su EC; en los factores que restringen o facilitan el aprendizaje de los agentes competitivos y del EC, y cómo se ve reflejado esto en la TT, el desempeño innovador y económico de las CPA.
- El modelo muestra cómo todos los tipos de agentes, para poder sobrevivir e ingresar en dinámicas de innovación, deben satisfacer necesidades del EC, ya sea de forma individual o interactuando con otros agentes.

### 3.3 Soporte teórico del modelo

La segunda etapa expone las ideas o respuestas obtenidas en la etapa anterior y se contrasta con la teoría; el objetivo en esta fase es que el modelo refleje de una forma adecuada los conceptos que lo soportan teóricamente y que, a su vez, permita la construcción del modelo. *Understanding*

*and promoting adoption of conservation practices by rural landholders.*

#### 3.3.1. Transferencia de tecnología en las CPA

La dificultad en la TT se toma de los trabajos de Dosi (1982), OECD (1992), Imai y Baba (1991), Senker y Faulner (1993), Pitt (2000) y Smith y Sharif (2007); específicamente en el sector agropecuario, con respecto a la lentitud de la TT los hallazgos de Velasco-García & Mottram, (2003), Waller, (1997) y Llewellyn, (2007), Zhang, Creelman, & Zhu, (2004), McDonald & Sun, (2000), Ozdemir & Floros, (2004); al intentar combinar el conocimiento ancestral y las nuevas tecnologías con Fowler & Rockstrom, (2001); análisis de los modelos de TT desde un enfoque *Top-Down* o *Bottom-Up* con Black, (2000), Pannell, et al., (2006), Belay & Abebaw, (2004), Moore, Severn & Millar, (2006), Sneddon, Soutar & Mazzarol, (2011), Hennessy & Heanue, (2012), Coudel, Tonneau & Rey-Valette, (2011), Kalra, Anil, Tonts & Siddique, (2013) y Ani, Tonts, & Siddique, (2015).

#### 3.3.2 La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje

La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje, que se utiliza en el modelo, se adopta desde la perspectiva de la empresa basada en los recursos (Penrose E. T., 1959), según Grant, (1991) los recursos son entendidos como "todo tipo de activos, tangibles e intangibles, tanto físicos, como intelectuales

y culturales a los que una empresa tenga acceso o no, pero que debería conseguir para lograr sus objetivos corporativos" Grant, (1991). Las capacidades, son "la habilidad para hacer uso de los recursos con el fin de realizar alguna tarea o actividad" (Hafeez, Zhang, & Malak, 2002, pág. 40 traducción del autor). El otro elemento importante son las competencias nucleares (core-competences), las cuales son definidas por Hafeez et al.,(2002), como "aquellas capacidades que posibilitan a la empresa el despliegue de sus recursos de forma que le generen ventajas competitivas"; ahora bien, para que las capacidades se conviertan en competencias nucleares, deben ser valiosas, raras, difíciles de imitar y sustituir (Barney, 1991).

El aprendizaje, por su parte, se comprende como las dinámicas en que la empresa acumula capacidades y, por ende, competencias nucleares (Robledo, 2016). Ahora bien, si el aprendizaje se puede representar a través de las dinámicas de acumulación de las capacidades, entonces, este juega un rol importante para el desarrollo y evolución de un SI, convirtiéndose en un elemento clave de interacción y conectividad del sistema (Archibugi, Howells, & Michie, 1999). Es así, como el aprendizaje interactivo es la clave para el rendimiento económico de las empresas, regiones y naciones (Lundvall, 2007) y donde el éxito de dichas empresas, regiones y naciones depende de la habilidad para aprender (Lundvall, 2007). En otras palabras, la habilidad y rapidez con que se acumulen "aprender"

y se desacumulen "desaprender" las capacidades, resulta clave para la comprensión del desempeño del sistema (Quintero, 2016). Otros referentes teóricos utilizados son Ernst, Mytelka & Ganiatsos, (1998); Teece, et al., (1997) y Helfat, (1997).

#### 3.3.3 Sistemas de innovación (SI)

Se soporta en los trabajos de Freeman (1987, p. 1, traducción del autor) quién define el concepto como "la red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías". Pero, especialmente en el de Edquist, (1997), quien, ante la multitud de enfoques analíticos de sistema (nacional, regional, sectorial, tecnológico), propone considerar el enfoque general de SI y sus características comunes, la cual, en el modelo propuesto, se complementa con la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004). Otros referentes teóricos utilizados son Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne (2002), Lundvall, Johnson & Andersen (2002).

#### 3.3.4 Sistemas complejos adaptables

Los sistemas complejos adaptables (en adelante SCA) evolucionan por "la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones" (Ekboir, Dutrénit, Martínez, Torres, & Vera-Cruz,



2006, pág. 6). Se pueden considerar a los SI como SCA, los cuales se entienden como sistemas compuestos por agentes interactuantes descritos por reglas, los cuales cambian al acumular experiencia (Holland, 2004), ocasionando que ni los flujos ni los sistemas permanezcan inmutables a través del tiempo, dados los cambios provocados por el proceso de adaptación a medida que pasa el tiempo y se acumula experiencia (Holland, 2004). Esta adaptación es la que le da surgimiento a la complejidad y hace que los SCA sean tan intrincados, originando la recomendación de Holland (2004), de utilizar modelos computacionales que tienen la característica de estar bien definidos y contar con mecanismos manipulables, que permiten la búsqueda de los patrones que los rigen, mediante complejas exploraciones que no son posibles con los sistemas reales. Otro referente es el trabajo de Gilbert, Pyka & Ahrweiler (2001).

### 3.3.5 Exploración y explotación

Gilsing & Nooteboom (2006), subrayan que las firmas transitan por un ciclo de exploración-explotación en los SI, donde los agentes pasan de tener unas características de explorador a unas de explotador, para luego regresar a la exploración y así sucesivamente.

### 3.3.6 Costos de transacción

En cuanto a la naturaleza de las relaciones entre los socios de la red, la confianza es el factor más importante en términos económicos, puesto que esta opera al mis-

mo tiempo en el lado de los costos y los rendimientos: por un lado, una cooperación entre dos agentes que ha tenido éxito baja los costos de transacción en términos de encontrar un socio adecuado y la coordinación de las actividades (Ruiz, et al., 2016); por otra parte, una asociación que funcione bien, hace que sea más fácil encontrar nuevos componentes de conocimiento y aumentar el rendimiento económico (Beckenbanch, Briegel, & Daskalakis, 2009).

Con respecto a los agentes que poseen altas capacidades de difusión y vinculación, ellos brindan aportes que van encaminados a generar confianza y normas comunes de transparencia y reciprocidad, que facilitan el aprendizaje organizacional, reduciendo los costos de transacción involucrados en la TT (Dyer & Singh, 1998). Por ello, la confianza para Beckenbanch et al. (2009) es la causa y el efecto para la red de innovación. Además, el aprendizaje interactivo está profundamente arraigado en la vida social. El resultado de los procesos de aprendizaje dependerá de las relaciones sociales, como la confianza, autoridad y reconocimiento. Por lo tanto, el contexto social y socioeconómico debe ser tenido en cuenta al analizar la formación de relaciones de la red (Lundvall & Christensen, 2007, págs. 4, traducción de los autores).

### 3.3.7 Modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la TT

Las tres propuestas principales utilizadas son el modelo SKIN de Gilbert et al. (2001), refinado, complementado y modificado en

trabajos posteriores como los de Ahrweiler, Pyka, & Gilbert (2004), Pyka y Scholz (2008), Pyka et al. (2009), Ahrweiler, Pyka y Gilbert (2011) y Triulzi, Scholz y Pyka (2011); el modelo de Híperciclos donde los conceptos teóricos que soportan el modelo son el de híperciclos de Eigen y Schuster (1979) y el de auto-catálisis de Kauffman (1996; 2000), este modelo fue introducido por Padgett (1997) y refinado, complementado y modificado por Padgett, Lee y Collier (2003), Padgett, McMahan y Zhong (2009) y Watts y Binder (2012), entre otros, y, finalmente, el modelo SSRIS, propuesto por un grupo de investigadores de la Universidad Federico II de Nápoles: Ponsiglione, Quinto y Zollo (2014), quienes lo proponen basado en agentes que se apoyan en algunas ideas del modelo SKIN y del de híperciclos.

## 3.4 Formulación del modelo

### 3.4.1 Hipótesis para la construcción del modelo

- Los SI emergen gracias a la interacción entre agentes. En los modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la TT revisados anteriormente, los elementos que se pueden extraer como más importantes para que se propicie esta interacción son:
- Unas capacidades complementarias, las cuales motivan a los agentes a realizar la TT para lograr resultados que por sí solos no estarían habilitados para obtener.
- Unas necesidades que deben ser satisfechas por los agentes, ya sea de for-

ma individual interactuando con otros, donde aportan sus capacidades para: (a) en el caso del modelo SKIN desarrollar proyectos de I+D a partir de un presupuesto, (b) en el caso del modelo de híperciclos procesar un producto en una cadena productiva, y (c) en el caso del modelo SSRIS suplir una necesidad dinámica de un EC.

- La importancia de la localización, la cual define la topología de red en el caso del modelo de híperciclos, y da su carácter de regional al modelo SSRIS.
- El aprendizaje, que permite que los agentes acumulen sus capacidades, mostrando la coevolución que se presenta cuando los agentes interactúan entre ellos y con el EC.
- Unos beneficios, que garantizan la supervivencia de los agentes y los motivan a suplir las necesidades del EC, ya sea de forma individual o interactuando con otros.

La interacción entre estos elementos es la siguiente: las OM del EC activan a los agentes competidores, los cuales tratan de aprovechar estas oportunidades con sus capacidades; por otro lado, las OT que nacen de agentes competidores con altas capacidades de innovación en investigación, los cuales quieren buscar mercado para sus hallazgos tecnológicos en el EC. Cuando un agente no logra beneficiarse de una oportunidad con sus capacidades e introducir al mercado sus hallazgos tecnológicos, siendo lo más común en todos los modelos revisados, busca otros agentes con capacidades complementarias para interactuar con ellos

y aprovechar esa oportunidad e implantar sus hallazgos en el EC. Esta búsqueda de agentes complementarios puede ser por su localización, como en el caso del modelo de hiperciclos, o en su misma región, como en el caso del modelo SSRIS. Al aprovechar la necesidad e introducir sus tecnologías al EC los agentes obtienen un beneficio que les permite su supervivencia.

Un problema conceptual común de los modelos revisados, es que ninguno plantea la dificultad de interacción entre agentes, exceptuando el punto de vista geográfico en el caso del modelo de hiperciclos y, en alguna medida, por la distancia en el conocimiento dada la probabilidad de éxito de los proyectos de I+D que se presentan en el modelo SKIN; de manera similar, esta dificultad en la interacción también se ha querido manifestar mediante la orientación de investigación (modelo SKIN) y la orientación hacia la exploración o explotación (modelo SSRIS), pero la operatividad del problema del relacionamiento, factor fundamental en la TT, no se hace explícita en estos modelos. Sin embargo, existe entre los agentes heterogéneos brechas de diferentes dimensiones (Parjanen, Melkas, & Uotila, 2011), dichas fisuras generan unos altos costos de transacción (Batterink, Wubben, Klerkx, & Omta, 2010; Williamson O., 1993) especialmente entre los agentes productores de nuevo conocimiento y los generadores de valor en el mercado. En el modelo que se propone en el presente trabajo se busca introducir estos costos de transacción y afinar la re-

lación de los elementos utilizados en los modelos anteriores.

En la tabla 3-1 se pueden comparar los elementos más importantes de los modelos revisados y cómo se propone que sean en el modelo conceptual planteado.

### 3.4.2 Supuestos fundamentales

Para poder analizar la TT en las CPA a través de un modelo, se debe tener en cuenta que estas pueden ser observadas, como se puntualizó anteriormente, como un SI de carácter localizado que emerge de la interacción entre agentes heterogéneos (Edquist C., 1997). Dicho modelo debe permitir realizar experimentos a través de escenarios y diferentes parámetros de medición para poder analizar el desempeño de dichos sistemas.

Las capacidades que requiere el SI para realizar sus funciones de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología están distribuidas entre los diferentes agentes que lo conforman (Ruiz, et al., 2016; Quintero, et al., 2017).

Estas capacidades han sido clasificadas por varios autores y se les ha dado la connotación de capacidades tecnológicas, de innovación y de innovación tecnológica (Kim, 1997; Ernst et al., 1998; Guan & Ma, 2003; Wang, Lu, & Chen, 2009). La tabla 3-2 describe cada capacidad TCI asignada a una función de los SI.

Tabla 3-1. Comparación de los elementos principales de cada modelo

Modelo	Representación del agente	Entorno	Interacciones	Aprendizaje	Medición del desempeño
SKIN	Vector compuesto de $n$ <i>kenes</i> : $\{(c a e rd ), \{c2 a2 e2 rd2\}, \dots, \{cn an en rdn\}\}$ . Posición: Dominio del conocimiento dado por $C$ , donde la distancia significa lo incremental (cercano) o radical (lejano) de la innovación al combinar los <i>kenes</i> propios o ajenos. Magnitud: $C$ puede ir de 1 a 100 y significa el dominio del conocimiento. $A$ toma valores de 1 a 10 y representa el nivel de habilidad en $C$ . $E$ va de 1 a 10 y simboliza la experiencia acumulada en $C$ , y $RD$ toma valores entre 1 y 10 ejemplificando la dirección de la investigación en $C$ , donde cerca de 1 denota investigación básica y cerca de 10 investigación aplicada.	Únicamente se manifiesta en la probabilidad de éxito que tiene cada proyecto para obtener una patente, el cual depende de la distancia entre los <i>kenes</i> utilizados, donde se puede obtener una innovación incremental o radical.	Pueden ser entre pymes, grandes empresas y universidades, quienes combinan sus <i>kenes</i> en proyectos de I+D que son financiados gracias a su presupuesto de I+D que provienen de un % de sus ventas del período anterior. Cada agente aprende de los <i>kenes</i> que son utilizados en el proyecto. La dificultad para el relacionamiento se da en la orientación de la investigación.	Por una parte se modela el aprendizaje por el hacer ( <i>learning-by-doing</i> ), al aumentar cada <i>kene</i> una unidad en su $E$ al ser utilizado; y el aprendizaje por interacción ( <i>learning-by-interacting</i> ), al adquirir un <i>kene</i> que no se tenía, el cual fue aportado en un proyecto conjunto por otro agente; cabe anotar que este nuevo <i>kene</i> que aprende el agente inicia con una $E$ de 1.	Se analiza por el nivel del presupuesto para la I+D, el cual equivale a un % de las ventas que se obtienen por nuevos productos fruto de las patentes, en el caso de las pymes y grandes empresas, y por los licenciamientos de las patentes, en el caso de las universidades.
Hiperciclos	Vector de pares de capacidades: $\{(a,b), \{d,e\}, \dots, \{i,j\}\}$ . Posición: la posición significa el tipo de producto que puede procesar el agente y la 2a posición significa el tipo de producto que entrega el agente a otro agente vecino o al entorno. Magnitud: representa el número de capacidades que se requieren para llevar un producto final al entorno, generalmente en sus modelos utilizan hasta cinco capacidades.	Brinda a los agentes el insumo inicial y recibe el producto final de los hiperciclos, siendo el mismo para todos los períodos de la simulación.	Los agentes solo interactúan con sus vecinos, para generar cadenas productivas que producen una presión de selección al reforzar las capacidades y originando que los lazos se fortalezcan. La dificultad en el relacionamiento se da en la localización, pues solo se vincula con sus vecinos.	El aprendizaje se manifiesta al mantener las capacidades que se usan, mientras que las que no se utilizan se olvidan. En el modelo, cuando un agente olvida todas sus capacidades este muere.	Se analiza por la generación de hiperciclos que garantizan un buen desempeño económico al poder transformar insumos en productos para el EC.
SSRIS	Vector de capacidades: $\{a, b, \dots, n\}$ . Posición: no tiene ningún significado especial, simplemente sirve para comparar vectores entre agentes y el EC posición por posición. Magnitud: puede ser en cada posición de $-1, 0, 1$ , donde $-1$ significa que es una capacidad exploradora, $1$ que la capacidad es explotadora y $0$ que no se cuenta con la capacidad.	Es un EC que lanza un mensaje que busca ser aprovechado con las capacidades de los agentes competidores del micromundo, este mensaje compara su vector con el de todos los agentes y se va ajustando hasta que puede ser aprovechado. Se manifiesta mediante un vector colmado de $-1$ y $1$ .	La relación se da por la complementariedad en sus capacidades, no existe algo que restrinja la vinculación entre agentes, especialmente porque estos conocen todas las capacidades de los otros, incluyendo el EC, violando el supuesto de racionalidad limitada.	El aprendizaje se manifiesta entre el EC y los agentes competidores al modificar sus vectores (necesidades y capacidades respectivamente), hasta que el mensaje del EC es aprovechado por los agentes competidores.	Se analiza a través del autosostenimiento del sistema regional de innovación, el cual se logra cuando se ajustan las necesidades del EC con las capacidades de los agentes que compiten y se relacionan en el sistema.

<b>Medición del desempeño</b>	Se analiza a través de las OI aprovechadas por los agentes competidores, los cuales logran esto mediante la utilización de sus capacidades y la TI con otros agentes complementarios y el aprendizaje, lo cual se verá reflejado en el desempeño económico del sistema, resultado de la suma de los beneficios y la resta de los costos del mantenimiento de las capacidades y los costos de transacción resultantes de cada período.
<b>Aprendizaje</b>	El aprendizaje de los agentes competidores se presenta por el hacer y por la interacción, el primero se manifiesta al aumentar o disminuir una capacidad con un factor de aprendizaje o desaprendizaje, que se activa por el uso o no de la capacidad, mientras que el segundo se manifiesta al elegir cuáles capacidades se usan o no al interactuar con las OI y con otros agentes competidores. El aprendizaje del mercado se ve representado en la evolución de los atributos de las DM, las cuales se incrementarán cuando la DM original sea aprovechada y haya finalizado su ciclo de vida, ejemplificando la sofisticación de los mercados.
<b>Interacciones</b>	La relación se da primero por localización y luego por complementariedad de sus capacidades para aprovechar las DM del EC, y de forma similar los agentes con altas capacidades de investigación crean OT, las cuales requieren capacidades medio-altas en todas las posiciones de su vector, que para ser satisfechas deben buscar agentes complementarios en el caso de no contar con todas las capacidades requeridas; sin embargo, de acuerdo a la tipología de cada agente que se encuentre en la relación existe un costo de transacción que depende de la brecha entre ellos. Los agentes coevolucionan gracias al aprendizaje por interacción y por el hacer. Además, su búsqueda de socios por localización le adiciona una racionalidad limitada a los agentes.
<b>Entorno</b>	Es un EC en donde se generan múltiples OI en cada período, las cuales serían aprovechadas por los agentes a través de sus capacidades, ya sea de forma individual o mediante la interacción con agentes complementarios. Las OI están divididas en DM que se pueden entender como necesidades del mercado y OT que son hallazgos tecnológicos que buscan mercado, estas oportunidades se manifiestan por medio de un Vector de Atributos (VA).
<b>Representación del agente</b>	Vector de capacidades: {a b c d e f}. Posición: Significa lo explotadora o explotador que es la capacidad de innovación, siendo la posición izquierda del vector donde se ubican las capacidades explotadoras, a la derecha las explotadoras y en el centro las de difusión. Magnitud: Las capacidades toman valores entre 0 y 9, significando el nivel en que se encuentra desarrollada cada capacidad, siendo 0 su inexistencia, de 1 a 3 básica, de 4 a 6 media y de 7 a 9 alta o cercana a la frontera del conocimiento.
<b>Modelo</b>	Modelo propuesto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-2. Asignación de TCI a las funciones de los SI

Función	Capacidad	Aplicación
Generación de conocimiento y tecnología	Investigación	Generar y adaptar conocimiento y tecnologías.
	Desarrollo	Desarrollar experimentalmente productos, procesos, métodos de mercadeo y formas de organización.
Difusión de conocimiento y tecnología	Difusión	Capturar resultados de I+D y tecnologías y aprovechar sus beneficios.
	Vinculación	Realizar transferencia de tecnología interna, entre agentes y la infraestructura local de ciencia y tecnología.
Uso de conocimiento y tecnología	Apropiación para la producción	Operar y mantener su infraestructura productiva de forma eficiente, así como adaptar y mejorar la tecnología de producción existente.
	Mercadeo de la innovación	Identificar necesidades presentes y futuras del mercado, desarrollar nuevos productos, establecer canales de distribución, prestar servicios al cliente y publicitar la innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Las TCI con que cuentan los agentes los caracteriza de la siguiente forma: los explotadores poseen capacidades de apropiación para la producción y mercadeo de la innovación, los intermediarios tienen capacidades de difusión y vinculación, y los exploradores ostentan capacidades de investigación y desarrollo. Estos agentes se pueden considerar como especializados en una función de los SI, sin embargo, en el modelo propuesto se permite que los agentes puedan ejercer varias funciones, las cuales se clasifican como: introductores o *gatekeepers*, que tienen capacidades para explotar e intermediar; representantes o gestores, que pueden explorar e intermediar; integrados, que consiguen explorar, intermediar y explotar; ambidiestros, que exploran y explotan, y los de desarrollo incipiente, que no se distinguen por una alta capacidad en ninguna función de los SI.

Para que los agentes se puedan considerar como competentes, sus capacidades deben ser validadas por un EC. En el modelo propuesto, este EC es representado por OI que pueden ser aprovechadas por los agentes, quienes mediante sus capacidades deben tener la habilidad de cumplir con los atributos de cada OI, dándole al modelo un comportamiento *market pull*. Estos atributos se manifiestan en vectores que representan OM. Los valores en cada posición del vector de atributos determinan las necesidades de

cada OI. De forma similar a las OM, existen las OT, las cuales se entienden como un intento que hacen los agentes que poseen altas capacidades de investigación de introducir sus hallazgos tecnológicos al mercado, complementando al modelo con un camino *technology push*.

Para finalizar, una consideración significativa es la de reconocer la dificultad en la interacción entre agentes producto de la brecha que se genera por su heterogeneidad, especialmente, entre exploradores y explotadores, causando altos costos de transacción que influyen en el desempeño de los agentes y el sistema. Estos costos dependen de la tipología de los agentes que están interactuando, sustentándose esta afirmación en el planteamiento de Williamson (1985), quien sostiene que el grado de especificidad de los activos de los agentes ocasiona que las brechas contractuales sean mayores, en el caso del modelo, esto se ve reflejado en sus capacidades de innovación, las cuales hacen el papel de los activos mencionados, haciendo que los agentes competidores sean heterogéneos.

En esta dirección, los agentes que poseen altas capacidades de difusión y vinculación, generan confianza y, por ende, disminuyen los costos de transacción en la TT en las que están involucrados. De forma similar, los agentes introductores o porteros, representantes o gestores, e integrados, que también cuentan con capacidades de difusión y vinculación, pueden generar costos

de transacción bajos o medios dependiendo de los agentes con que estén realizando la TT. Por último, los agentes que no poseen capacidades de difusión o de vinculación como los exploradores, explotadores y agentes de desarrollo incipiente, generan unos costos de transacción altos en sus procesos de TT.

### 3.4.3 Modelo conceptual

Los supuestos que rigen el modelo se presentan en la figura 3-2, donde se observan los diferentes tipos de agentes según sus capacidades, ejemplos de vectores de capacidades de cada tipo de agente, la función que cumplen en el SI según sus capacidades, los diferentes vínculos que se pueden generar, el costo de transacción que se asigna a cada vínculo, y cómo esta relación contingente entre agentes puede aprovechar OI que están presentes en el EC mediante la innovación en producto, proceso, método de mercadeo u organizacional.

A continuación, se introduce la aplicación de los supuestos en la propuesta de modelo:

**Oportunidades de innovación y entorno competitivo:** las OI del EC son las que activan el proceso de innovación. Dividiéndose en OM: las que le otorgan al modelo su comportamiento de jalonamiento del mercado y en OT: las que nacen de agentes con altas capacidades de investigación y activa el camino del empuje de la tecnología.

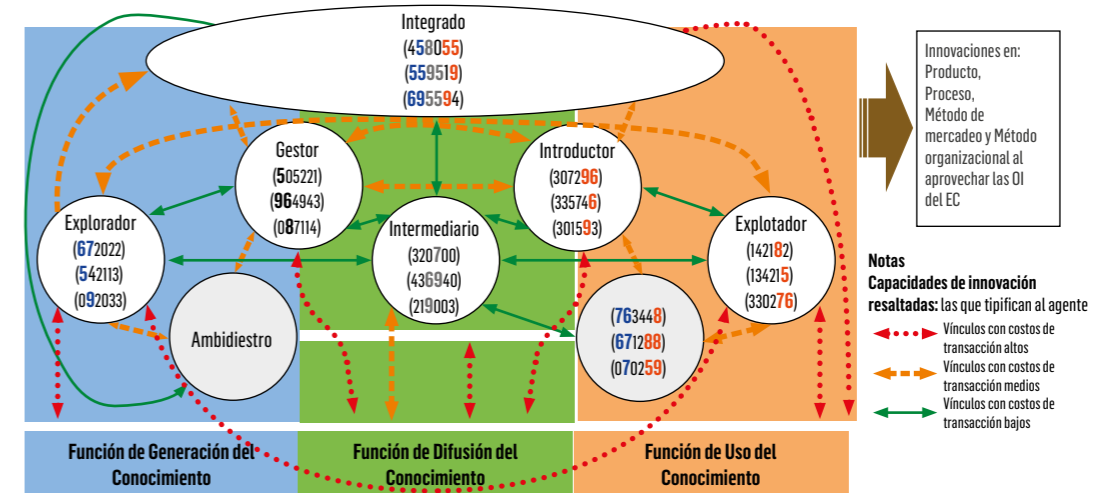


Figura 3-2. Modelo conceptual  
Fuente: Ruiz, et al., (2016).

Estas OI poseen un Vector de Atributos (VA) que consta de seis posiciones ( $VA = [a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6]$ ); cada posición significa la capacidad que se requiere para satisfacer dicho atributo; numerando las posiciones de izquierda a derecha, el atributo requiere, para ser satisfecho por capacidades, de: 1) investigación, 2) desarrollo, 3) difusión, 4) vinculación, 5) apropiación para la producción y 6) mercadeo; cada posición puede poseer una magnitud de cero a nueve, significando el cero que no se requiere ninguna capacidad y nueve simboliza que se requiere en esa posición una capacidad máxima o en la frontera de la tecnología para satisfacer el atributo. Las OI también poseen una volatilidad ( $v$ ) que representa el tiempo que permanecen en el sistema sin que sean aprovechadas antes de desaparecer, mostrando cómo las OI pueden migrar a otros sistemas y pueden ser desaprovechadas por falta de capacidades. Por otra parte, las OI también poseen un ciclo de vida, el cual determina el tiempo en el que entregan a los agentes sus beneficios, siguiendo un comportamiento gaussiano característico de las curvas de difusión de las innovaciones tal como lo expuso Rogers, (2003).

**Agentes competidores:** los agentes competidores del SI, buscan aprovechar las OI del EC y de los agentes con altas capacidades de investigación, por ellos mismos o mediante la interacción con otros agentes; esto lo hacen a través de su Vector de Capacidades (VC) que consta de seis posiciones, al igual que el VA de las OI ( $VC = [c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6]$ ). La forma en que aprovechan las OM es de la siguiente manera: primero, buscan su-

plir los atributos explotadores (mercadeo y apropiación para la producción) y, por último, los exploradores (desarrollo e investigación) (de derecha a izquierda), siguiendo la orientación a suplir necesidades de corto plazo por parte de los agentes explotadores y de largo plazo de los agentes exploradores expuestos en el ciclo de exploración-explotación de Gilsing & Nootboom (2006). Mientras que para aprovechar las OT que nacen de los agentes con altas capacidades de investigación se debe tener en cuenta lo siguiente: la OT nace del agente que tenga altas capacidades de investigación (posición uno del VC), con un valor del atributo de la posición de investigación igual a la del agente que la genera; el resto de atributos del VA se asigna aleatoriamente con valores que requieran capacidades altas para ser aprovechados; luego de esto, el agente que generó la OT busca suplir el resto de atributos desde el atributo más explorador al más explotador (de izquierda a derecha), para darle un comportamiento de empuje tecnológico.

**Búsqueda:** la búsqueda de agentes por parte las OI para ser aprovechadas se inicia por localización y luego por el nivel de sus capacidades. Esta búsqueda, para suplir el VA, es de derecha a izquierda en el caso de las OM y de izquierda a derecha en el de las OT. De forma similar, cuando un agente logra identificar una OI y no es capaz por él mismo de aprovecharla, inicia la búsqueda de otro agente, primero por localización y después por complementariedad en sus capacidades, con la dirección que le otorgue el tipo de OI. Este supuesto le da im-

portancia a la localización geográfica, sin ser un limitante como pasa en el modelo de hiper ciclos. En esta dirección, se está introduciendo una limitación a la racionalidad de los agentes, pues estos no buscan al agente que complemente óptimamente la necesidad de capacidades, sino al que esté más cercano, que al menos tenga una capacidad igual o superior a la requerida por la OI. Con este supuesto se supera el limitante de racionalidad perfecta identificada en el modelo SSRIS.

**Coevolución:** la coevolución de los agentes se presenta en la acumulación o desacumulación de las capacidades que se da gracias al aprendizaje o desaprendizaje que se presenta por la interacción (*by-interacting*) y por el hacer (*by-doing*) (Lundvall, 2007). Gracias a que las capacidades son dinámicas, se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat, et al., 2007), lo que significa que cuando los agentes aprovechan las OI, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las capacidades que se están usando se acumulan y las que no se desacumulan, con un factor de aprendizaje y de desaprendizaje que se establece para el sistema y depende de su marco contextual que acelera o restringe el aprendizaje (Lund, 2007).

Este contexto de aprendizaje planteado por Lund (2007), es donde puede tener efecto la política pública, tanto para promoverlo como para restringirlo; en el que las acciones encaminadas a promover el aprendizaje están relacionadas con: incrementar

la interacción entre agentes y su entorno, definir estrategias dirigidas al desarrollo de nuevos productos, promover las actividades de prueba y error como parte del proceso, incentivar la gestión por proyectos, entre otros. Ahora, para evitar restringir el aprendizaje, es conveniente: eliminar las barreras que limiten la interacción entre agentes y su entorno, evitar las ambigüedades estratégicas, impedir los planes poco realistas, prescindir de rutinas obsoletas, disminuir la desconfianza, entre otros.

Las OI también son dinámicas, esto se operacionaliza en la sofisticación de los atributos del VA de una OI que haya sido aprovechada y su ciclo de vida finalice, esta OI aumenta sus atributos en todas las posiciones con un factor de aprendizaje, que representa como los mercados se vuelven más exigentes y aprenden por el uso.

**Recompensa:** cuando los agentes logran aprovechar una OI se benefician de ella de acuerdo a su aporte y a la magnitud de los atributos presentes en el VA y al ciclo de vida de la innovación. Esta recompensa la reciben los agentes competidores que primero logran aprovechar la OI. Por este supuesto es que se considera que los agentes están en un ambiente competitivo que solo premia a aquellos que con sus capacidades logran obtener una ventaja competitiva (Prahalad & Hamel, 1990).

**Desaparición de los agentes:** los agentes cuentan con un stock de excedentes que los mantiene en el sistema, el cual se incre-

menta con los beneficios otorgados por las OI aprovechadas y disminuye por los costos de mantenimiento de las capacidades y por los costos de transacción involucrados en las interacciones con otros agentes. Al final de cada período, los agentes que tengan un stock de excedentes igual o menor a cero desaparecen del sistema.

**Costos de transacción:** se presentan por las brechas que existe entre los agentes que están interactuando (Batterink et al., 2010). Sin embargo, algunos agentes con capacidades de difusión y vinculación logran cerrar estas brechas como es el caso de los intermediarios de innovación. Por lo anterior, a la tipología de agentes que se aprecia en la figura 3-2 y a sus relaciones se les asigna un costo de transacción bajo, medio o alto, así:

**Bajo:** entre agentes del mismo tipo (explorador-explorador, explotador-explotador, etc.), agentes que interactúen con un intermediario (explorador-intermediario, explotador-intermediario, etc.), agentes que interactúan con un agente que contenga las capacidades de su mismo tipo más unas capacidades adicionales de difusión y vinculación (explorador-representante o gestor, explotador-introductor o *gatekeeper*).

**Medio:** entre agentes que poseen capacidades lejanas en las funciones del SI, como son de generación y de uso del conocimiento, pero al menos uno de ellos contiene capacidades de la función de difusión (explorador-introductor o portero, explota-

dor-representante o gestor, etc.); agentes que comparten capacidades en una misma función, pero uno de ellos también posee de otra alejada (explorador-ambidiestro, explotador-ambidiestro, etc.); entre un intermediario y un agente de desarrollo incipiente por las bajas capacidades en todas las funciones del agente de desarrollo incipiente.

**Alto:** entre agentes con capacidades de funciones alejadas (explorador-explotador); entre cualquier agente, excepto un intermediario, y un agente de desarrollo incipiente dadas sus bajas capacidades de este último, y entre ambidiestros por sus pocas capacidades en la función de difusión.

### 3.4.4 Reglas de decisión

Las reglas de decisión del modelo propuesto se pueden apreciar en el diagrama de flujo presentado en la figura 3-3, donde se puede ver cómo la localización juega un papel fundamental al ser la primera regla de búsqueda de agentes. Luego, la complementariedad en las capacidades es la regla que define si se realiza la TT o no. Esta búsqueda se rige por ir de la explotación a la exploración en el caso de las OM (←) o de exploración a explotación en el caso de las OT (→). Cada agente pertenecerá a una tipología de acuerdo a las capacidades con que cuenta y esta tipología determina el costo de transacción que se presenta en cada TT entre agentes. Cuando una OI es aprovechada reparte unos beneficios entre los agentes o agente que suplieron sus atributos de acuerdo a la capacidad de innovación que

involucró y a la magnitud de cada atributo y el ciclo de vida de la innovación. Estos beneficios se suman al *stock de excedentes* de cada agente por período, al cual se le restarán los costos de mantener las capacidades y los costos de transacción de cada uno de los vínculos que posee. Los agentes que deterioren su *stock de excedentes* hasta cero desaparecerán del SI, indicando que sus capacidades y *stock de excedentes* no son suficientes para ingresar en dinámicas innovadoras. Los agentes que suplan la OI aprenden acumulando las capacidades que utilizaron y desacumulan las que no mediante el desaprendizaje; de forma similar, las OM que son aprovechadas y terminan su ciclo de vida evolucionan a nuevas OM que requieren atributos más sofisticados, mostrando un aprendizaje en el mercado.

**Localización:** es la regla que le indica a las OI y a los agentes con qué prioridad deben hacer la búsqueda de agentes para realizar los enlaces. Esta búsqueda se inicia por localización y luego por comparación de los atributos de las OI con las capacidades de los agentes. Este comportamiento ocasiona que, cuando un agente logra identificar una OI y no es capaz por él mismo de suplirla, debido a que no cumple con todas las capacidades en todas las posiciones para satisfacer los atributos de la OI, entonces inicia la búsqueda de otro agente, primero por localización y después por complementariedad en sus capacidades.

En esta dirección, se está introduciendo una limitación a la racionalidad de los

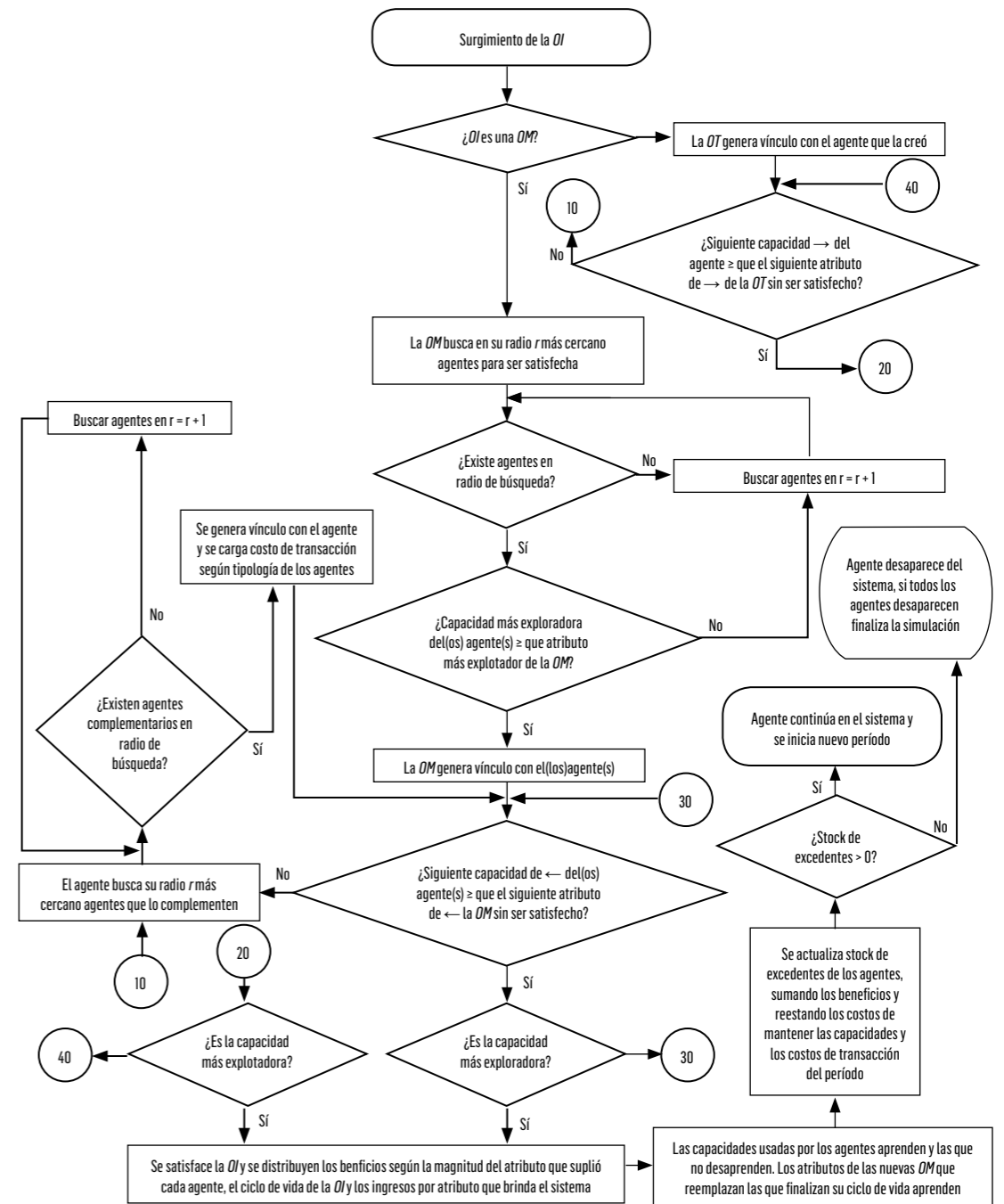


Figura 3-3. Diagrama de flujo del modelo

Fuente: Elaboración propia, basada en Ruiz, et al., (2016).

agentes, pues estos no buscan al agente que complemente óptimamente la necesidad de capacidades, sino al que esté más cercano, que al menos tenga una capacidad igual o superior a la necesidad de la OI.

**Complementariedad:** esta regla es la que define si se realiza el vínculo o no. Los agentes buscan aprovechar las OI del EC, ya sea por ellos mismos o mediante la interacción con otros agentes. Este grupo de agentes del mundo virtual está formado por un grupo de organizaciones e instituciones, públicas y privadas, involucradas directamente en el proceso de innovación, que se distribuyen en varios subgrupos: los agentes explotadores, los agentes exploradores, los agentes intermediarios de innovación y las combinaciones entre estos tipos de agentes, y por las relaciones que establecen entre ellos.

**De explotación a exploración en el caso de las OM y de exploración a explotación en el caso de las OT:** son las reglas de búsqueda de agentes para suplir las OI y de agentes complementarios, que va en diferente sentido de acuerdo a la tipología de la OI.

**Clasificación o tipología de los agentes competidores:** es la regla que clasifica a cada agente y lo matricula en una tipología de acuerdo a las capacidades con que cuenta, es de anotar que esta tipología determina el costo de transacción que se presenta en cada vínculo entre agentes.

**Supervivencia de los agentes:** la regla de supervivencia dice que los agentes que lleguen a tener un *stock de excedentes* igual o menor a cero desaparecerán del SI por no ser capaces de ingresar o mantenerse en dinámicas innovadoras.

**Asignación de beneficios:** la regla de repartir los beneficios entre los agentes que aprovechan las OI tiene en cuenta la capacidad que involucró cada agente y la magnitud de cada atributo del VA, así como el ciclo de vida de la OI.

**Acumulación del stock de excedentes:** esta regla operativa permite que los beneficios se sumen al *stock de excedentes* de cada agente por período, al cual se le restan los costos de mantener las capacidades y los costos de transacción de cada uno de los vínculos.

**Aprendizaje:** la regla de aprendizaje sigue la siguiente lógica: los agentes que aprovechan una OI aprenden acumulando las capacidades que utilizaron y desacumulan en las que no mediante el desaprendizaje. El modelo operacionaliza las dinámicas de aprendizaje observadas desde la perspectiva del crecimiento de las firmas a partir de sus recursos (Penrose E. T., 1959; Wernerfelt, 1984; Barney, 1991) y las capacidades (Teece & Pisano, 1994; Teece et al., 1997; Bell, 1984), representando la posibilidad de competir a los agentes a partir de ciertas capacidades distintivas o competencias nucleares (Prahalad & Hamel, 1990).

Teniendo en cuenta que el aprendizaje se manifiesta en las cercanías de las actividades previas de las firmas (Teece, 1988), el modelo considera que aquellos agentes que utilicen sus capacidades reforzarán estas gracias a la experiencia y al premio o recompensa otorgado por el EC; de igual forma, aquellas capacidades no utilizadas se debilitarán hasta que el agente las pierda. En otras palabras, se evidencia el aprendizaje por el hacer (*learning-by-doing*) y por el interactuar (*learning-by-interacting*) tanto con el mercado como con otros agentes competidores.

Ahora, el aprendizaje vía el uso (*learning-by-using*) (Rosenberg, sf), se manifiesta en la sofisticación de los atributos del VA de las OM, la velocidad de este aprendizaje estará asociada a un factor de aprendizaje que representa el dinamismo del EC en el que se está representando.

### 3.4.5 Parámetros

Los parámetros del modelo que deben definirse para poder realizar las simulaciones con el modelo propuesto son los siguientes:

**Número inicial de OI:** este parámetro es el número de OI iniciales en el modelo, estas representan la cantidad de innovaciones que requiere el EC, se asume que a mayor cantidad de OI el EC es más próspero y está más dispuesto a premiar a los agentes que innoven. En el modelo, las OI nacen con VA de seis posiciones con magnitud de

cero a nueve cada una; de igual manera, se asigna una ubicación geográfica.

**Número inicial de agentes competidores:** este parámetro representa el número de agentes competidores iniciales del sistema, los cuales nacen con VC de seis posiciones, con magnitud de cero a nueve cada una; de igual manera, la ubicación geográfica también es asignada. La tipología del agente la define la magnitud de las capacidades en cada posición.

**Tasa de nacimiento de las OI:** esta rata significa la renovación por período de las OI del EC. De forma similar al número de OI, esta variable depende de qué tan dinámico o no sea el EC.

**Factor de aprendizaje:** significa la velocidad a la que los agentes del sistema son capaces de acumular capacidades y las OM sofistican sus atributos. Este parámetro afecta la ecuación (1), donde: K es la magnitud o valor máximo que puede tomar la capacidad o el atributo, y denota el factor de aprendizaje, y t es el tiempo de uso de la capacidad:

$$\frac{K}{1 + e^{-\gamma t}} \quad (1)$$

**Factor de desaprendizaje:** de forma similar al factor anterior, denota la velocidad a la que los agentes del sistema desacumulan capacidades. Este parámetro afecta la ecuación (2), donde: K y t significan lo

mismo que en la ecuación 1 y  $\delta$  denota el factor de desaprendizaje:

$$\frac{K}{1 + e^{\delta t}} \quad (2)$$

**Stock de excedentes máximo:** se puede considerar como los recursos económicos máximos con los que puede nacer un agente en el sistema, siendo este recurso el que le permite sobrevivir. Este valor se actualiza cada período para cada agente y para el sistema aplicando la ecuación (3), donde:  $SE_t$  es el *stock de excedentes* del sistema en el período  $t$ ,  $SE_{t-1}$  es el *stock de excedentes* del sistema en el período  $t-1$ ,  $B_t$  son los beneficios del sistema en el período  $t$ ,  $C_t$  es el costo de mantenimiento de las capacidades del sistema en el período  $t$ , y  $CT_t$  son los costos de transacción del sistema en el período  $t$ .

$$SE_t = SE_{t-1} + B_t - C_t - CT_t \quad (3)$$

**Tiempo máximo de ciclo de vida de las innovaciones:** las OI nacen con un  $t_{ilc}$ , el cual significa el tiempo en que se benefician los agentes que aprovechen las OI. Al inicio del modelo de simulación se asigna el tiempo máximo y se establece un valor a cada OI que surge en el EC, desde uno hasta el valor máximo asignado.

**Volatilidad máxima de las OI:** se asigna un tiempo máximo en el que las OI permanecen en el EC sin ser satisfechas; luego de este período las OI desaparecen. En el modelo de simulación se asigna la volatili-

dad máxima en años y se establece un valor a cada OI que surge en el EC, desde uno hasta el valor máximo asignado.

**Ingreso por atributo:** asigna el premio que brinda el EC para cada posición del vector de atributos de las OI. La magnitud de los atributos por posición y el  $t_{ilc}$  se relacionan para calcular los beneficios por período mediante la ecuación (4), donde  $B_{kt}$  es el beneficio por atributo en un período,  $t$  es el período en el que se encuentra el  $t_{ilc}$ ,  $k$  es la posición en el vector,  $IA_k$  denota el ingreso del vector de atributos en la posición  $k$  del vector de atributos,  $PA_k$  es la magnitud del vector de atributos en la posición  $k$  del vector de atributos,  $m$  es la media de la función gaussiana (para el modelo tendrá un valor de  $t_{ilc}/2$ ) y  $s$  es la desviación estándar (para el modelo tendrá un valor de  $t_{ilc}/6$ ) de la función gaussiana del  $t_{ilc}$ :

$$B_{kt} = IA_k * PA_k * e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

**Costo por capacidad:** es el parámetro que ejemplifica que tan costoso es el mantenimiento de cada tipo de capacidad de un VC de un agente. El costo de mantenimiento de un vector de capacidades (CCV) se calcula usando la ecuación (5), donde  $k$  es la posición en el VC de un agente,  $m$  es la cantidad de posiciones del vector,  $CC_k$  denota el costo generado para sostener una capacidad en una posición  $k$  en un período de tiempo,  $PC_k$  es la magnitud del vector de capacidades en la posición  $k$  de un agente

y CCV es el costo de mantenimiento del vector de capacidades del agente.

$$\sum_{k=1}^m CC_k PC_k = CCV \quad (5)$$

**Costo de transacción:** se asignan tres niveles de costo al inicio de la simulación: bajo, medio y alto, los cuales se destinan a cada vínculo entre agentes según el tipo de agente, como ya se explicó anteriormente.

### 3.5 Referencias

- Ahrweiler, P., Pyka, A., & Gilbert, N. (2004). *Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN)*.
- Ahrweiler, P., Pyka, A., & Gilbert, N. (2011). A new model for university-industry links in knowledge-based economies. *Journal of Product Innovation Management*, 27(2), 218-235.
- Ani, B., Tonts, M., & Siddique, K. (2015). Strengthening the performance of farming system groups: perspectives from a Communities of Practice framework application. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(3), 219-230.
- Archibugi, D., Howells, J., & Michie, J. (1999). *Innovation systems and policy in a global economy*. Cambridge University press.
- Asheim, B., & Gertler, M. (2004). The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & N. Richard R, *The Oxford Handbook of Innovation*.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17, 99-120.
- Batterink, M., Wubben, E., Klerkx, L., & Omta, S. (2010). Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector. *Entrepreneurship and regional development*, 22(1), 47-76.
- Beckenbanch, F., Briegel, R., & Daskalakis, M. (2009). Evolution and Dynamics of Networks in 'Regional Innovation Systems' (RIS). En *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (págs. 58-100). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Belay, K., & Abebaw, D. (2004). Challenges facing agricultural extension agents: A case study from South-western Ethiopia. *African Development Bank*, 16(1), 139-168.
- Bell. (1984). Learning and the Accumilation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. En M. Fransman, & K. King, *Technological Capability in the Third World* (págs. 187-209). London: Macmillan.
- Black, A. (2000). Extension theory and practice: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40, 493-502.



- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy*, 29(4-5), 627-655.
- Burhanuddin, M., Arif, F., Azizah, V., & Prabuwo, A. (2009). Barriers and Challenges for Technology Transfer in Malaysian Small and Medium Industries. *International Conference on Information Management and Engineering*, 258-261.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233-245.
- Corona, J., Dutrénit, G., Puchet, M., & Santiago, F. (2013). La co-evaluación de las políticas de CTI, el sistema de innovación y el entorno institucional en México. En G. Crespi, & G. Dutrénit, *Política de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo: la experiencia latinoamericana*. Foro Consultivo.
- Coudel, E., Tonneau, J.-P., & Rey-Valette, H. (2011). Diverse approaches to learning in rural and development studies: review of the literature from the perspective of action learning. *Knowledge Management Research & Practice*, 9, 120-135.
- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy*, 11, 147-162.
- Dyer, J., & Singh, H. (1998). The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *The Academy of Management Review*, 23, 660-679.
- Edquist, C. (1997). *System of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*. (C. Edquist, Ed.) London: Pinter/Cassell.
- Eigen, M., & Schuster, P. (1979). *The Hypercycle: A principle of Natural Self-Organization*. New York: Springer-Verlag.
- Ekboir, J. M., Dutrénit, G., Martínez, G., Torres, A., & Vera-Cruz, A. (2006). *Las Fundaciones Produce a diez años de su creación: pensando en el futuro*. Washington: International Food Policy Research Institute.
- Ernst, D., Mytelka, L., & Ganiatsos, T. (1998). Technological capabilities in the context of export-led growth. A conceptual framework. En D. Ernst, T. Ganiatsos, & L. Mytelka (Edits.), *Technological Capabilities and Export Success in Asia* (págs. 5-45). London and New York: Routledge.
- Fowler, R., & Rockstrom, J. (2001). Conservation tillage for sustainable agriculture: An agrarian revolution gathers momentum in Africa. *Soil and Tillage Research*, 61(1-2), 93-108.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Londres: Frances Pinter Publishers.
- Gilbert, N., Pyka, A., & Ahrweiler, P. (2001). "Innovation Networks - a Simulation Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4(3), 1-8.

- Gilsing, V., & Nooteboom, B. (2006). Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy*, 35(1), 1-23.
- Grant, R. (1991). The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation. *California Management Review*, 114-135.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, 737-747.
- Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 76, 39-51.
- Helfat, C. (1997). Know-How and Asset Complementarity and Dynamic Capability Accumulation: The Case Of R&D. *Strategic Management Journal*, 18(5), 339-360.
- Helfat, C., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M., Singh, H., Teece, D., & otros. (2007). *Dynamic Capabilities. Understanding Strategic Change In Organizations*. Malden, Oxford and Carlton: Blackwell Publishing.
- Hennessy, T., & Heanue, K. (2012). Quantifying the Effect of Discussion Group Membership on Technology Adoption and Farm Profit on Dairy Farms. *The Journal of Agricultural Education*, 18(1), 41-54.
- Holland, J. H. (2004). *El Orden Oculto: De cómo la adaptación crea la complejidad*. (E. Torres-Alexander, Trad.) México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Imai, K. J., & Baba, Y. (1991). Systemic Innovation and Cross-Border Networks: Transcending Markets and Hierarchies to Create a New Techno-Economic System. En OECD, *Technology and Productivity: The Challenges for Economic Policy*. Paris: OECD.
- Kalra, R., Anil, B., Tonts, M., & Siddique, K. (2013). Self-Help Groups in Indian Agriculture: A Case Study of Farmer Groups in Punjab, Northern India. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 509-530.
- Kauffman, S. (1996). *At home in the universe*. London: Penguin.
- Kauffman, S. (2000). *Investigations*. Oxford: Oxford University Press.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- 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. doi:https://doi.org/10.1093/ajae/aaw069
- Llewellyn, R. (2007). Information quality and effectiveness for more rapid adoption decisions by farmers. *Field Crops Research*, 104(1-3), 148-156.
- Lund, R. (2007). The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (págs. 129-153). Bingley: Emerald.

- Lundvall. (2007). National Innovation Systems-Analytical Concept and Development Tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119.
- Lundvall, B., & Christensen, J. (2007). *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance*. Bingley: Emerald.
- Lundvall, B.-ä., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1(2).
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., & Andersen, E. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 213-231.
- Mazurkiewicz, A., & Poteralska, B. (2017). Technology Transfer Barriers and Challenges Faced by R&D Organisations. *Procedia Engineering*, 182, 457-465.
- McDonald, K., & Sun, D.-W. (2000). Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review. *Journal of Food Engineering*, 45(2), 55-65.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *Cadena de aguacate: indicadores e instrumentos*. Medellín.
- Moore, S., Severn, R., & Millar, R. (2006). A Conceptual Model of Community Capacity for Biodiversity Conservation Outcomes. *Geographical Research*, 361-371.
- Muñoz, J. C. (2010). Los Caminos del Café: Aproximación a La Relación Entre el Conflicto Armado Rural y La Producción Cafetera Colombiana. *Ensayos sobre Política Económica*, 28(63), 14-65.
- OECD. (1992). *Technology and the Economy: The Key Relationships*. Paris: OECD - The Technology / Economy Programme.
- Ozdemir, M., & Floros, J. (2004). Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3), 185-193.
- Padgett, J. F. (1997). The emergence of simple ecologies of skill: a hypercycle approach to economic organization. En W. B. Arthur, S. N. Durlauf, & D. A. Lane (Edits.), *The Economy as an Evolving Complex System II*. Addison-Wesley: Reading MA.
- Padgett, J. F., Lee, D., & Collier, N. (2003). Economic Production as Chemistry. *Industrial and Corporate Change*, 12, 843-877.
- Padgett, J. F., McMahan, P., & Zhong, X. (2009). Economic Production as Chemistry II. *Working Papers*. Paper 10.
- Pannell, D., Marshal, G., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F., & Wilkinson, R. (2006). Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(11), 1407-1424.
- Parjanen, S., Melkas, H., & Uotila, T. (2011). Distances, knowledge brokerage and absorptive capacity in enhancing regional innovativeness: A qualitative case study of Lahti region, Finland. *European Planning Studies*, 19(6), 921-948.
- Penrose, E. T. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*. New York: John Wiley.

- Pietrobelli, C., & Rabelotti, R. (2011). Global Value Chains Meet Innovation Systems: Are There Learning Opportunities for Developing Countries? *World Development*, 39(7), 1261-1269.
- Pitt, J. C. (2000). *Thinking about technology - Foundations of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridges Press.
- Ponsiglione, C., Quinto, I., & Zollo, G. (2014). Bridging the SKIN model to the debate on territorial innovation systems: the proposal of an agent-based model of self-sustaining regional innovation systems. *SKIN 3 Workshop Joining Complexity Science and Social Simulation for Policy*. Budapest: Eötvös Lorán University.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68 (3), 79-91.
- Pyka, A., & Scholz, R. (2008). A Narrative Description of the Agent Based NEMO-Model. *NEMO-Working paper*.
- Pyka, A., Gilbert, N., & Ahrweiler, P. (2009). Agent-Based Modelling of Innovation Networks: The Fairytale of Spillover. En A. Pyka, & A. Scharnhorst (Edits.), *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (págs. 101-126). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Quintero, S. (2016). Aprendizaje en los sistemas regionales de innovación: Un modelo basado en agentes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017). Learning in the Regional Innovation System An agent Based Model. *Cuadernos de Administración*, 33(57), 7-20.
- Robledo, J. (2016). *Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations*. New York : Free Press.
- Roland, R. (1982). A deCision support system model for technology transfer. *Journal of Technology Transfer*, 7(1), 73-93.
- Ruiz, W., Quintero, S., & Robledo, J. (2016). Impacto de los Intermediarios en los Sistemas de Innovación. *Journal of Technology Management & Innovation*, 11(2), 130-138.
- Ruiz, W., Quintero, S., & Robledo, J. (2017). La modelación basada en agentes como estrategia metodológica para el estudio de la transferencia tecnológica en cadenas productivas agrícolas. *XVII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica - ALTEC 2017*. Ciudad de México.
- Senker, P., & Faulkner, W. (1993). Networks, Tacit Knowledge and Innovation. *Second ASEAT Conference, Technological Collaboration: Networks, Institutions and States*. Manchester.
- Smith, R., & Sharif, N. (2007). Understanding and acquiring technology assets for global competition. *Technovation*, 643-649.

- Sneddon, J., Soutar, G., & Mazzarol, T. (2011). Modelling the faddish, fashionable and efficient diffusion of agricultural technologies: A case study of the diffusion of wool testing technology in Australia. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(3), 468-480.
- Stewart, R. (2013). Conceptual Modeling for Simulation. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*, 377-388.
- Teece, D. J. (1988). Technological change and the nature of the firm. En G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory*. London and New York: Pinter Publisher.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction. *Industrial and Corporate Change*, 1-28.
- Teece, D., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Triulzi, G., Scholz, R., & Pyka, A. (2011). *R&D and knowledge dynamics in university-industry relationships in biotech and pharmaceuticals: An agent-based model*. FZID discussion papers.
- Velasco-García, M., & Mottram, T. (2003). Biosensor technology addressing agricultural problems. *Biosystems Engineering*, 84(1), 1-12.
- Vera-Cruz, A., & Dutrénit, G. (2016). *Sistema de Innovación del sector agropecuario en México: tendiendo puentes entre los actores* (1 ed.). México: Maporrúa.
- Waller, P. (1997). Sustainable helminth control of ruminants in developing countries. *Veterinary Parasitology*, 71(2-3), 195-207.
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28, 349-363.
- Watts, C., & Binder, C. R. (2012). Simulating Shocks with the Hypercycles Model of Economic Production. En R. Seppelt, A. A. Voinov, S. Lange, & D. Bankamp (Ed.), *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a limited Planet*. Leipzig: Sixth Biennial Meeting.
- Wernerfelt, B. A. (1984). Resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. Retrieved from Evanstone, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University: El Laboratorio de Aprendizaje de Netlogo. *Recursos para el Modelador con Netlogo*. Obtenido de /online.sfsu.edu/jjohnson/NetlogoTranslation/proceso\_modelado.html
- Williamson, O. (1993). Calculativeness trust, and economic organization. *The journal of law and economics*, 36(1), 453-486.

- Williamson, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. New York: The Free Press A Division of Macmillan, Inc.
- Zhang, J., Creelman, R., & Zhu, J.-K. (2004). From laboratory to field. Using information from Arabidopsis to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. *Plant Physiology*, 135(2), 615-621.

## 4. Verificación y validación del modelo sistémico de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias



### Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo desplegar y presentar la metodología destinada para la verificación y validación del modelo de transferencia de tecnología (en adelante TT) en las cadenas productivas agropecuarias (en adelante CPA), exhibiendo confiabilidad y tranquilidad al usarse en la exploración de diversos escenarios, que facilitaron una mejor comprensión de las CPA en estudio y específicamente, un mayor entendimiento de cómo las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación (en adelante CTel) influyen en el desempeño del sistema.

Desde tal perspectiva, el primer elemento que debe ser tenido en cuenta para validar cualquier modelo es el propósito del mismo; en este sentido, la razón de ser de un modelo y, en particular, el modelo sistémico, es ayudar a mejorar el entendimiento

y comprensión de los procesos de la TT en las CPA, comprendidas, estas últimas, como SI de carácter localizado, mediante el análisis y la incidencia de las políticas públicas de CTel en el desempeño de estos sistemas.

Luego de tener claridad en el propósito del modelo se procedió con su validación. Al respecto, se encontraron evidencias en la literatura especializada de varios paradigmas para el proceso de validación; para este caso se decidió seguir las recomendaciones de Sargent (2013; 2015; 2017) para realizar un proceso simplificado de validación.

Para tal fin, el apartado 4.1 describe de manera esquemática, la metodología del proceso de validación utilizada; seguido en el apartado 4.2, se presenta la validación del modelo conceptual a partir del uso de los métodos histórico del racionalismo y el método de aproximación histórica amigable; el apartado 4.3, detalla cómo se realizó la verificación del modelo computarizado y, finalmente, en el apartado 4.4, se describe la validación del modelo operacional.

#### 4.1 Metodología para el proceso de validación del modelo sistémico de TT para las CPA

El proceso de validación de modelos requiere del proceso de verificación computacional y de dos validaciones: una conceptual y una operacional (Ver figura 4-1). Adicionalmente, Sargent (2013) describe

varias técnicas de validación que pueden ser usadas en cada una de las validaciones mencionadas.

#### 4.2 Validación del modelo conceptual

Para validar el modelo conceptual las dos técnicas de validación utilizadas fueron: 1) el método histórico del racionalismo, el cual pretendió comprobar que los supuestos subyacentes del modelo fueran ciertos; esto se hace a partir de premisas que se desprenden de deducciones lógicas, basadas en la teoría, para desarrollar un modelo válido y 2) la aproximación histórica amigable, donde el enfoque utiliza los estudios de los casos históricos específicos de una industria para los parámetros, interacciones y reglas de decisión de los agentes del modelo; en este enfoque un buen modelo es el que puede generar múltiples hechos estilizados observados en una industria, orientándose específicamente al comportamiento, reglas de decisión y las interacciones de los agentes y el entorno en el que operan, esta técnica se basa principalmente en relatos, siendo lo ideal tener varios relatos o casos.

La aplicación de las dos técnicas de validación elegidas pretendió legitimar los supuestos y las reglas de decisión utilizadas en el modelo conceptual. A continuación, se especifican los supuestos y las reglas de decisión, con su respectiva validación a partir del método histórico del racionalismo y de la aproximación histórica amigable.

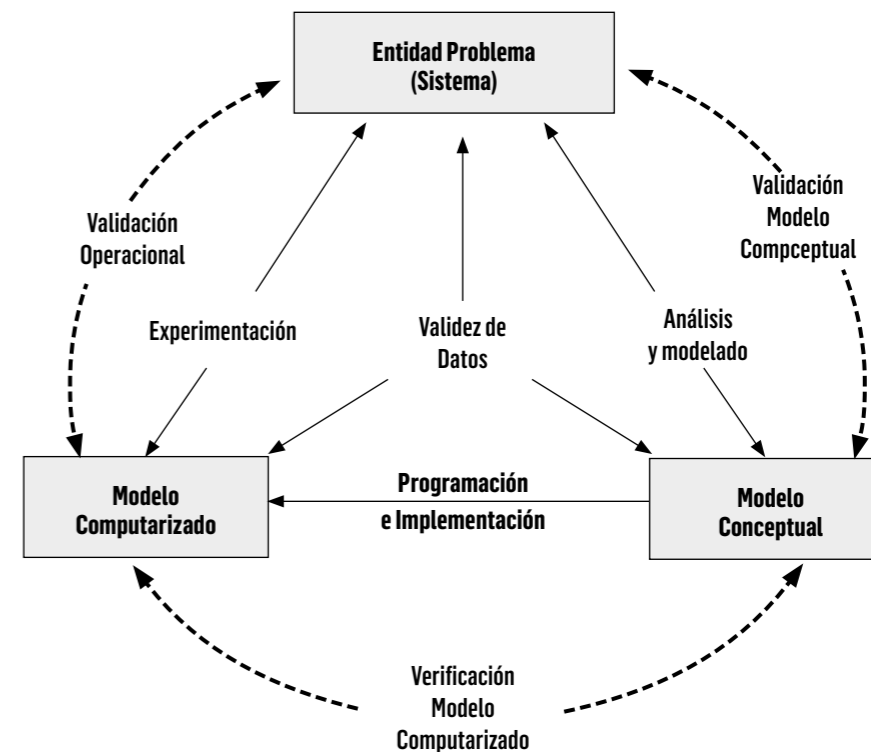


Figura 4-1. Proceso de validación de modelos  
Fuente: Adaptado de Sargent (2013).

#### 4.2.1 Supuestos

La descripción de los supuestos se puede observar en el capítulo 3, en este apartado se hace énfasis en la validación de ellos por las técnicas elegidas.

#### Oportunidades de innovación:

**Método histórico del racionalismo:** el modelo se apoya en un enfoque *market-pull*, presente en las generaciones de modelos de innovación descritos por Rothwell (1994), donde se aplica desde la segunda hasta la quinta generación; siendo también uno de los pilares del mercadeo desde la "Miopía del Marketing" de Levitt (1960).

**Aproximación histórica amigable:** este supuesto tiene relación con la siguiente afirmación: "las empresas son hoy la mayor fuente de innovaciones" (Ekboir et al., 2006, p. 230), donde parte de su éxito depende "de su capacidad interna de aprovechar las oportunidades económicas y tecnológicas" (Ekboir et al., 2006, p. 230).

Ahora, con respecto a las CPA, el trabajo de Ekboir et al., (2006) realizado en el Sistema de Investigación Agropecuario en México (SIAM), plantea la necesidad de abordar el SIAM con un énfasis especial que permitiera transformar la mirada de un sistema dirigido por la oferta a uno más orientado por la demanda de los productores agrícolas y pecuarios. Además, se observa cómo el EC se convierte en un actor importante en la transformación del SIAM, donde las OI incluyen estándares de calidad, especificaciones sanitarias y características de los envases, entre otros, dándole a las OI unos atributos explícitos. Tales transformaciones implican en la mayoría de los agricultores una inversión en maquinaria y equipo, el uso de servicios especializados, estandarización de prácticas, incorporación de nuevas tecnologías y, más recientemente, implementación de agricultura de precisión (Echenique, Jordán, & Gómez, 2007). Lo anterior se traduce en capacidades necesarias para cumplir con los requerimientos de las OI, donde las capacidades deben ser acumuladas por los agentes productores o por otros agentes que las puedan complementar. En la mayoría de los casos de estudio utilizados para la validación se

encuentra que, ampliar el acceso al conocimiento y a nuevas tecnologías, especialmente de apropiación y mercadotecnia, es lo más prioritario para la supervivencia de los agricultores, especialmente cuando se considera a la innovación como el núcleo de este proceso (Dutrénit, Rivera-Huerta, & Vera-Cruz, 2016).

**Vector de atributos de las oportunidades de innovación:**

**Método histórico del racionalismo:** el modelo se fundamenta en la premisa de que el proceso de innovación incluye diferentes actividades, que van desde la concepción de la idea, la I+D, pasando por la transferencia, y finalizando en la producción y comercialización de los bienes y servicios (OECD, 2005). Para realizar las actividades anteriormente mencionadas los agentes requieren recursos, por ello, la relación entre recursos, capacidades y competencias nucleares son claves para la comprensión del aprendizaje y fue utilizada en la concepción del modelo que, en gran medida, soporta teóricamente este supuesto.

Así, las capacidades que requiere cualquier SI para realizar sus funciones de generación, difusión y uso de conocimiento y tecnología, se distribuyen entre los diferentes agentes que le conforman, tal como se explicó en el capítulo 3, al definir el papel de las capacidades tecnológicas para la innovación (en adelante TCI) de los agentes, que se requieren para que un SI funcione adecuadamente.

Se tiene en cuenta también que, a los agentes se les da la posibilidad de tener capacidades nulas (magnitud de 0), básicas (magnitud de 1 a 3), medias (magnitud de 4 a 6) y avanzadas (magnitud de 7 a 9) las cuales se evidencian en las diferentes etapas de acumulación producto del aprendizaje (Dodgson, 1993; Kim, 1997; Hobday, 1997; Ernst et al., 1998; Lundvall, 2007; Lundvall & Vinding, 2007; Lund, 2007; Helfat et al., 2007).

**Aproximación histórica amigable:** en el trabajo de Ekboir et al (2006, p. iv), los investigadores también tienen en cuenta la relación existente entre capacidades de innovación y aprendizaje cuando afirman que,

las capacidades de aprendizaje de las organizaciones surgen de la interacción de los recursos (individuos y capital fijo), los procesos (cómo se hacen las cosas) y los valores (incluida la cultura institucional y los objetivos). En las organizaciones nuevas las capacidades residen, mayormente, en los recursos, especialmente, su gente. Con el tiempo, las capacidades de las organizaciones exitosas se transfieren a los procesos y los valores. Las capacidades para aprender son específicas a cada organización y contexto – se desarrollan a partir de inversiones y procesos idiosincrásicos, y otras organizaciones tienen dificultades para imitarlas o comprarlas. Capacidades que otorgan ventajas en un contexto

pueden convertirse en discapacidades en otro.

Ahora, con respecto a las funciones de los agentes en el SI, las actividades e interacciones de estos actores propician la generación, difusión y uso de conocimiento social o económicamente útil, es decir, a mejorar el desempeño económico e innovador de las empresas y a mejorar los procesos sociales (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). Este comportamiento se explica porque las capacidades suplen la brecha entre la intención y el resultado, y lo hacen, especialmente, cuando este último tiene que ver con la intención (Dosi et al., 2000). Entonces, se reconoce que en los SI "las actividades e interacciones de estos actores contribuyen a la producción, difusión y uso de conocimiento social o económicamente útil, es decir, a mejorar el desempeño innovador de las empresas y a mejorar procesos sociales" (Ekboir et al., 2006, p. 230).

**Volatilidad de las oportunidades de innovación (v):**

**Método histórico del racionalismo:** el tiempo para llegar al mercado (*time to market*) y la velocidad de la innovación (*speed of innovation*) son los fundamentos que soportan este supuesto. El tiempo para llegar al mercado es la longitud de tiempo que transcurre desde que un producto es concebido hasta que está disponible para la venta. Y la velocidad de la innovación se puede considerar como una capacidad,

la cual, cuando se combina con procesos centrales, puede dar una ventaja competitiva para una empresa (Sonnenberg, 1993; Kessler & Chakrabarti, 1996). Estos fundamentos teóricos están inherentemente relacionados con el tiempo, donde este recurso se considera como escaso (Markman, Gianiodis, Phan, & Balkin, 2005). Siendo precisamente el sentido que se le quiere dar en el modelo con la  $v$ , donde al no ser aprovechadas a tiempo las OI por los agentes, por su falta de capacidades, estas desaparecen del EC, significando esto que la OI cambia o se traslada a otro sistema donde si pueda ser aprovechada en un menor tiempo.

**Aproximación histórica amigable:** en el trabajo de Ekboir et al (2006), cuando se habla de la necesidad de aumentar la competitividad del SIAM, se está teniendo en cuenta el diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos, donde siempre el tiempo es uno de los recursos más importantes para gestionar y clave para el éxito de las innovaciones.

#### **Ciclo de vida de las oportunidades de innovación:**

**Método histórico del racionalismo:** el modelo se apoya en la teoría del ciclo de vida de las innovaciones ( $t_{icj}$ ), donde el comportamiento gaussiano de los beneficios es característico de las curvas de difusión de las innovaciones (Rogers E. , 2003).

**Aproximación histórica amigable:** partiendo de la premisa de que todos los productos y procesos tienen un ciclo de vida, se podría considerar que los productos agrarios tendrían ciclos muy largos. Sin embargo, las innovaciones en producto, como la variación genética para el mejoramiento de semillas; o de proceso, que pueden ser del manejo agronómico, postcosecha, transformación y comercialización; cuentan con ciclos de vida cortos, especialmente por la dinámica del sector en el ámbito mundial, dada su importancia económica y social.

#### **Aprovechamiento de las oportunidades de innovación por los agentes competidores:**

**Método histórico del racionalismo:** se considera que, si bien anteriormente el éxito tecnológico y económico se asociaba a la capacidad individual de la empresa para realizar actividades de I+D, ahora este enfoque ha sido superado por análisis más elaborados que incluyen un conjunto más amplio y complejo de actividades, tales como la generación, modificación y transferencia de conocimiento, los procesos de aprendizaje tecnológico, y las interacciones y las complementariedades entre ciencia, tecnología y mercado. Así, un tema central es la interacción y los flujos de información y conocimiento entre los agentes del sistema.

En el modelo, este comportamiento de tratar de suplir primero los atributos explotadores (mercadeo y apropiación para la producción) y, por último, los exploradores

(desarrollo e investigación), se puede explicar por la orientación de suplir necesidades de corto plazo por parte de los agentes explotadores y de largo plazo por parte de los agentes exploradores, este comportamiento es expuesto en el ciclo de exploración-explotación de Gilsing & Nooteboom, (2006).

**Aproximación histórica amigable:** la relación entre exploración y explotación para la innovación se puede considerar un proceso evolutivo puesto que, "su dinámica está determinada por la interacción entre la exploración (incluida la variación y la selección) y la explotación, por un lado, y entre las tendencias y los procesos aleatorios por el otro" (Ekboir et al., 2006, p. 202).

#### **Búsqueda de agentes por parte de una oportunidad de innovación para ser aprovechada:**

Esta búsqueda se inicia por localización y luego por comparación de los atributos de la OI con las capacidades de los agentes tal como se describió en el capítulo 3.

**Método histórico del racionalismo:** se encuentra que, con relación a la búsqueda por localización, muchos autores de la literatura de los SI resaltan la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004; Asheim & Isaksen, 2002). De forma similar, con respecto a una búsqueda más distante de esa complementariedad necesaria para suplir las OI, también existen autores que reconocen este comportamiento

(Sakakibara, 1997; Hagedoorn, Link, & Vonortas, 2000; Belderbos, Carree, Diederen, Lokshin, & Veugelers, 2004). Ahora, en cuanto a la racionalidad limitada, esta es altamente reconocida por la economía evolutiva (Simon, 1956; Simon, 1957; Winter, 2000; Nonaka, Von Krogh, & Voelpel, 2006). También, el supuesto está sustentado en que "es más probable que un mercado basado en agentes adaptables – agentes de limitada racionalidad, más que de perfecta racionalidad - exhiba una dinámica 'natural'" (Holland, 2004, pág. 99).

**Aproximación histórica amigable:** teniendo el caso de la Fundación Produce de Nuevo León (FPNL) como ejemplo, se encuentra que la FPNL establecido vínculos con instituciones de investigación de la región, tales como las universidades de Tamaulipas, Autónoma de Nuevo León y la de Coahuila, el Tecnológico de Monterrey, la Universidad Antonio Narro, con institutos como el CINVESTAV y otras universidades del país e, inclusive, extranjeras como la Universidad de Texas, evidenciando como los intermediarios buscan generar relaciones con agentes exploradores, incluso por fuera de su radio más cercano, esto ejemplifica como las reglas de localización y complementariedad, que se expondrán más adelante, están correctamente empleadas, al tener más vínculos con los cercanos que con agentes exploradores lejanos, pero sin restringir esta posibilidad. Siendo congruente con que la TT implica la búsqueda de soluciones en cualquier parte del mundo donde estén disponibles, algu-

nos eventos de transferencia implican relacionarse con investigadores adscritos a universidades o institutos extranjeros, especialmente, cuando en el ambiente local no se encuentran las capacidades requeridas, motivando la búsqueda en localizaciones más lejanas. Se tiene en cuenta que, el modelo de TT de las FPNL, enfatiza en la importancia de la comunicación entre los desarrolladores o buscadores de soluciones, y el demandante de esa solución.

#### **Co-evolución de los agentes competidores:**

**Método histórico del racionalismo:** el supuesto se sustenta en la importancia de las relaciones entre organizaciones, porque sustentan lo que se conoce como aprendizaje interactivo. Este tipo de aprendizaje se basa en el intercambio de conocimiento y en la colaboración de organizaciones, interacción que se ejecuta tanto a través de transacciones de mercado como mediante la colaboración y el establecimiento de redes (Edquist, 2001; 2004; Lundvall, 1985).

En el aprendizaje vía interacción y haciendo (Lundvall, 2007), y gracias a que las capacidades son dinámicas, se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat et al., 2007), lo que quiere decir que cuando los agentes suplen las OI, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las capacidades que se usan se acumulan y las que no se desacumulan, lo anterior se presenta por un factor de aprendizaje y de desaprendizaje que adopta el sistema y depende de su marco

contextual (Lund, 2007). La desacumulación de capacidades, por el desaprendizaje también se puede explicar desde la teoría de los SCA, cuando Holland (2004, pág. 58) afirma que, la “realización de cambios en las habilidades del agente para reemplazar con nuevas opciones las partes a las que se asignaron bajos créditos”. De manera similar, Holland (2004, págs. 99-100) manifiesta que, “el aprendizaje, y los modelos internos imperfectos que se producen, automáticamente generan dinámicas realistas sin la introducción de variables exógenas”; complementando con que el “proceso de la evolución especializa las condiciones de apareamiento selectivo basado en esos marbetes, de manera que los agentes puedan reaccionar a esta compatibilidad y a partir de allí incrementar su aptitud” (pág. 166). Siendo lo anterior, lo que se observará más adelante, en el análisis del comportamiento del modelo y de los agentes competidores que sobreviven y se han especializado gracias a la coevolución. Se aprecia también, cuando

la red se consolida, la importancia de los agentes catalizadores disminuye, debido a que otros actores están más dispuestos a participar cuando los beneficios de la participación se hacen más claros, y las reglas de interacción son conocidas por todos los socios. (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, pág. 116).

**Aproximación histórica amigable:** se reconoce que los sistemas complejos evo-

lucionan por “la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones” (Ekboir et al., 2006, p. 6). En esta misma línea, Ekboir et al. (2006), reconocen la coevolución de los agentes cuando manifiestan que,

los sistemas complejos evolucionan por la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones. La autoorganización y la aleatoriedad impiden a un agente individual controlar el proceso, así como predecir la evolución del sistema (pág. iii).

También, se considera que el aprendizaje es

el proceso a través del cual las personas y organizaciones crean conocimiento y adquieren capacidades. Es un proceso complejo basado en la repetición, experimentación y selección, lo cual hace posible realizar las tareas mejor y más rápidamente, e identificar nuevas oportunidades. Los procesos de aprendizaje tienen un carácter gradual, acumulativo, sistémico e idiosincrásico (Ekboir et al., 2006, p. 208).

En cuanto a la acumulación y desacumulación consideran que,

el conocimiento es fruto de procesos de aprendizaje, y la aplicación del conocimiento retroalimenta los procesos de aprendizaje. El conocimiento ha sido reconocido como un componente esencial del capital humano; pero es una forma muy especial de capital porque crece con el uso y se deprecia si no se aplica (Ekboir et al., 2006, p. 208).

#### **Beneficios para los agentes competidores:**

**Método histórico del racionalismo:** gracias a este supuesto es que se considera que los agentes están en un ambiente competitivo que premia a aquellos que con sus capacidades logran obtener una ventaja competitiva (Burhanuddin M., Arif, Azizah, & Prabuwno, 2009). Este proceso equivale a la asignación de créditos que emplea Holland (2004, pág. 58) cuando plantea que, “utilizar el éxito (o el fracaso) de los agentes para asignar créditos (premios) o penalizaciones a partes del sistema de desempeño” y el sistema de desempeño se considera como, “una manera uniforme de representar las habilidades de las diferentes clases de agentes, sin tomar en cuenta los cambios que pudieran ser producidos por la adaptación” (pág. 58). En el caso del modelo se cumple la recomendación de Holland (2004) de asignación de crédito “cuando el medio ambiente produce una remuneración (recompensa, premio) por una acción” (pág. 69).



**Aproximación histórica amigable:** el EC que se ha querido conformar y la interacción entre agentes para aprovecharlo, se han querido enmarcar en un sistema de interacción entre agentes, tal cual se encuentra en los casos de estudio del SIAM donde,

cada uno de estos agentes define sus propias estrategias, reaccionando a las acciones de otros agentes y a cambios en el ambiente en el que opera. Es decir, el sistema se caracteriza por una gran cantidad de unidades de decisión y múltiples mecanismos de interacción y retroalimentación (Ekboir et al., 2006, p. 6).

#### **Stock de excedentes de los agentes competidores:**

**Método histórico del racionalismo:** con Holland (2004, pág. 24) se justifica este supuesto cuando afirma que: “la experiencia guía los cambios en la estructura del organismo de manera que, con el paso del tiempo este hace mejor uso del medio ambiente para alcanzar sus propios fines”. De forma similar, afirma que: la “mayor parte del esfuerzo de modelación para cualquier SCA se centra en seleccionar y representar los estímulos y las respuestas, debido a que los comportamientos y las estrategias de los agentes componentes son determinados por dichos estímulos y respuestas” (pág. 25).

**Aproximación histórica amigable:** la búsqueda para obtener mejores resultados, que en este caso sería aumentar el *stock de excedentes*, lo que trata de hacer cada agente con sus propias estrategias o reglas; sin embargo, al entrar en interacción con otros agentes, la decisión que toma uno afecta a los otros y a su entorno, tal como lo manifiestan Ekboir et al. (2006, págs. 190-191),

cada uno de estos agentes define sus propias estrategias, reaccionando a las acciones de otros agentes y a cambios en el ambiente en el que opera; a su vez, cada agente trata de modificar el ambiente para su beneficio. Es decir, el sistema se caracteriza por una gran cantidad de unidades de decisión y múltiples mecanismos de interacción y retroalimentación.

Y específicamente cuando se refieren a los agentes encargados de propiciar la TT, plantean que estas,

pueden ser analizadas como un sistema complejo porque (a) son parte de y tratan de operar sobre un sistema amplio (el de innovación) en el que participan un gran número de diferentes actores (incluyendo varias secretarías del gobierno federal y de gobiernos estatales, el SNITT, instituciones de investigación y extensión, organismos multilaterales, productores, empresas privadas y con-

sejos de cadenas), cada uno de los cuales tiene sus objetivos propios; (b) la diversidad de fundaciones con un sistema de gobernabilidad laxo permite una gran variación en los estilos de trabajo que convergen por mecanismos de autoorganización; y (c) las acciones de las fundaciones operan sobre el SI por mecanismos que no son bien entendidos (Ekboir et al., 2006, p. 193).

#### **Costos de transacción de los vínculos entre agentes competidores:**

**Método histórico del racionalismo:** al hablar de costos de transacción se hace referencia a que toda transacción económica provoca costos antes de completarse o no la transacción, especialmente los que tienen que ver con la búsqueda de información, las asimetrías del mercado y sistémicas, la prevención del oportunismo, entre otros (Williamson O., 1993). Los costos de transacción se presentan por las brechas que existen entre los agentes que están interactuando (Batterink et al., 2010). Por su parte Holland (2004, pág. 58), manifiesta que, “hay una característica de los SCA que nos impide aplicar con todo rigor dicho marco de trabajo: los agentes de los diferentes sistemas, que aún dentro de un mismo sistema exhiben diferencias reales”. Esto sucede con la asignación del costo de transacción por tipología de agente, pues no necesariamente todas las relaciones entre los mismos tipos de agentes tengan el mismo valor, sin embargo, estás dife-

rencias reales se salen del alcance de los SCA, tal cual lo manifiesta Holland (2004).

**Aproximación histórica amigable:** primero que todo, se encuentra que las transacciones son necesarias, puesto que para innovar se requiere una gran variedad de recursos, los cuales, difícilmente los posee, en su totalidad, un solo agente. Por esta razón, las organizaciones necesitan cada vez cooperar más y compartir información y habilidades, mediante la conformación de redes. Dichas redes permiten el intercambio de conocimientos, habilidades y recursos entre los diferentes agentes que conforman sistemas en el ámbito local, regional, nacional e internacional (Rycroft & Kash, 1999; Christensen & Raynor, 2003). Sin embargo, “la integración a redes no es fácil por problemas de implementación de la acción colectiva: la dificultad para acordar e implementar reglas de interacción, y la necesidad de crear confianza y de evitar comportamientos oportunistas” (Ekboir et al., 2006, p. 15).

En particular, la vinculación academia-sector productivo, identificada en los estudios de caso del SIAM, evidencia comportamientos similares con aquellos desarrollados en otras industrias, así como algunas especificidades: Tienen en común que existe un mercado de conocimiento que tiene una oferta y una demanda, y de que existen dificultades para el relacionamiento asociado a las rutinas de investigadores y empresarios. Las especificidades más importantes del sector serían que existen

una multitud de productores individuales (campesinos), hay diferentes tipos de organizaciones productivas (asociaciones y cooperativas) pero pocas son empresas, se desarrollan pocas actividades de I+D por parte del sector productivo, hay una importante presencia de distribuidores, entre otros. Sin embargo, se puede considerar que el sector agropecuario tiene a su favor una larga experiencia en TT (Vera-Cruz & Dutrénit, 2016).

#### 4.2.2 Reglas

La descripción de las reglas se puede observar en el capítulo 3, en este apartado se hace énfasis en su validación por las técnicas elegidas al inicio de esta sección.

##### **Localización:**

**Método histórico del racionalismo:** ya se habló de la importancia de la cercanía geográfica, donde varios autores como Lundvall y Johnson (1994), Asheim y Gertler (2004), y Asheim y Isaksen (2002) respaldan ese comportamiento.

**Aproximación histórica amigable:** esta regla se puede evidenciar en los casos del estudio del SIAM, especialmente cuando los autores manifiestan que “era común que las fundaciones otorgaran preferencia a los investigadores del Estado en la evaluación de las propuestas, a pesar de que a menudo estos no eran los más fuertes del país en los temas en que investigaban” (Ekboir et al., 2006, p. 125).

De forma similar, un comportamiento encontrado por Cramb (2003), es que la apropiación de la tecnología de los agricultores está altamente influenciada por las recomendaciones hechas por instituciones de educación e investigación en el ámbito regional. Siendo el boca a boca la comunicación más relevante en este proceso, ya que los agricultores se fijan en las parcelas donde hay experimentos para preguntar por los resultados. Por lo tanto, la proximidad geográfica y relacional es muy importante para que se pueda presentar todo este proceso.

##### **Complementariedad:**

**Método histórico del racionalismo:** de forma similar a la regla anterior, de esta ya se había hablado con anterioridad y se mencionaron algunos autores que sustentan esta perspectiva como son Sakakibara (1997), Hagedoorn et al. (2000), Belderbos et al. (2004). Además, en el modelo se tiene en cuenta que “las organizaciones dependen de sus capacidades de innovación para responder a los cambios en los entornos tecnológicos, económicos y sociales” (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, pág. 117). Y que las “capacidades de innovación son construidas por el aprendizaje” (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, pág. 117).

**Aproximación histórica amigable:** cuando por localización no se encuentran las capacidades requeridas, se pasa a buscarlas en ubicaciones más distantes, tal como se evidencia en los estudios de casos del

SIAM cuando los autores encuentran que en los proyectos apoyados por los encargados de propiciar la TT, “la preferencia por los investigadores estatales fue más fuerte en los primeros años; a medida que las debilidades de los equipos locales se hicieron evidentes, algunas fundaciones comenzaron a invitar a las convocatorias a investigadores de otros estados” (Ekboir et al., 2006, p. 125).

##### **De explotación a exploración y viceversa:**

**Método histórico del racionalismo:** este comportamiento, que en el modelo se llama de derecha a izquierda en el vector de atributos y capacidades, tiene que ver con el ciclo de explotación y exploración de Gilsing y Nootboom (2006), que ya se mencionó anteriormente, donde la explotación tiene un carácter de corto plazo, mientras que la exploración de largo.

En cuanto al comportamiento de exploración a explotación, se puede apreciar en la primera generación de los modelos de innovación descritos por Rothwell (1994), donde se reconoce que, aunque es un modelo usado posguerra, este se sigue aplicando cuando los agentes exploradores desarrollan adelantos tecnológicos prometedores en el mercado.

**Aproximación histórica amigable:** se encuentra en el SIAM que los agentes encargados de facilitar la TT, tienen un enfoque basado en la demanda, ya que las convocatorias para propuestas de proyec-

tos están definidas por las demandas de los productores. La manera de operar de estos agentes intermediarios es mediante la captación de las demandas tecnológicas de los productores y así lograr vincular a estos con universidades, institutos, centros de investigación y despachos técnicos, con el objeto de apoyar a los productores en la solución de los problemas productivos y tecnológicos.

Este comportamiento entre agentes permite que se genere la autoorganización, esta puede ser evidenciada cuando a partir de “las acciones e interacciones entre agentes surgen patrones de comportamiento específicos de grupos de agentes y de todo el sistema que no existen al nivel de los agentes individuales” (Ekboir et al., 2006, p. 6). La orientación de derecha a izquierda se puede apreciar en el trabajo del SIAM, cuando los autores resaltan que “una función crucial de las organizaciones intermediarias de innovación en la agricultura es la articulación de las demandas de los agricultores” (Dutrénit, Rocha-Lackiz, & Vera-Cruz, 2012, pág. 699). Siendo “una de las tareas más difíciles para una organización intermediaria de innovación reunir a las demandas de los agricultores con la oferta de I+D y soluciones tecnológicas” (Dutrénit et al., 2012, p. 699).

##### **Clasificación de los agentes competidores:**

**Método histórico del racionalismo:** como se presentó en el capítulo 3 al relacionar los soportes teóricos, las capacidades que

se le han asignado a los agentes han sido clasificadas por varios autores y se les ha dado la connotación de capacidades tecnológicas, de innovación y de innovación tecnológica (Kim, 1997; Ernst et al., 1998; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Wang, Lu, & Chen, 2009; Robledo, 2017). Para efectos del modelo se han asignado las capacidades de acuerdo a su proximidad con cada función de los SI: generación, difusión y uso del conocimiento.

También se ha considerado, de acuerdo a Klerkx y Leeuwis (2008), que los agentes encargados de intermediar y, por ende, propiciar la TT, ayudan a reducir los costos de transacción con sus intervenciones. De forma similar, dentro de las funciones de los SI los intermediarios participan principalmente en la difusión (Rogers, 1962; Powell, Koput, & Smith-Doerr, 1996; Morgan & Crawford, 1996; Bryant & Renstra-Bryant, 1998; Pawlowski & Robey, 2004; Howells, 2006; Göktepe, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2009).

Por esto se les asignan las capacidades de difusión y vinculación a los intermediarios. Sin embargo, según Gould y Fernández (1989), existen diferentes estructuras o tipologías de intermediación, donde la función de difusión es ejecutada por agentes que pertenecen o no al grupo del otro agente con que está generando el vínculo, en donde, para nuestro caso, cada agente pertenece a un grupo de acuerdo a su función en el SI. Según lo anterior, los agentes, independiente de si tienen una función prin-

cipal de generar o usar conocimiento, puede tener también capacidades de difusión y vinculación que reduce los costos de transacción. Entonces, no solamente los intermediarios puros tienen estas capacidades y logran reducir los costos de transacción.

**Aproximación histórica amigable:** específicamente, haciendo énfasis en los intermediarios facilitadores de la TT, la evidencia presentada en los casos de estudio del SIAM muestra que sus funciones son limitadas. Siendo la TT existente más importante que la generación de nuevo conocimiento. También, en los estudios de caso mencionados se evidencia que la demanda y oferta de conocimiento no están bien desarrolladas. De lo anterior, los investigadores del proyecto SIAM argumentan que los intermediarios de innovación en el sector agropecuario mexicano cumplen cuatro funciones: 1) identificación e integración de la oferta de I+D y de las soluciones tecnológicas, 2) articulación de las demandas de los productores, 3) vinculación de la demanda con la oferta de soluciones tecnológicas, la I+D y la conformación de redes, y 4) gestión de la innovación (Vera-Cruz & Dutrénit, 2016).

Con respecto a estas funciones, los investigadores consideran que la más difícil es la de enlazar las demandas de los productores con la oferta de I+D y de soluciones tecnológicas. Además, encuentran que, un problema muy particular emergió por las décadas de extensión financiada por el Gobierno, generando que los productores,

normalmente, no están dispuestos a pagar por los servicios tecnológicos. De forma similar, los productores cuestionan la utilidad del conocimiento provisto, fruto de malas experiencias donde los han hecho desconfiar de los proveedores de servicios profesionales. En estas condiciones, un intermediario de innovación debe garantizar la calidad de sus servicios para promover la noción de que los costos valen la pena (Dutrénit et al., 2012). Por lo tanto, vincular la demanda y la oferta de tecnología y conocimiento se vuelve una función clave en este contexto.

#### **Asignación de beneficios:**

**Método histórico del racionalismo:** la necesidad de asignar premios o estímulos a los agentes que realicen un comportamiento deseado, tal cual lo recomienda Holland (2004), se realizó siguiendo el comportamiento de la difusión de las innovaciones en los mercados (Rogers, 2003), donde los beneficios siguen comportamientos gaussianos en su ciclo de vida. El valor de dichos beneficios se calcula de acuerdo a la magnitud de la necesidad que tiene el mercado, esta magnitud es asignada aleatoriamente, lo cual tiene lógica desde el punto de vista del valor que tienen las necesidades en el mercado (Levitt, 1960). En el caso de los beneficios que obtienen los agentes exploradores que se vinculan con otros agentes, especialmente explotadores, se encuentra en Meyer-Krahmer y Schmoch (1998), que los beneficios pueden ser la adquisición de fondos adicionales

para los laboratorios y el intercambio de conocimiento. De forma similar Lee (2000), encuentra que estos beneficios pueden complementar la obtención de fondos para los asistentes de investigación y equipos de laboratorio, obtener ideas para su propia investigación académica, probar aplicaciones de una teoría y complementar fondos para su propia investigación académica. Igualmente, "la adquisición de una nueva perspectiva de acercarse a los problemas del sector productivo y la posibilidad de dar forma al conocimiento que se está produciendo por la academia" (Rivera-Huerta, Dutrénit, Ekboir, Sampredo, & Vera-Cruz, 2011, pág. 934).

**Aproximación histórica amigable:** la visión utilizada por los investigadores de los casos de estudio del SIAM es la de la organización basada en los recursos, la cual plantea que los beneficios se obtienen a partir de sus recursos idiosincrásicos y de la creación de nuevas capacidades que, efectivamente, disminuyen las restricciones externas (Christensen & Raynor, 2003; Henderson & Cockburn, 2000), lo cual, es precisamente lo que sucede cuando los agentes aprovechan las OI, pues aumentan sus capacidades, las cuales están asociadas a los recursos; tal aumento les dará mayor posibilidad de aprovechar las OI del EC.

#### **Acumulación del stock de excedentes:**

**Método histórico del racionalismo:** se sigue una lógica contable de tomar el acumulado de excedentes o utilidades acumu-

ladas de los períodos anteriores, sumarle los beneficios del período actual, y restarle los costos de mantener las capacidades y los costos de transacción de cada vínculo.

**Aproximación histórica amigable:** se sobrentiende que “las innovaciones que tienen impactos económicos o sociales importantes solo provienen de procesos sostenidos en el tiempo y en los cuales participan actores con diferentes capacidades” (Ekboir et al., 2006, p. 202). Por ello, en el modelo se hace operativo ese impacto económico y se observa su evolución en el tiempo a través del *stock* de excedentes.

#### **Supervivencia de los agentes:**

**Método histórico del racionalismo:** con respecto a la supervivencia del agente se sigue la recomendación de Holland (2004, pág. 163) de que,

la muerte de un agente... puede ser la última actividad de cada período-paso... Este proceso puede ser realizado en forma más realista, ‘co-brando’ a cada agente un ‘costo de mantenimiento’ en cada período-paso (equivalente, por ejemplo, a una unidad de cada recurso que utilice en su cromosoma). Si la reserva del agente es despojada de la totalidad de tales recursos, después de que se ha hecho efectivo el cobro, entonces tiene más probabilidades de perecer.

Con respecto al comportamiento que se presenta cuando desaparece un agente, se espera que entre los agentes que sobreviven vuelvan a estabilizar el sistema al suplirlo con sus capacidades, al respecto Holland (2004, pág. 45) afirma lo siguiente: “Si removemos una clase de agentes del sistema, creando un ‘agujero’, el sistema con toda seguridad responderá con una cascada de otros agentes, los cuales ‘llenarán el hueco’”.

**Aproximación histórica amigable:** en los estudios de caso del sector agropecuario mexicano se considera que la “muerte” de un agente se presenta cuando este deja de hacer esfuerzos por innovar y se limita a seguir realizando actividades de subsistencia, puesto que, como se verá más adelante en las simulaciones, los agentes que sobreviven, se puede considerar que son los que se integran a una dinámica de SI, donde los vínculos son la condición para que se pueda hablar realmente de un sistema, entonces los agentes que no se relacionan y que no aprovechan las OI, aunque posiblemente aún estén realizando actividades de subsistencia, no hacen parte del SI y se puede considerar que desaparecen del mundo virtual.

#### **Aprendizaje:**

**Método histórico del racionalismo:** como se exhibió en el capítulo 3, la coevolución de los agentes se presenta en la acumulación o desacumulación de las capacidades que se dan gracias al aprendizaje o desaprendizaje

que se presenta por la interacción y por el hacer (Lundvall, 2007). Gracias a que las capacidades son dinámicas se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat, et al., 2007), lo que quiere decir que, cuando los agentes aprovechan las OI, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las capacidades que se están usando se acumulan y las que no se de-acumulan con un factor de aprendizaje y de desaprendizaje (Quintero, Ruiz, & Robledo, 2017) que posee el sistema y depende de su marco contextual (Lund, 2007). El aprendizaje y desaprendizaje de capacidades sigue curvas en S (Quintero S., 2016) como las presentadas por Hobday (1997) en sus estudios empíricos en países asiáticos.

También se tiene en cuenta la dependencia de la trayectoria reconocida por Teece et al. (1997), en la que las organizaciones no pueden desarrollar sus capacidades arbitrariamente, sino que siguen trayectorias determinadas. Estas no solo definen las opciones que se le abren a la organización hoy, sino que también establecen los límites de las opciones que se presentarán en el futuro. De esta manera, las decisiones de desarrollar determinadas capacidades para el largo plazo son muy difíciles de revertir por la dependencia de la trayectoria.

**Aproximación histórica amigable:** teniendo en cuenta que, “el aprendizaje es el proceso de repetición, experimentación y selección a través del cual las personas y organizaciones crean conocimiento y adquieren capacidades” (Ekboir et al., 2006,

p. 20). Se evidencia el aprendizaje en el tiempo en los intermediarios de innovación en afirmaciones como la siguiente:

Un área importante de aprendizaje fue el control de proyectos de investigación. Al comienzo los recursos se pasaban al INIFAP, pero se quedaban en la institución y no le llegaban al investigador. Para solucionar este problema, se estableció un sistema de cuentas a nombre de los investigadores en la propia Fundación. Este sistema se usó solo un año porque resultaba demasiado complicado. Luego de varios cambios, se logró transferir el dinero a las instituciones de investigación y que estas, a su vez, se lo transfirieran a los investigadores. En los últimos años, también cambiaron los parámetros de control; mientras que al comienzo el énfasis se ponía en el control financiero, en los dos últimos años el acento se pone en la calidad de los resultados obtenidos. Otra innovación importante fue el apoyo a proyectos plurianuales (Ekboir et al., 2006, p. 136).

Similarmente, observando el caso particular de la FPNL, las convocatorias han tenido un impacto crucial en el proceso de articulación entre demanda y oferta de conocimiento y de soluciones tecnológicas, al ser introducidas desde 1998, estas han evolucionado tanto en la creación y manera de operar los mecanismos para identifi-

car y enlazar la demanda y la oferta tecnológica, como en los criterios y mecanismos para decidir la asignación de los proyectos (Torres, 2016); demostrándose el aumento o acumulación de capacidades de difusión y vinculación a partir del aprendizaje por interacción y haciendo. Ahora,

los cambios incluidos a lo largo de más de 15 años responden a un proceso adaptativo, en el cuál una nueva convocatoria introduce modificaciones en sus términos de referencia y en su operacionalización para resolver los problemas detectados en la convocatoria anterior. La fundación ha ido aprendiendo experimentando, adecuando los términos de referencia y la manera de operar las convocatorias para eliminar los vicios en la presentación y gestión de los proyectos (duplicidad, falta de vinculación con problemas reales). Los resultados se reflejan en la implementación más ágil de todo el proceso, en la mayor vinculación entre oferta y demanda, en la selección de los proyectos y en el impacto de los mismos. Las convocatorias también se han convertido en un mecanismo para el aprendizaje de los investigadores, quienes han tenido que cambiar sus rutinas, adaptándose a nuevas reglas, sistematizando su trabajo, y cumpliendo con la presentación de resultados que son evaluados de manera más puntual. (Torres, 2016, pág. 11).

Evidenciando que no solo aprende el intermediario, sino también los agentes que interactúan con él.

### 4.3 Verificación del modelo computarizado

Según Sargent (2013), la verificación del modelo busca asegurar que la implementación del programa informático del modelo computarizado sea la correcta, es decir, que no contenga errores de programación. Para lograr esto se aplica la técnica de validación de trazas, la cual consiste en un seguimiento de los comportamientos de las entidades a través de cada submodelo y del modelo general, con el fin de determinar si los supuestos y reglas definidas sí se están cumpliendo.

La programación del modelo se realizó en la plataforma NetLogo 6.0.2, dicha programación consistió en la construcción de varios procedimientos, se puede decir que estos son equivalentes a los submodelos, los cuales deben ser verificados. Por consiguiente, para aplicar la técnica de verificación, primero se nombra y revisa la lógica de cada procedimiento, y luego se comprueba si el comportamiento del modelo corresponde con el raciocinio del procedimiento.

#### **Creación de oportunidades de innovación:**

En el procedimiento se plantea que aparezcan con una ubicación aleatoria en el

EC, con un VA de seis posiciones que tendrán una magnitud aleatoria de cero a nueve en cada posición, además de contar con unos tiempos de  $v$  y ciclo de vida ( $t_{ic}$ ) aleatorios (ver figura 4-2).

Al crear el micromundo se puede observar como las OI se ubican de forma aleatoria en el EC, tal como se puede apreciar en la figura 4-2, donde las OI son representadas por cuadrados rojos. De forma similar, al observar varias OI (a-ce) en la figura 4-3, se puede ver cómo están asignados sus atributos (atr) de forma aleatoria, así como su volatilidad (volatility), ciclo de vida ( $t_{ic}$ ) y ubicación (xcor y ycor). Encontrándose que el procedimiento cumple con su finalidad.

#### **Creación de agentes competidores:**

En el procedimiento se plantea que aparezcan con una ubicación aleatoria en el EC, con un VC de seis posiciones que tendrán una magnitud asignada de cero a nueve en cada posición de acuerdo a los datos normalizados obtenidos de cada encuesta realizada a las

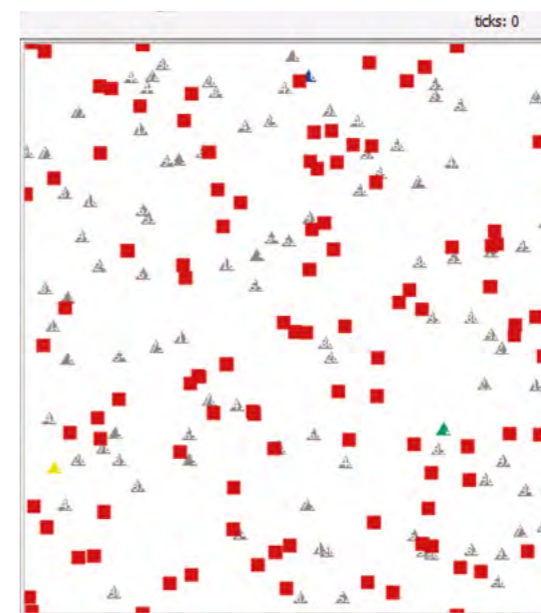


Figura 4-2. Distribución aleatoria magnitudes de las OI en el EC

Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

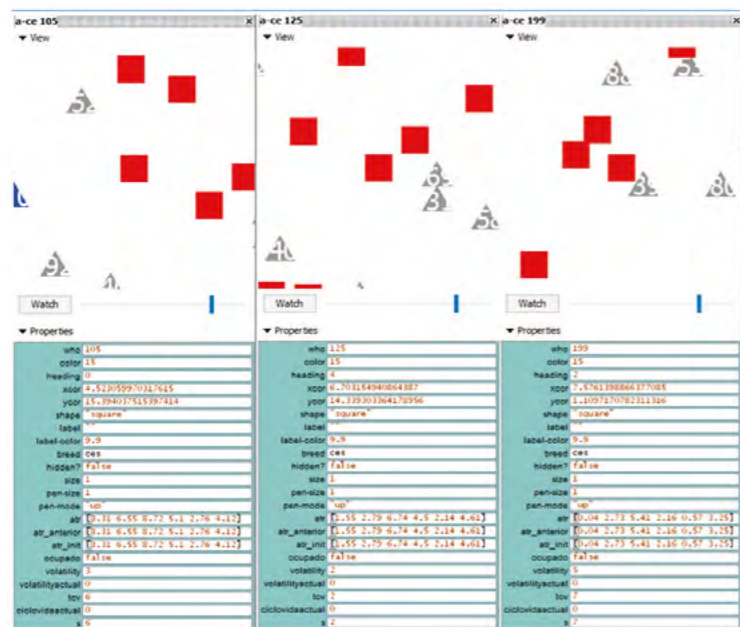


Figura 4-3. Asignación aleatoria de VA, volatilidad y tilc de tres OI.  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

CPA del café y del aguacate en Antioquia, además de contar con un *stock de excedentes* inicial, un costo de mantenimiento de sus capacidades y una tipología de agente según sus capacidades de innovación.

Al crear el micromundo se puede observar cómo los agentes competidores se ubican de forma aleatoria en el EC, tal como se puede apreciar en la figura 4-4 donde los agentes competidores son representados por triángulos y su tipología por el color de cada triángulo. De forma similar, al observar varios agentes competidores (*agent*) en la Figura 4-4, se puede apreciar cómo están asignadas sus capacidades (*cap*) y de acuerdo a esta combinación de capacidades se tipifica el agente (*typeagent*), así como su costo de mantenimiento (*costo*) y su *stock de excedentes* (*sexe*). Hallándose que el procedimiento cumple con su finalidad y quedando verificado el procedimiento.

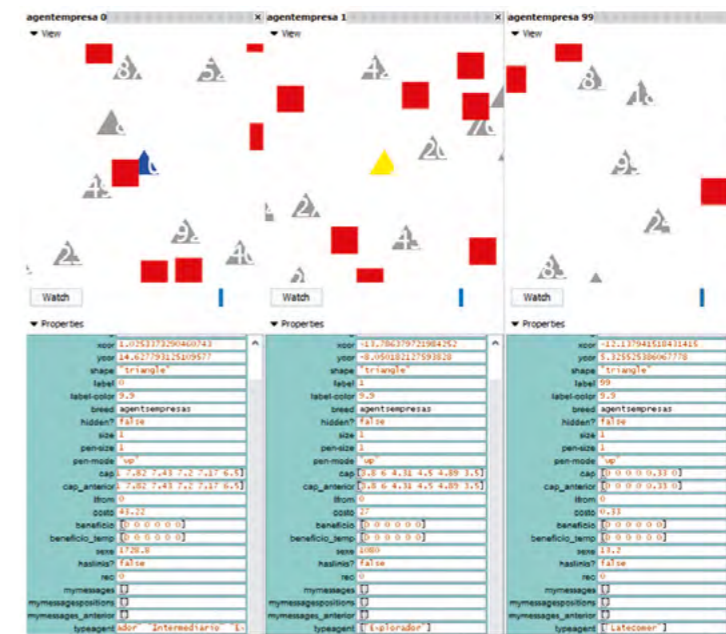


Figura 4-4. Asignación aleatoria de magnitudes del VC y *stock de excedentes* de tres agentes competidores  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

**Creación de vínculos:**

Este procedimiento se crea con el propósito de hacer cumplir las reglas de localización y complementariedad, además de ordenar la búsqueda de agentes complementarios de derecha a izquierda para el caso de las OM y de izquierda a derecha para las OT.

La conformación de vínculos se puede observar en la Figura 4-5, donde se aprecia la variedad de vínculos que se generan al seguir las reglas de localización, complementariedad, de derecha a izquierda con las OM y de izquierda a derecha con las OT. De forma complementaria se puede observar en la figura 4-6, cómo se relacionan varios agentes competidores para aprovechar una OM específica al utilizar sus capacidades de innovación: El vector de la OM 341 (*a-ce 341*) es [2.33 5.93 3.38 4.68 0.11 4.23], el primer agente que hace contacto con él es el 3 (*agentempresa 3*) el cual es un explotador (comercializador de café) con VC [2.2 0.86 0.42 3.7 0 6.8], quien con su capacidad de mercadeo de 6.8 (posición 6 del VC), es capaz de suplir el atributo 6 con magnitud de 4,23 de la OM 341;

sin embargo, su capacidad de apropiación (posición 5 del VC) es insuficiente, ya que la OM requiere una capacidad de 0,11 en esa posición para ser aprovechada y el agente 3 cuenta con una capacidad nula en tal posición (0), por lo que inicia la búsqueda de un agente que lo complemente, primero por localización y luego por complementariedad.

El agente 3 se vincula con el agente de desarrollo incipiente (familia productora de café) 65 (*agentempresa 65*) con VC [0 0 0.72 1.05 1.4 0], el cual aporta la magnitud de 1,4 que tiene en la posición 5 (capacidad de apropiación) para poder aprovechar la OM 341; luego el agente 65 debe vincularse con otro agente que pueda suplir la posición 4 del VA de la OM, ya que su magnitud es de 1,05 en su capacidad de vinculación (posición 4) y se requiere al menos de un nivel de 4,68. Es acá cuando se vincula con el agente intermediario 2 (*agentempresa 2*) quien aporta esta capacidad y la de difusión. Quien, por último, debe encontrar otro agente que aporte las capacidades de investigación y desarrollo que hacen falta para aprovechar la OM 341, por lo que se vincula con el agente integrado 1 (*agentempresa 1*) que aporta sus capacidades de I+D (posiciones 1 y 2) de 6,9 y 8,3, respectivamente, para suplir los atributos 1 y 2 del VA de la OM 341 de 2,33 y 5,93, respectivamente. Del comportamiento anterior se puede verificar el buen funcionamiento de la creación de vínculos.

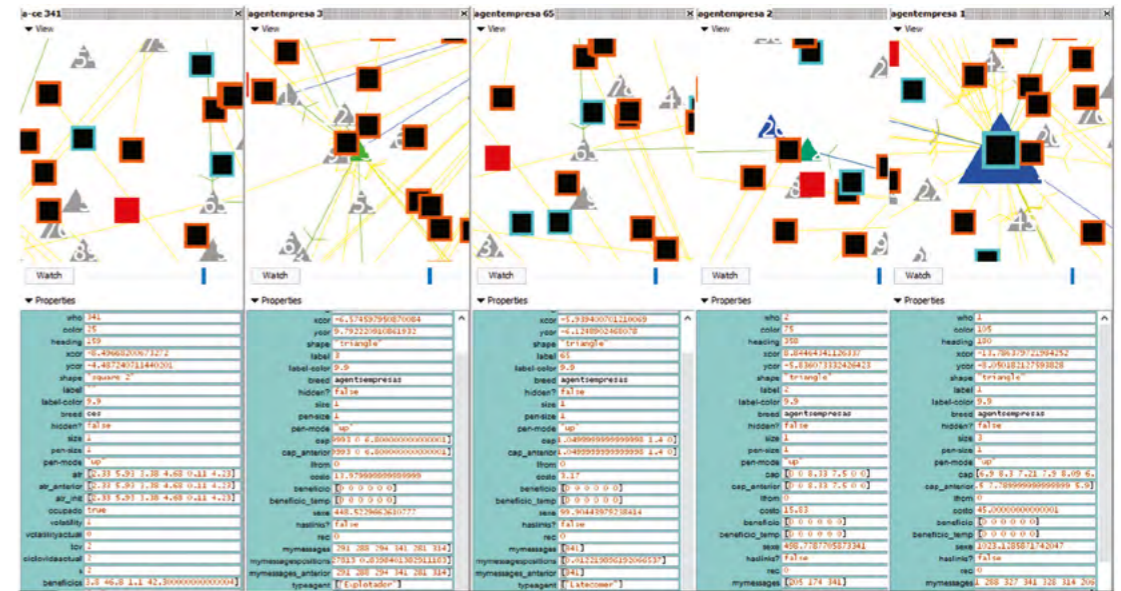


Figura 4-6. Relacionamiento entre agentes competidores para aprovechar una OM usando sus capacidades de innovación  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

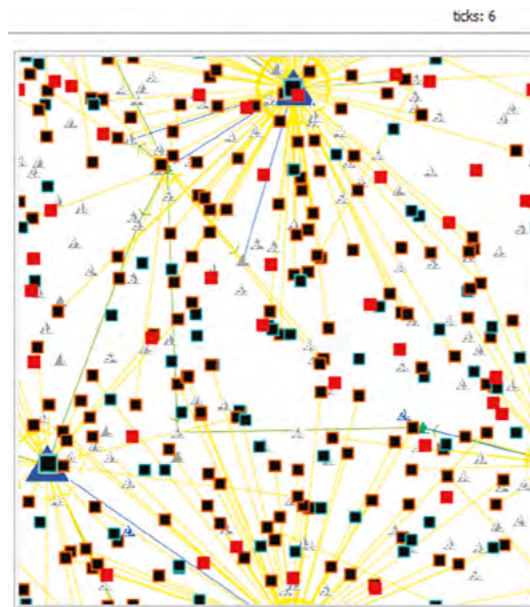


Figura 4-5. Vínculos entre oportunidades de innovación y agentes competidores  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

De forma similar se puede observar en la figura 4-7, cómo se relacionan varios agentes competidores para aprovechar una OT específica al utilizar sus capacidades de innovación de izquierda a derecha: el vector de la OT 357 (a-ce 357) es [5.9 7.1 7.9 8 7.6 6.3], el agente que origina dicha OT es el agente 1 (*agentempresa 1*) el cual es un integrado (empresa que realiza I+D, TT, produce y comercializa) con VC [6.9 8.3 7.21 7.9 8.09 6.6], quien con su capacidad de investigación de 6,9 (posición 1 del VC) es capaz de suplir el atributo 1 con magnitud de 5,9 de la OT 357; de forma similar, la capacidad de desarrollo del agente 1 (posición 2 del VC) con magnitud de 8,3, es capaz de suplir el atributo 2 con magnitud 7,1 de la OT; sin embargo, su capacidad de difusión (posición 3 del VC) es insuficiente, ya que la OT requiere una capacidad de 7,9 en esa posición para ser aprovechada y el agente 1 cuenta con una capacidad de 7,21 en esa posición, por lo que inicia la búsqueda de un agente que lo complemente, primero por localización y luego por complementariedad. El agente 1 se vincula con el agente 0, el cual es otro integrado (*agentempresa 0*) con VC [8.8 8.92 8.83 8.8 8.77 8.7], el cual aporta la magnitud de 8,83 que tiene en la posición 3 (capacidad de difusión), así como las siguientes en el resto de posiciones para poder aprovechar la OT 357.

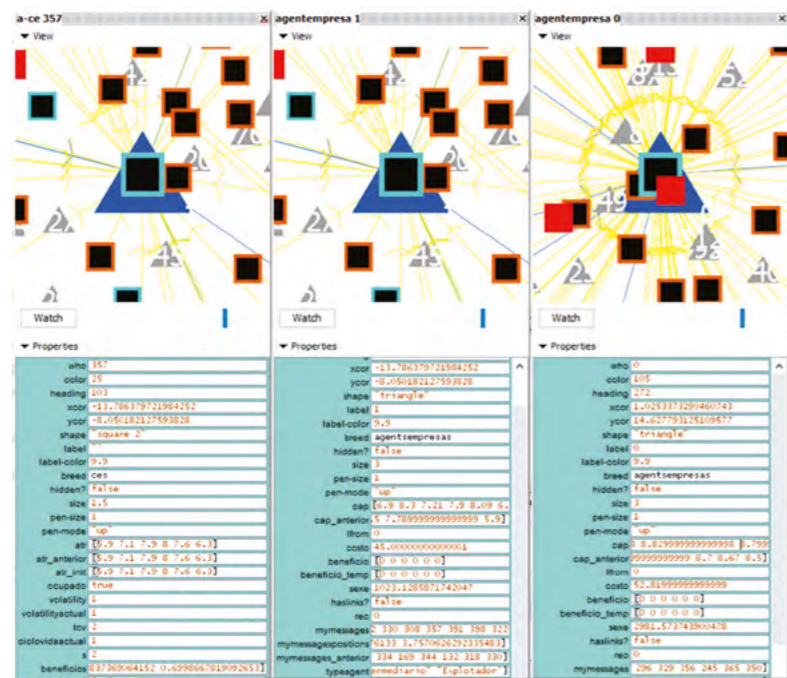


Figura 4-7. Relacionamiento entre agentes competidores para aprovechar una OT usando sus capacidades de innovación

Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

### Aprendizaje:

El procedimiento tiene la función de hacer que los agentes aprendan, acumulando capacidades en las capacidades de innovación utilizadas, y desaprendan, desacumulando capacidades en las capacidades de innovación que no se utilizan. Este comportamiento hace que los agentes competidores coevolucionen al aprovechar las OI por sí mismos o relacionándose con otros agentes competidores. Adicionalmente, se requiere que el aprendizaje o desaprendizaje se comporte con un factor que asigna una velocidad a la acumulación o desacumulación de la capacidad de acuerdo al nivel en que se encuentra en el momento de ser usada o no.

Este comportamiento se puede apreciar en las figuras 4-6 y 4-7, donde cada agente expone el comportamiento requerido de acuerdo a la utilización o no de sus capacidades: Por ejemplo, el agente 1 que usa su capacidad de apropiación (posición 5), pasa de una magnitud de 7,79 (*cap\_anterior*) a una de 8,09 (*cap*) acumulando capacidades. También se puede ver el

efecto del factor de aprendizaje y la magnitud de las capacidades, por ejemplo en el caso del mismo agente 1 que aporta su capacidad de mercadeo (posición 6) de 5,9 (*cap\_anterior*), aprende y pasa a ser de 6,6 (*cap*), aumentando en un 0,7 su magnitud, mientras que como se vio en el caso la capacidad de apropiación, el aumento fue de 0,3, demostrando el comportamiento en S de la curva de aprendizaje, en la que mientras más cerca se esté de 0 o 9 en la magnitud de la capacidad, la velocidad del cambio es menor, mientras que al estar más alejado de los valores extremos, el cambio es mayor. Quedando verificado el aprendizaje que se quiere de los agentes competidores.

### Co-evolución:

Gracias al aprendizaje y desaprendizaje que genera acumulación o desacumulación de capacidades, respectivamente, los agentes cambian al aprovechar las OI y al interactuar con otros agentes; esto se debe ver re-

flejado en la tipología de agentes y en las capacidades presentes en el micromundo.

Este comportamiento de coevolución, que ya se evidenció en el aprendizaje individual de los agentes en el apartado anterior, también se puede apreciar en el comportamiento agregado del sistema, el cual se puede apreciar en la figura 4-8, donde se presenta el comportamiento del número de agentes competidores de cada tipo en cada período, lo que muestra cómo no es constante por varios motivos: el aprendizaje, la muerte y el nacimiento de agentes; sin embargo, con respecto a la coevolución, se observa que en períodos donde el número de agentes se mantiene constante, la tipología cambia por causa de la coevolución de estos agentes. Ahora, en la Figura 4-9, se puede apreciar también cómo varía cada capacidad promedio presente en el micromundo, demostrando que la coevolución se está presentando adecuadamente y queda verificada.

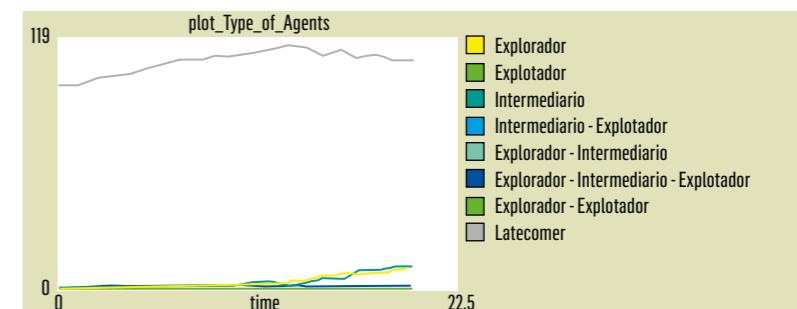


Figura 4-8. Número de agentes competidores por cada tipología usando sus capacidades de innovación

Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.



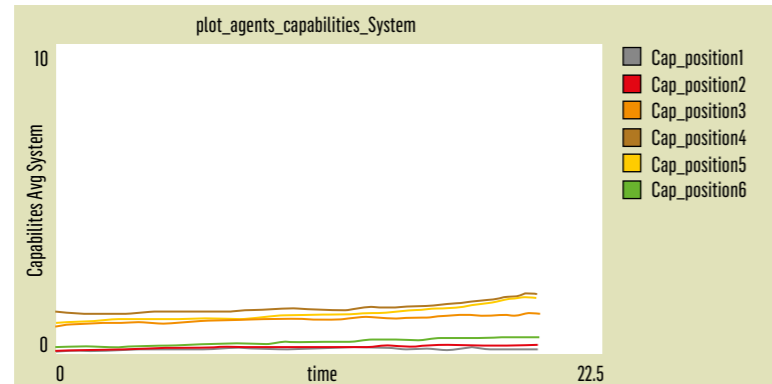


Figura 4-9. Capacidades promedio de los agentes competidores del sistema usando sus capacidades de innovación  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

**Desempeño del sistema:**

El modelo debe tener la capacidad de presentar cuáles agentes competidores ganan y cuáles pierden, así como el comportamiento agregado de los agentes. Como lo que se busca es simular un SI, es vital poder presentar el comportamiento innovador del sistema; también, se supone que un SI debe mostrar un buen desempeño económico, siendo importante que el sistema pueda representar este comportamiento.

De forma individual, tal como se ve en la figura 4-10, cada agente competidor muestra en cada período su *stock de excedentes* (*sexse*), el costo de mantenimiento de sus capacidades (*costo*), los beneficios que obtiene de cada OI que está aprovechando (*mymessagespositions*) y los costos de transacción (*costtt*), en este caso se presentan los del agente 3 (*agentempresa 3*).

De forma agregada, como se muestra en la figura 4-11, se puede ver el número de agentes que sobrevive en el micromundo después de 20 períodos (curva azul), el número de OM existentes en el EC (curva roja) y el número de OT existentes en el EC (curva amarilla).

Mientras que la figura 4-12, muestra el desempeño económico del sistema, mostrando el *stock de excedentes* acumulados en el SI después de 25 períodos (curva roja), donde al comparar las dos gráficas, se ve cómo al ser un sistema que aprovecha las OI se obtiene un crecimiento económico en el tiempo. De esta forma se verifica el comportamiento del desempeño del sistema.

**Costos de transacción:**

Estos costos además de afectar el comportamiento individual y agregado, visto

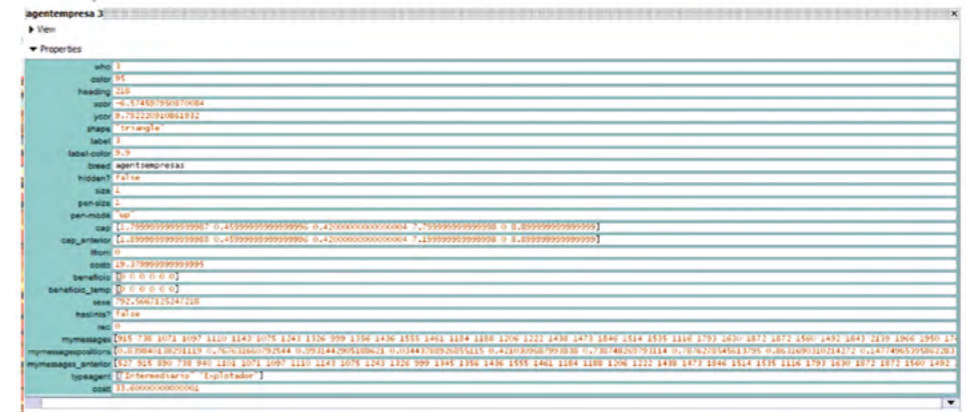


Figura 4-10. Desempeño individual del agente 3 después de 20 períodos  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

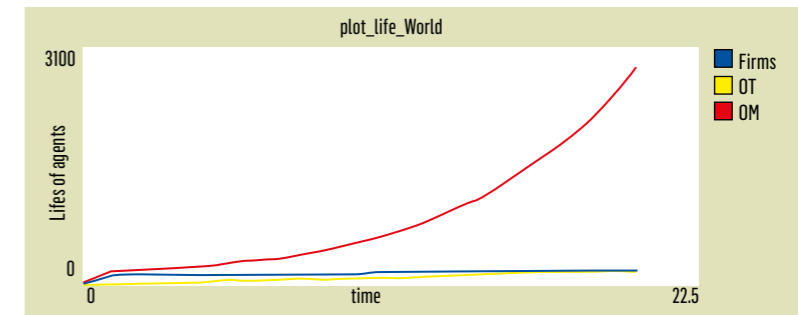


Figura 4-11. Número de agentes competidores, OM y OT usando sus capacidades de innovación  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

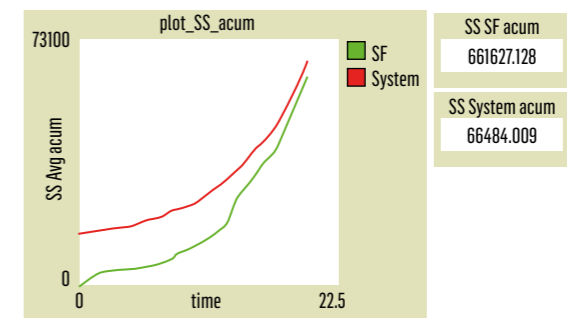


Figura 4-12. Desempeño económico del sistema usando sus capacidades de innovación  
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

anteriormente, también, es importante observarlo por separado, con el fin, de analizar posibles comportamientos emergentes provocados por las políticas públicas de CTel y por las capacidades con que cuenta el micromundo.

En la figura 4-13, se puede observar el número y tipo de vínculos presentes en el micromundo en cada período; la tipología de los vínculos puede tener Costos de Transacción bajos (Low), medios (Medium) y altos (High).

#### 4.4 Validación operacional del modelo

Para realizar la validación operacional se utiliza la técnica de validación de validez del evento propuesta por Sargent (2013), la cual se realiza al comparar las ocurrencias del modelo de simulación contra el sistema real y determinar qué tan similares son. Para realizar lo anterior se plantea comparar el comportamiento de las capacidades de innovación del modelo de si-

mulación frente al comportamiento de las capacidades de innovación de los agentes entrevistados en el trabajo de campo realizado en las CPA del café y el aguacate en el departamento de Antioquia, Colombia, donde se realiza la investigación.

La entrevista que se realizó a diferentes actores de las dos CPA mencionadas tenía como objetivo indagar y poder tener un estimado de las capacidades de innovación de cada uno de ellos. El instrumento construido se realizó basándose en la clasificación del modelo sistémico de congruencia organizacional de Nadler & Tushman (1997), en el cual los autores proponen que la gestión de la organización se realice mediante directrices corporativas y a través de las personas, donde la organización se compone de cuatro dimensiones que serán descritas a continuación:

**Organización formal:** es la estructura formal de relaciones jerárquicas y los procesos que se adoptan para que los individuos ejecuten las tareas.

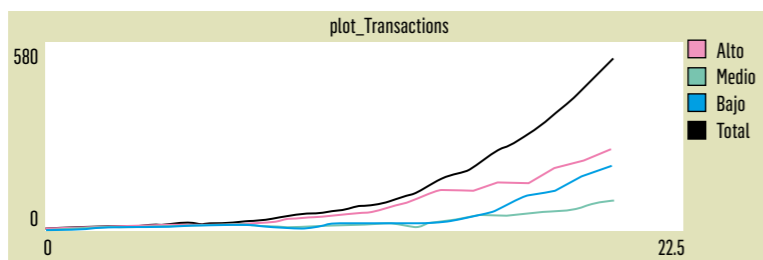


Figura 4-13. Número y tipo de vínculo o transacciones del sistema usando sus capacidades de innovación

Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 6.0.2.

**Organización informal:** aquello que no se ha formalizado, directamente relacionada con la cultura, define cómo las cosas se han realizado; entre ellas el estilo de gerencia, prácticas de la administración, cultura organizacional, relaciones interpersonales e interdepartamentales, roles, arreglos de trabajo informales y normas sociales.

**Tecnológico:** hace referencia, básicamente, al trabajo que debe realizarse. Tecnologías de proceso, máquinas y equipos para transformar las entradas en salidas. Herramientas y métodos de trabajo. La propuesta original de Nadler y Tushman se refiere a "tareas"; aquí se adopta la propuesta de la Universidad de Michigan, en el sentido de rescatar y enfatizar el contenido tecnológico de las tareas, reemplazando "tareas" por "tecnología".

**Recurso humano:** los miembros de la organización y su conocimiento, experiencia, habilidades requeridas, necesidades, preferencias, expectativas de reconocimiento e incentivo.

Para el caso de las capacidades de innovación (investigación, desarrollo, difusión, vinculación, apropiación para la producción y mercadeo) se considera que están compuestas por los elementos mencionados. Entonces, enfocando las preguntas que se realizarían en las entrevistas a indagar por estos elementos (formales, informales, tecnológicos y humanos) asociados a cada capacidad, se puede tener una medida

aproximada del nivel de capacidad de cada actor examinado. Además de lo anterior, y teniendo en cuenta el carácter longitudinal del modelo de simulación, era fundamental sondear no solo el estado actual de estos elementos en la actualidad, sino también su comportamiento en el tiempo, por eso, cada pregunta el actor la debe responder ubicándose en tres momentos: hace 10 años, 5 años y hoy.

Con la siguiente información, se puede tener un estimado de cómo se fueron acumulando o desacumulando las capacidades de innovación en cada CPA, ahora, el modelo de simulación nos debe mostrar un comportamiento similar en la acumulación de las capacidades de innovación para poder afirmar que el modelo está validado operacionalmente.

En una primera instancia se tomaron los datos sistematizados de cada CPA, donde se tenía una medida de las capacidades de innovación de cada actor entrevistado de las CPA en estudio en los tres períodos de tiempo definidos. Con estos valores se calculó una capacidad promedio por cada capacidad de innovación en los tres momentos indagados, obteniendo los siguientes resultados que se presentan en la tabla 4-1.

Tabla 4-1. Capacidades tecnológicas para la innovación promedio por CPA en el tiempo

Capacidad de innovación promedio	CPA café			CPA aguacate		
	2008	2013	2018	2008	2013	2018
Investigación	0,15	0,16	0,19	1,45	1,14	0,83
Desarrollo	0,16	0,15	0,16	1,29	1	0,77
Difusión	1,00	1,06	1,19	2,97	3,11	2,8
Vinculación	1,31	1,41	1,58	3,74	4,47	4,25
Apropiación	0,99	1,19	1,52	2,72	3,07	2,75
Mercadeo	0,18	0,26	0,42	1,98	2,05	1,59

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del trabajo de campo.

El número de actores entrevistados según su población y para que la muestra fuera significativa fue de 256 en el caso de la CPA del café y 74 en el caso de la CPA del aguacate. Para ingresar estos actores al modelo, se procedió a normalizar cada CPA en 100 agentes y a calibrar los parámetros vistos en el capítulo 3 de tal forma que se ajusten al sistema real y que, al realizar la simulación de 10 períodos, las CPA representen un comportamiento similar a la realidad en la acumulación de sus capacidades de innovación. En la tabla 4-2 se presenta la parametrización realizada en cada CPA.

Al realizar una serie de simulaciones en el modelo construido con los parámetros asignados los resultados promedio se presentan en la tabla 4-3.

La diferencia al comparar modelo de simulación contra el sistema real se puede apreciar en la tabla 4-4.

Al analizar estos resultados se puede apreciar que el modelo construido representa con una alta fidelidad el comportamiento real de las CPA, siendo la CPA del café la que está mejor representada, donde la capacidad de más se desvía del valor esperado es la de apropiación con un error del 1,33 %, lo que muestra un resultado muy ajustado. Por otro lado, la CPA del aguacate, por su novedad y estado de emergencia es más difícil de representar al cien por ciento, sin embargo, el resultado también es muy ajustado, puesto que la capacidad que se aleja más al efectuar la comparación es la de vinculación con un error del 6,67 %, y estando el resto alrededor de la mitad de este error.

Tabla 4-2. Parametrización de las CPA del café y el aguacate

Parámetro	CPA café	CPA aguacate	Observación
# de OM inicial	100	100	Las dos CPA se normalizan a partir de los resultados de las entrevistas, para luego ser comparables en los escenarios.
# de firmas inicial	100	100	Son dos mercados similares por su alta demanda mundial de innovaciones.
Tasa de nacimiento OM	15 %	20 %	Son dos mercados muy dinámicos en presentar OM, sin embargo, actualmente el aguacate tiene mayor velocidad.
Tasa de emprendimiento	2 %	8 %	Dado el crecimiento del mercado y el comportamiento de los precios, hay más emprendimiento en la CPA del aguacate.
Factor de aprendizaje	0,4	0,3	Por la alta competencia mundial de la CPA del café, los agentes de ella presentan, para poder sobrevivir, factores de aprendizaje más altos.
Factor de desaprendizaje	0,1	0,4	Lo tradicional de la CPA en Antioquia los hace aferrarse a sus rutinas, reduciendo la velocidad del desaprendizaje.
Factor de aprendizaje OM	0,4	0,5	Las propiedades que se encuentran día a día del aguacate y sus derivados incrementan la velocidad de aprendizaje del mercado, lo que se refleja en el crecimiento de la demanda.
Volatilidad aleatoria	Sí	Sí	Son dos mercados muy volátiles por la alta innovación presente en cada uno.
Stocks excedentes inicial	800	3000	Se requiere mayor inversión para los entrantes a la CPA del aguacate.
Tiempo de ciclo de vida	10	10	Es muy similar, son dos CPA con alto dinamismo en la oferta y demanda de nuevos productos.
Volatilidad máxima	5	5	Al existir una gran oferta mundial, la volatilidad es acelerada.
Costo de transacción bajo	0,1	1	Hay más confianza en la CPA por su componente tradicional.
Costo de transacción medio	0,5	1,25	Hay más confianza en la CPA por su componente tradicional.
Costo de transacción alto	1	1,5	Hay más confianza en la CPA por su componente tradicional.
Ingreso por atributo	10 (c/u)	10 (c/u)	La innovación es rentable en las dos CPA, no tanto en el producto <i>commodity</i> en el caso del café.
Costo de mantenimiento de la capacidad	1 (c/u)	1 (c/u)	Es muy similar al ser aplicadas las políticas públicas de CTel, puesto que en su mayoría son genéricas.
Nivel de generación de OT	4,5	7	Son más comunes en el caso de la CPA del café, esto se puede evidenciar en el comportamiento que han tenido los cafés especiales.

Fuente: Elaboración propia.

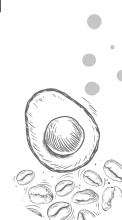
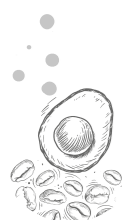


Tabla 4-3. Capacidades de innovación promedio por CPA en el tiempo obtenidas a partir de la simulación del modelo construido

Capacidad de innovación promedio	CPA café			CPA aguacate		
	2008	2013	2018	2008	2013	2018
Investigación	0,15	0,20	0,22	1,47	1,35	1,20
Desarrollo	0,16	0,21	0,22	1,31	1,32	1,17
Difusión	0,99	1,07	1,12	2,91	2,97	2,80
Vinculación	1,31	1,41	1,50	3,69	3,89	3,64
Apropiación	0,99	1,14	1,40	2,62	2,73	2,54
Mercadeo	0,19	0,32	0,48	1,87	2,05	1,90

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las simulaciones del modelo.

Tabla 4-4. Diferencia entre las capacidades del sistema real y el modelo construido en valor absoluto

Capacidad de innovación promedio	CPA café			CPA aguacate		
	2008	2013	2018	2008	2013	2018
Investigación	0,00	0,04	0,03	0,00	0,21	0,34
Desarrollo	0,00	0,06	0,06	0,00	0,32	0,38
Difusión	0,01	0,01	0,07	0,00	0,11	0,00
Vinculación	0,00	0,00	0,08	0,00	0,58	0,60
Apropiación	0,00	0,05	0,12	0,00	0,36	0,14
Mercadeo	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,31

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las simulaciones del modelo.

Con los resultados mostrados anteriormente, se tiene un modelo propuesto verificado y validado, que nos permite pasar a la etapa de experimentación con el fin de comprender mejor el fenómeno de la TT en las CPA y poder realizar recomendaciones en la política pública de CTI que nos pueda llevar a un mejor desempeño de las CPA en estudio.

## 4.5 Referencias

Asheim, B. T., & Gertler, M. S. (2004). The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation* (págs. 291-317). Oxford: Oxford University Press.

Asheim, B. T., & Isaksen, A. (2002). A Regional Innovation Systems: The Integration of Local "Sticky" and Global "Ubiquitous" Knowledge. *Journal of Technology Transfer*, 27, 77-86.

Batterink, M., Wubben, E., Klerkx, L., & Omta, S. (2010). Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector. *Entrepreneurship and regional development*, 22(1), 47-76.

Belderbos, R., Carree, M., Diederer, B., Lokshin, B., & Veugelers, R. (2004). Heterogeneity in R&D cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization*, 22(8-9), 1237-1263.

Bryant, T., & Reenstra-Bryant, R. (1998). Technology brokers in the North American software industry: Getting the most out of mismatched dyads. *International Journal of Technology Management*, 16, 281-290.

Christensen, C. M., & Raynor, M. E. (2003). *The Innovator's Solution. Creating and Sustaining Successful Growth*. Cambridge, Mass: Harvard Business School Press.

Cramb, R. (2003). Procesos que afectan la adopción exitosa de nuevas tecnologías por los pequeños agricultores. En *Trabajando con agricultores: la clave para la adopción de tecnologías de forraje*. Australia: Centro Australiano de Investigaciones Agrícolas Internacionales.

Dodgson, M. (1993). Organizational Learning: A Review of Some Literatures. *Organization Studies*, 375-394.

Dosi, G., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (2000). Introduction: The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities. En G. Dosi, R. R. Nelson, & S. G. Winter (Edits.), *The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities*. N.Y.: Oxford University Press.

Dutrénit, G., Rivera-Huerta, R., & Vera-Cruz, A. O. (2016). Vinculación academia-sector productivo y difusión de conocimiento entre productores: la percepción de los agricultores. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.

Dutrénit, G., Rocha-Lackiz, A., & Vera-Cruz, A. O. (2012). Functions of the Intermediary Organizations for Agricultural Innovation in Mexico: The Chiapas Produce Foundation. *Review of Policy Research*, 29(6), 693-712.

Echenique, J., Jordán, G., & Gómez, S. (2007). *Articulación de la pequeña agricultura y la agroindustria en Chile*. Santiago de Chile: Fundación Ford-Fundación Chile.

- Edquist, C. (2001). The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An Account of the State of Art. *DRUID Conference*. Aalborg: DRUID.
- Edquist, C. (2004). Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. En D. Fagerberg, D. Mowey, & R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Ekboir, J. M., & Vera-Cruz, A. O. (2012). Intermediary organisations to foster the agricultural system of innovation: the Mexican Produce Foundation. *Int. J. Technological Learning, Innovation and Development*, 5(1/2), 111-125.
- Ekboir, J. M., Dutrénit, G., Martínez, G., Torres, A., & Vera-Cruz, A. (2006). *Las Fundaciones Produce a diez años de su creación: pensando en el futuro*. Washington: International Food Policy Research Institute.
- Ernst, D., Mytelka, L., & Ganiatsos, T. (1998). Technological capabilities in the context of export-led growth. A conceptual framework. En D. Ernst, T. Ganiatsos, & L. Mytelka (Edits.), *Technological Capabilities and Export Success in Asia* (págs. 5-45). London and New York: Routledge.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Londres: Frances Pinter Publishers.
- Gilsing, V., & Nooteboom, B. (2006). Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy*, 35(1), 1-23.
- Göktepe, D. (2006). *Bridging inventors with industry: a comparative study of technology transfer organizations. theoretical discussion with preliminary research result*. Lund Sweden: Division of Innovation Lund Institute of Technology Sweden.
- Gould, R., & Fernandez, R. (1989). Structures of mediation: a formal approach to brokerage in transaction networks. *Sociological Methodology*, 19, 89-126.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, 737-747.
- Hagedoorn, J., Link, A. N., & Vonortas, N. S. (2000). Research partnerships. *Research Policy*, 29(4-5), 567-586.
- Helfat, C., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M., Singh, H., Teece, D., & otros. (2007). *Dynamic Capabilities. Understanding Strategic Change In Organizations*. Malden, Oxford and Carlton: Blackwell Publishing.
- Henderson, R., & Cockburn, I. (2000). Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Drug Discovery. En G. Dosi, R. R. Nelson, & S. G. Winter (Edits.), *The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities*. N.Y.: Oxford University Press.
- Hobday, M. (1997). *Innovation in East Asia. The Challenge to Japan*. Cheltenham and Lyme: Edward Elgar.
- Hobday, M. (1997). *Innovation in East Asia: The Challenge to Japan*. (C. a. Lyme, Ed.) Edward Elgar.

- Holland, J. H. (2004). *El Orden Oculto: De cómo la adaptación crea la complejidad*. (E. Torres-Alexander, Trad.) México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35, 715-728.
- Kessler, E., & Chakrabarti, A. (1996). Innovation speed: a conceptual model of context, antecedents and outcomes. *Academy of Management Review*, 21, 1143-1191.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2008). Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: experiences with innovation intermediaries. *Food Policy*, 33(3), 260-276.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the dutch agricultural sector. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 849-860.
- Lee, Y. S. (2000). The sustainability of university-industry research collaboration: an empirical assessment. *Journal of Technology Transfer*, 25(2), 111-133.
- Levitt, T. (1960). Marketing Myopia. *Harvard Business Review*, 45-56.
- Lund, R. (2007). The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (págs. 129-153). Bingley: Emerald.
- Lundvall, B. (2007). National Innovation Systems-Analytical Concept and Development Tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119.
- Lundvall, B. (1985). *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B. (1992). *National System of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- Lundvall, B., & Vinding, A. (2007). Product Innovation and Economic Theory -User- Producer Interaction in the Learning Economy. En J. Christensen, & B. Lundvall, *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, págs. 101-128). Bingley, UK: Emerald.
- Lundvall, B.-Å., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1(2), 23-42.
- Markman, G. D., Gianiodis, P. T., Phan, P. H., & Balkin, D. B. (2005). Innovation speed: Transferring university technology to market. *Research Policy*, 34, 1058-1075.
- Meyer-Krahmer, F., & Schmoch, U. (1998). Science-based technologies university-industry interactions in four fields. *Research Policy*, 27(8), 835-852.
- Morgan, E., & Crawford, N. (1996). Technology broking activities in Europe- a survey. *International Journal of Technology*, 12(3), 360-367.

- Nadler, D., & Tushman, M. (1997). *Competing by design: The power of organizational architecture*. New York: Oxford University Press.
- Neslon, R. (1993). *National Innovation System. A Comparative Analysis*. New York: Oxford University Press.
- Nonaka, I., von Krogh, G., & Voelpel, S. (2006). Organizational Knowledge Creation Theory: Evolutionary Paths and Future Advances. *Organization Studies*, 27(8), 1179-1208.
- OECD. (2005). *Oslo Manual: Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data* (Third edition ed.). Paris.
- Pawlowski, S., & RObey, D. (2004). Bridging User Organizations: Knowledge Brokering and the Work of Information Technology Professionals. *MIS Quarterly*, 28(4), 645-672.
- Powell, W., Koput, K., & Smith-Doerr, L. (1996). Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 41, 116-145.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 79-91.
- Quintero, S. (2016). Aprendizaje en los sistemas regionales de innovación: Un modelo basado en agentes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017). Learning in the Regional Innovation System An agent Based Model. *Cuadernos de Administración*, 33(57), 7-20.
- Rivera-Huerta, R., Dutrénit, G., Ekboir, J. M., Sampedro, J. L., & Vera-Cruz, A. O. (2011). Do linkages between farmers and academic researchers influence researcher productivity? The Mexican case. *Research Policy*, 40, 932-942.
- Rogers, E. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations* (5 ed.). New York, London, Toronto, Sydney, Singapore: Free Press.
- Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 11(1), 7-31.
- Rycroft, R. W., & Kash, D. E. (1999). *The Complexity Challenge: Technological Innovation for the 21st Century. Science, Technology, and the International Political Economy Series*. NY: A Cassell Imprint.
- Sakakibara, M. K. (1997). Heterogeneity of firm capabilities and cooperative research and development: An empirical examination of motives. *Strategic Management Journal*, 18(SPEC. ISS), 143-164.
- Sargent, R. G. (2013). Verification and Validation of Simulation Models. (M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, & J. A. Joines, Edits.) *Journal of Simulation*, 7(1), 12-24.
- Sargent, R. (2015). An Introductory Tutorial On Verification and Validation of Simulation Models. *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, (págs. 1729-1740).

- Sargent, R. (2017). History of Verification and Validation os Simulation Models. *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference*, (págs. 292-307).
- Simon, H. (1956). Rational Choice and The Structure of the Environment. *Psychological Review*, 63(2), 129-138.
- Simon, H. A. (1957). A Behavioral Model of Rational Choice. En H. Simon, *Models of Man, Social and rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. New York: Wiley.
- Sonnenberg, H. (1993). Balancing speed and quality in product innovation. *Canadian Business Review*, 17(3), 19-22.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Torres, A. (2016). Intermediación para la transferencia de conocimiento e innovación: el caso de la Fundación Produce de Nuevo León. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Vera-Cruz, A. O., & Dutrénit, G. (2016). Introducción. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28, 349-363.
- Williamson, O. (1993). Calculativeness trust, and economic organization. *The journal of law and economics*, 36(1), 453-486.
- Winter, S. (2000). The Satisficing Principle in Capability Learning. *Strategic Management Journal*, 21, 981-996.
- Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firm: Some Empirical Findings in Beijing,China. *Research Policy*, 33(8), 1123-1140.

## 5. Análisis de la transferencia tecnológica en las CPA del café y del aguacate mediante escenarios de política



### Introducción

En este capítulo se analiza el comportamiento del modelo a través de diferentes escenarios que permiten simular y evaluar una serie de políticas. Las políticas permiten ser comparadas a través de un comportamiento base, calibrado a partir de la validación operacional realizada en el capítulo anterior, para las cadenas productivas agropecuarias (en adelante CPA) en estudio. Los escenarios hacen referencia a una posible evolución de variables exógenas en el modelo con el objetivo de identificar el efecto que puede tener cada tipo de política en las CPA, por ejemplo, la variación de los costos de transacción conjuntamente con los costos de mantenimiento de las capacidades de investigación y desarrollo (I+D) como un escenario de política del modo

uno<sup>5</sup>; las capacidades de apropiación para la producción y la capacidad de mercadeo, como un escenario de políticas de modo dos<sup>6</sup>; las capacidades de difusión y vinculación como un escenario de política de modo sistémica<sup>7</sup> y, por último, un escenario que combina los diferentes tipos de políticas<sup>8</sup>. Por otro lado, las políticas son decisiones bajo el control de los tomadores de decisiones, planteadas lo más plausible posible. La diferenciación entre políticas permite analizar bajo cuales condiciones externas las CPA muestran mejores resultados para su posible aplicación y, especialmente, para la asignación de recursos escasos e identificar cuáles políticas tienen el potencial de convertirse en puntos de apalancamiento

que conlleven a un mejor desempeño de la cadena o, por el contrario, que generen efectos contraintuitivos o colaterales no deseados, que solo es posible de visualizar vía simulación. Estas pueden ser consideradas como una exploración y abstracción del fenómeno virtual simplificado (Resnick, 2001) para manipularlo; por tal razón, se puede decir que es más una exploración del fenómeno en un micromundo virtual que de simular la realidad.

Para tal fin, el presente capítulo está distribuido así: en el apartado 5.1 se describen las políticas que históricamente han sido desarrolladas y aplicadas en las dos cadenas productivas. Luego en el apartado 5.2 se describen los escenarios elegidos para el análisis de la transferencia tecnológica en las dos cadenas. El apartado 5.3 realiza un análisis comparativo de los escenarios obtenidos y su respectivo análisis estadístico, de igual forma, se analizan los patrones más representativos de la transferencia tecnológica y su relación con el desempeño en las cadenas. Por último, el apartado 5.4 presenta tres escenarios o grupos de política, con el fin de analizar el mejor desempeño económico e innovador del sistema.

### 5.1 Políticas de las cadenas productivas del café y el aguacate en Antioquia

A continuación, se describen las políticas más relevantes y que han sido establecidas para las CPA del aguacate y el café (ver tabla 5-1 y tabla 5-2). Además, se realizó un

ejercicio de caracterización de las políticas más significativas en los últimos 10 años en las dos CPA, de acuerdo con sus objetivos y alcances así: políticas de modo I (technology push), políticas de modo II (market pull) y políticas de modo III o sistémicas. Dicho ejercicio tuvo por objetivo realizar los diferentes análisis de políticas que intervienen en la transferencia de tecnología (en adelante TT) en las CPA.

### 5.2 Escenarios

Los escenarios son historias plausibles con coherencia acerca del futuro y son útiles si pretenden abordar inquietudes por parte de los policy makers. Los escenarios de política permiten conocer de antemano el impac-

to que puede causar uno o varios sucesos, es decir, anticiparse a lo que ocurrirá si se presentan cada uno de los sucesos previstos (Quintero & Giraldo, 2018). La variación sistemática de parámetros inciertos o desconocidos en el modelo crea un número de trayectorias y algunas de estas son seleccionadas como escenarios para caracterizar diferentes comportamientos. El modelo de simulación contiene una serie de parámetros relevantes para los escenarios, los cuales describen el desempeño económico e innovador de una CPA a partir de las dinámicas de interacción y TT, además, dichas dinámicas emergen a través de la acumulación o no de las capacidades de los agentes del sistema. A continuación, se presentan los escenarios planteados: (ver Figura 5-1).

<sup>5</sup> Políticas de modo 1: se construye sobre una base que justifica la autonomía de la ciencia (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000); la investigación puede ser considerada como organizada disciplinar (Leydesdorff, 2005). El proceso se comprende de forma lineal como un empuje de la tecnología.

<sup>6</sup> Políticas de modo 2: permite, a las grandes y altamente eficientes empresas, luchar por la participación de mercado. En este modo se introducen los nuevos productos, principalmente, basados en tecnologías existentes, con el fin de mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda (Rothwell, 1994). El proceso se comprende, de forma lineal, como un jalónamiento de la demanda.

<sup>7</sup> Políticas de modo 3 o sistémico: el aprendizaje se describe como un proceso localizado; de igual forma, la innovación se entiende como un proceso de aprendizaje interactivo, favorecido por la relación y cercanía de sus actores (Asheim & Isaksen, 2002), quienes presentan heterogeneidad y aportan variedad, y especialización a un territorio.

<sup>8</sup> Políticas de modo combinado: En este modo se reflejan las políticas actuales que están relacionadas y combinadas con los anteriores modos.

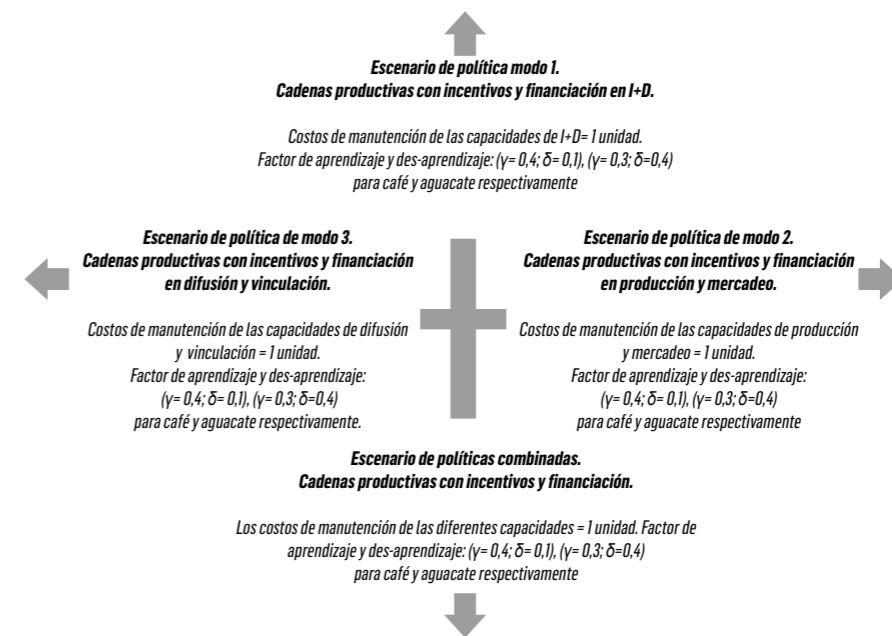


Figura 5-1. Escenarios derivados de diferentes combinaciones de parámetros  
Fuente: Elaboración de los autores.



Tabla 5-1. Políticas más relevantes de los últimos 10 años de la CPA del aguacate

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso	
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado
Modo I	Ley 29/1990	El Estado se dirigirá a crear condiciones favorables para la generación de conocimiento científico y tecnología nacionales y en general dar incentivos a la creatividad, aprovechando sus producciones en el mejoramiento de la vida y la cultura del pueblo.	X	X				
	Ley 173/2014	La presente ley tiene por objeto adoptar medidas, especialmente en materia de financiamiento, tendientes a impulsar la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y fortalecer la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).	X	X				
	Compes 3892	Lineamientos de política para estimular la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación a través de deducciones tributarias.	X	X				
Modo II	Línea Especial de Crédito – LEC	Los productores del sector rural que tienen deudas con sus proveedores podrán refinanciarlas y obtener mejores tasas y períodos de gracia de hasta dos años, directamente con actividades agropecuarias y pesqueras.				X		
	Decreto 4390/2004	Se crea el Programa de Incentivo a la Cobertura Cambiaria, para promover la utilización de los instrumentos financieros de cobertura de riesgo cambiario por parte de los productores agrícolas nacionales exportadores.						X
	Seguro Agropecuario	Es un instrumento para incentivar y proteger ante eventos adversos de la naturaleza la producción de alimentos, busca el mejoramiento económico del sector rural, promoviendo el ordenamiento económico del sector agropecuario.					X	X
	Ley 939/2004	Considerase exenta la renta relativa a los ingresos provenientes del aprovechamiento de nuevos cultivos de tardío rendimiento.						X
	Decreto 626/1994	Es un beneficio económico que se entrega a una persona en forma individual, esquema asociativo o de integración, que siendo pequeño o mediano productor haga una inversión nueva en el sector agropecuario dirigida a la modernización, competitividad y sostenibilidad de la producción agropecuaria.					X	X

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso	
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado
Modo II	Compes 3375; 3514/2008; Resolución ICA 1507; 30021; 2906; 001	El presente documento contiene los lineamientos de política que permitirán mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de la producción agroalimentaria nacional con el fin de aumentar la competitividad y obtener la admisibilidad de los productos agroalimentarios en los mercados internacionales.					X	X
	Ley de Inocuidad Alimentaria	Tiene como objetivo mejorar y fortalecer los esquemas de protección a la salud pública para garantizar el suministro seguro desde el punto de vista sanitario de alimentos en los Estados Unidos.						X
	Resolución ICA 448/2016	Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro ante el ICA de los predios de producción de vegetales para exportación en fresco, el registro de los exportadores y el registro de las plantas empacadoras de vegetales para la exportación en fresco.						X
	Decreto 1500/2012	por medio del cual se dictan medidas para la organización, articulación y funcionamiento del Sistema Administrativo Nacional de Competitividad e Innovación.						X
	NTC 1248-2	Frutas frescas. Aguacate. Especificaciones del empaque.						X
	NTC 1248-3	Frutas frescas. Aguacate. Almacenamiento y transporte.						X
	NTC- 5422	Empaque y embalaje de frutas, hortalizas y tubérculos frescos.						X
	Especificación normativa disponible END 094 (NTC)	Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones.						X
	Alianzas productivas	El Proyecto Apoyo a Alianzas Productivas es un instrumento del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural que vincula a pequeños productores rurales con los mercados a través de un esquema de agronegocios con un aliado comercial formal.			X	X		
	Programa Desarrollo Rural con Equidad. Ley 1133/2007	Tiene por objetivo articular las instituciones, políticas y herramientas del Estado, para prestar un servicio integral, permanente, pertinente y de calidad a los productores rurales, para mejorar la condición productiva, para facilitar el acceso y permanencia en los mercados.			X	X		
Ley 1876/2017 SNIA	Creación y puesta en marcha del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA).	X	X	X	X		X	
Ley 118/1994	La presente ley tiene por objeto establecer la Cuota de Fomento Hortofrutícola y las definiciones principales de las bases para su recaudo, administración y destinación, con el fin de garantizar el óptimo desarrollo del subsector hortofrutícola.	X	X	X	X		X	

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso	
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado
<b>Modo III</b>	Ley 1530 de 2012- art.29- FCTel del SGR	El Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación tendrá como objeto incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general.	x	x			x	x
	Ley 811/2003	Crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT.		x	x			
	Compes 3582	Incentivos para quienes desarrollen innovación.		x				
		Los programas y proyectos deberían permitir el desarrollo de nuevos productos, servicios o procesos productivos, mejorar la calidad de vida de los productores del sector agropecuario e incluir un componente de TT a través de alianzas entre el sector productivo e investigador.	x	x	x		x	x
	Compes 3834	Promover la creación y fortalecimiento de unidades de investigación aplicada a la solución de problemas en las empresas, y su desarrollo tecnológico.	x	x	x		x	x
		La Política de Crecimiento Verde posee el objetivo general de Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.	x	x	x		x	x
	Compes 3866	Generar instrumentos de promoción de las exportaciones.		x				x
		Realizar inversiones directas en fondos de capital privado, capital emprendedor y capital semilla, con el fin de generar confianza a otros inversionistas y promover la coversión de capital de riesgo de entidades del sector público y privado en dichos fondos.		x				
		Bonos de innovación, con el fin de promover la articulación entre las empresas y las entidades de soporte.	x	x	x		x	x
		Estandarizará un proyecto para implementar programas regionales de innovación y emprendimiento.			x			
		Se liderará el desarrollo de programas para la consolidación de la innovación en el ámbito empresarial en gestión de la innovación, el conocimiento y la tecnología, desarrollo de nuevos productos y servicios, innovación abierta y emprendimiento corporativo.	x	x	x		x	

Fuente: Elaboración de los autores.

Tabla 5-2. Políticas más relevantes de los últimos 10 años de la CPA del café

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso		
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado	
<b>Modo I</b>	Ley 29/1990	Dar incentivos a la creatividad, aprovechando sus producciones en el mejoramiento de la vida y la cultura del pueblo.	x	x					
	Art.70 y Art.71	Promover la investigación, la ciencia, el desarrollo y la difusión; y crear incentivos a quienes desarrollen y fomenten la Cyt.	x	x					
	Compes 3138/2011	Programas de apoyo al cultor, desde la renovación de cultivos, asistencia técnica, financiación, investigaciones para mejora de los cultivos, entre otros.	x	x					
		Financiar proyectos que contengan componentes de vigilancia tecnológica a los sectores productivos.	x	x					
	Compes 3582	Apoyar la investigación en instituciones educativas de básica, media y superior y centros de investigación y desarrollo tecnológico.	x	x					
		Financiación de proyectos de investigación y programas de formación de alto nivel específicos para los sectores o actividades identificadas y priorizadas.	x	x					
		Se apoyarán desarrollos de alta, media y baja complejidad tecnológica en los cuales se dé la incorporación de valor agregado basado en el conocimiento.		x					
	<b>Modo II</b>	Decreto 4715/2005	Ejecución de proyectos que tengan por objetivo adaptar tecnologías nacionales e internacionales existentes.					x	
		Decreto 4390/2004	No se efectuará retención en la fuente a título del impuesto sobre la renta y complementarios.						x
		Seguro Agropecuario 2018	Promover la utilización de los instrumentos financieros de cobertura de riesgo cambiario por parte de los productores agrícolas nacionales exportadores.					x	x
		Instrumento mediante el cual los productores agropecuarios pueden proteger sus inversiones, amparándose contra riesgos naturales de origen climático o geológico.					x	x	

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso	
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado
<b>Modo II</b>	Art. 86 - Ley 1485 y Art. 74 - Ley 1737.	Autoriza al Gobierno Nacional para apropiar recursos del Presupuesto General de la Nación y transferirlos al Fondo Nacional del Café.					X	X
	IGEC 2018	El Gobierno Nacional, en busca de proteger el ingreso de las familias cafeteras y garantizar la sostenibilidad del sector, estableció un incentivo directo al precio interno del café.					X	X
	PIC	El PIC es el Programa de Protección del Ingreso Cafetero que reemplazó al AIC.					X	X
	Programa de apoyo a renovación de cafetales	Está orientado a promover la renovación por siembra de variedades resistentes de los cafetales tradicionales y tecnificados envejecidos, caracterizados por densidades de siembra y productividades bajas, que afectan la rentabilidad del cultivo.					X	X
	Decreto 626/1994	Se da a toda persona natural o jurídica que ejecute un nuevo proyecto de inversión financiado total o parcialmente.					X	X
	Resolución # 000041/2010	Por la cual se determinan algunas actividades de reactivación del Programa Nacional de Reactivación Cafetera.					X	X
	3er Concurso Colombia, tierra de diversidad	La participación está abierta a cafeteros colombianos o personas naturales o jurídicas, incluidos extranjeros, con fincas cafeteras en Colombia en dos categorías: pequeños y grandes lotes.					X	X
	Concurso Calidad de Café	Promover y dar a conocer estos concursos regionales de cafés es una apuesta de la Federación Nacional de Cafeteros.					X	X
	Convocatoria cosecha asistida	El objetivo último es optimizar la labor y los costos de recolección, pero manteniendo los altos estándares de calidad que caracterizan al grano colombiano desde su cosecha misma.					X	X
	Compes 3866	Generar instrumentos de promoción de las exportaciones. Programa piloto de transferencia de conocimiento y tecnología relevante para iniciar la actividad exportadora.					X	X
<b>Modo III</b>		Realizar inversiones directas en fondos de capital privado, capital emprendedor y capital semilla.			X			
		Bonos de innovación, con el fin de promover la articulación entre las empresas y las entidades de soporte.	X		X		X	X

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso	
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado
<b>Modo III</b>		Estandarizar un proyecto para implementar programas regionales de innovación y emprendimiento.		X	X			
		Se liderará el desarrollo de programas para la consolidación de la innovación en el ámbito empresarial. Categorías: i) gestión de la innovación, el conocimiento y la tecnología; ii) desarrollo de nuevos productos y servicios; iii) innovación abierta; y iv) emprendimiento corporativo ( <i>spin-off</i> corporativo e intraemprendimiento).	X		X		X	X
	Proyecto alianzas productivas	Incrementar la competitividad y el desarrollo empresarial de las comunidades rurales pobres, de manera sostenible.		X	X			
	Ley 1337/2009	Se autoriza al Gobierno Nacional para apropiar recursos del Presupuesto General de la Nación con el fin de beneficiar a los caficultores con diversas estrategias.	X				X	X
	Ley 1876/2017	Creación y puesta en marcha del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA).	X		X		X	X
	Compes 3080	Proyectos de enlace y articulación entre los actores de ciencia y tecnología, en concordancia con criterios como el aporte a la creación de tejido social para la ciencia y la tecnología.		X	X			
	Instrumentos de política 2010-2015	El sector cafetero ha sido beneficiado con \$2.53 billones mediante transferencias a la FNC, programas de protección al precio, reactivación, extensión, renovación, reforestación, investigación, apoyos regionales e incentivos para el financiamiento.	X		X		X	X
	Acuerdo Política Cafetera	En un esfuerzo por establecer un paquete de medidas tendientes a la defensa del ingreso caficultor, el fortalecimiento del servicio de extensión, la continuidad de las investigaciones en genómica del café y la seguridad social de las familias cafeteras.	X		X		X	X
	Ley 1133/2007	Tiene como objetivos fundamentales mejorar la competitividad y productividad del sector agropecuario y contribuir a reducir las desigualdades en el campo.	X		X		X	X
	Compes 3854	Impulsar al 2030 la productividad y la competitividad económica del país y asegurar el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.	X		X		X	X

Modo	Política	Descripción política	Generación		Difusión		Uso	
			Investigación	Desarrollo	Difusión	Vinculación	Apropiación	Mercado
	Acuerdo de voluntades de CPA de cafés especiales	Considerando las condiciones en las que se encontraba el sector de cafés especiales acordaron lo siguiente para aportar a la Ley 811 de 2003: sucribir el acuerdo de voluntades. Iniciar la construcción de un acuerdo de competitividad para establecer los compromisos que dispone la ley.	x	x	x	x	x	x
		Incentivos para quienes desarrollen innovación.		x	x			
	Compes 3582	Los programas y proyectos deberían permitir el desarrollo de nuevos productos, servicios o procesos productivos.	x	x	x	x	x	x
		Promover la creación y fortalecimiento de unidades de investigación aplicada a la solución de problemas en las empresas, y su desarrollo tecnológico.	x	x	x	x	x	x
	Compes 3080	Se fortalecerá la oferta tecnológica, en apoyo a cadenas y líneas productivas o estratégicas conforme a las necesidades del sector agropecuario, en pequeña producción.		x		x		
	Convocatoria Coffeepick/MW	Identificar propuestas innovadoras, provenientes de grupos emprendedores, investigadores y empresas.	x	x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración de los autores.

**Escenario de política de modo 1.** Este escenario plasma un enfoque de política que incentiva, financia y subsidia la oferta de conocimiento y tecnología en la cadena productiva. La financiación de la I+D y la formación de recursos humanos, son fundamentales para generar capacidades que permitan identificar, asimilar, apropiar, transformar y explotar conocimiento externo (Cohen & Levinthal, 1990), esencial para el proceso de transferencia tecnológica y acumulación de las capacidades en las dos cadenas productivas. Desde dicha perspectiva se presentan dos cadenas productivas (café y aguacate) con potencial competitivo, cuyos agentes transfieren conocimientos y aprenden (Lundvall & Johnson, 1994), es decir, se mantienen las tendencias históricas para cada uno de los parámetros seleccionados de las cadenas para los dos modelos calibrados. Este escenario representa las CPA favorecidas por el aprendizaje del tipo *doing – using* y la acumulación de las capacidades de innovación para la cadena del café, relacionando dicho comportamiento con las rutinas que han adquirido los agentes por experiencia previa (Nelson & Winter, 1982) en la cadena.

En contraste a la cadena productiva del café, la del aguacate presenta un factor levemente inferior de aprendizaje que el desaprendizaje. Dicho comportamiento se explica por las dinámicas actuales de los agentes de la cadena y se argumenta que las firmas deben desaprender sus viejas prácticas con el fin de permitir aprender nuevas formas de hacer las cosas, implica

entonces, no solo la creación de nuevas capacidades y conocimientos, sino también la eliminación de los ya existentes (Martin de Holan & Phillips, 2004). Desaprender desde esta perspectiva es positivo; cuando un conocimiento es viejo y no se ha renovado o actualizado oportunamente, este podría impedirle a la firma la posibilidad de adaptarse a las nuevas exigencias del entorno en que compete; desaprender, entonces, es la solución actual para adquirir, asimilar y apropiar nuevos conocimientos externos y tecnologías que anteriormente no poseían.

**Escenario de política de modo 2.** Este escenario se caracteriza por una serie de parámetros que favorecen las cadenas hacia un enfoque de jalonamiento de la demanda (*market pull*). La implementación de políticas que proporcionen la financiación y reducción en el precio de bienes de capital importados, vinculados a las capacidades de apropiación, favorecerá la modernización tecnológica y la infraestructura productiva y permitirá apropiar y acumular capacidades de producción y logística, sin dejar de lado, aquellos productores nacionales que puedan estar fabricando tecnologías con capacidades de producción significativas. Tal escenario de política va de la mano de programas que financien el *marketing* de las innovaciones y de instrumentos, metodologías y técnicas que permitan detectar, leer y pronosticar señales y tendencias (vigilancia y prospección) de nuevos y actuales mercados, que beneficien los agentes de las cadenas productivas en estudio.

**Escenario de política de modo 3.** Las implementaciones de este tipo de políticas son de gran utilidad para abordar el desafío de la innovación en los diferentes sistemas de innovación y en particular en las CPA localizadas. En otras palabras, comprender las dinámicas de los sistemas de innovación con sus dimensiones consolidadas en el ámbito nacional, regional y local, en los que son de vital importancia las relaciones que las empresas establezcan con su entorno socioeconómico. Los resultados son una mayor capacidad sistémica para alinear políticas, estrategias y decisiones de investigación y desarrollo, transferencia tecnológica e innovación en actores públicos y privados, frente a iniciativas de orden macro (programas nacionales, regionales y sectoriales de I+D e innovación), meso (iniciativas de articulación sectorial y de clúster) y micro (organizaciones empresariales, universidades, centros de investigación y emprendimiento). Dicho modo de políticas favorece las barreras de interacción y el aprendizaje colectivo (Albino, Carbonara, & Giannoccaro, 2006; Fritsch & Slavtchev, 2007; Ponsiglione, Quinto, & Zollo, 2014). Este escenario representa las CPA favorecidas por el aprendizaje del tipo *doing – using – interacting (DUI)*.

**Escenario de política de modo combinado.** Presenta características de las políticas actuales que combina diferentes modos como, por ejemplo: el favorecimiento de las cadenas a partir de la combinación de los enfoques modo I, II y sistémico. Este escenario implementa políticas combi-

nadas que proporcionan financiación y reducción de costos de bienes de capital importados y favorece la modernización tecnológica y la infraestructura productiva, además incentiva, financia y subsidia la oferta tecnológica, la I+D y la formación de recursos humanos, con el fin de vincular, apropiar y transformar dicha oferta tecnológica través de las relaciones e interacciones entre los diferentes actores de la cadena.

A continuación, se presentan los parámetros utilizados para las simulaciones y el análisis de los tres escenarios propuestos (ver tabla 5-3).

### 5.3 Análisis estadístico de los escenarios de política a partir de las simulaciones

Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas (DES) entre escenarios de las políticas a partir de las simulaciones, se realizó la prueba de análisis de varianza de un factor (ANOVA), complementada de la prueba Tukey para las siguientes variables del modelo de simulación: *stocks excedentes*, agentes vivos, OM y OT aprovechadas y capacidades tecnológicas de investigación, desarrollo, difusión, vinculación, apropiación y mercado.

Los resultados del análisis estadístico se encuentran en el anexo A. A continuación, en la tabla 5-4 se presenta el resumen de las pruebas Tukey para las variables con DES en ambas CPA.

Tabla 5-3. Valores de los parámetros para los tres escenarios

Variables	Escenario de política modo 1	Escenario de política modo 2	Escenario de política modo sistémico	Escenario de política modo combinado
Longitud de cadena	$l=6$	$l=6$	$l=6$	$l=6$
Magnitudes iniciales	Aleatorias entre: 0 – 9.	Aleatorias entre: 0 – 9.	Aleatorias entre: 0 – 9.	Aleatorias entre: 0 – 9.
Número inicial de agentes	$A_{js} = 100; O.M = 100.$	$A_{js} = 100; O.M = 100.$	$A_{js} = 100; O.M = 100.$	$A_{js} = 100; O.M = 100.$
Tasas de nacimientos de los agentes	Café: $A_{js} = 15\%; O.M = 2\%$ Aguac: $A_{js} = 8\%; O.M = 20\%.$	Café: $A_{js} = 15\%; O.M = 2\%$ Aguac: $A_{js} = 8\%; O.M = 20\%.$	Café: $A_{js} = 15\%; O.M = 2\%.$ Aguac: $A_{js} = 8\%; O.M = 20\%.$	Café: $A_{js} = 15\%; O.M = 2\%.$ Aguac: $A_{js} = 8\%; O.M = 20\%.$
Factores de aprendizaje y desaprendizaje ( $\gamma-\delta$ )	Café: ( $\gamma = 0,4; \delta = 0,1$ ). Aguacate: ( $\gamma = 0,3; \delta = 0,4$ ).	Café: ( $\gamma = 0,4; \delta = 0,1$ ). Aguacate: ( $\gamma = 0,3; \delta = 0,4$ ).	Café: ( $\gamma = 0,4; \delta = 0,1$ ). Aguacate: ( $\gamma = 0,3; \delta = 0,4$ ).	Café: ( $\gamma = 0,4; \delta = 0,1$ ). Aguacate: ( $\gamma = 0,3; \delta = 0,4$ ).
Ciclo de vida O.M y O.T ( $t_{cv}$ )	Aleatorio entre: 0 – 10 años.	Aleatorio entre: 0 – 10 años.	Aleatorio entre: 0 – 10 años.	Aleatorio entre: 0 – 10 años.
Ingreso por Atributo ( $A_k$ )	10 unidades (monetarias).	10 unidades (monetarias).	10 unidades (monetarias).	10 unidades (monetarias).
Costo por Capacidad ( $CC_k$ )	Capacidad de investigación y desarrollo: 1 unidad (monetaria); para las demás capacidades: 3 unidades (monetarias).	Capacidad de producción y mercadeo: 1 unidad (monetaria); para las demás capacidades: 3 unidades (monetarias).	Capacidad de difusión y vinculación: 1 unidad (monetaria); para las demás capacidades: 3 unidades (monetarias).	Todas las capacidades: 1 unidad (monetaria).
Stock de excedentes inicial (SS)	Café: 800 unidades (monetarias); aguacate: 3000 unidades (monetarias).	Café: 800 unidades (monetarias); aguacate: 3000 unidades (monetarias).	Café: 800 unidades (monetarias); aguacate: 3000 unidades (monetarias).	Café: 800 unidades (monetarias); aguacate: 3000 unidades (monetarias).
Volatilidad máx. de O.M y O.T	Aleatorio entre: 0 – 5 años.	Aleatorio entre: 0 – 5 años.	Aleatorio entre: 0 – 5 años.	Aleatorio entre: 0 – 5 años.

Fuente: Elaboración propia a partir de los experimentos realizados del modelo conceptual.

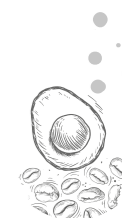
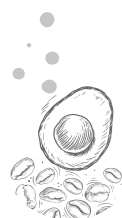


Tabla 5-4. Análisis de Tukey para las cadenas productivas de aguacate y café

Variable	Escenarios	Valor 1 (V1)	Valor 2 (V2)	HDS	%(V1-V2)/V1
<b>Cadena productiva de aguacate</b>					
<b>Agentes vivos</b>	I-II	237	272	17	-14,50 %
	I-III	237	323		-36,00 %
	I-IV	237	354		-49,07 %
	II-III	272	323		-18,78 %
	II-IV	272	354		-30,19 %
	III-IV	323	354		-9,61 %
<b>Capacidad de mercado</b>	II-III	2.51	2.03	0.41	19,05 %
<b>OM aprovechadas</b>	I-II	13496	15507	1346	-14,90 %
	I-III	13496	15503		-14,87 %
	I-IV	13496	15309		-13,44 %
<b>Cadena productiva de café</b>					
<b>Stock de excedentes</b>	I-IV	101180	69860	20550	31 %
	II-IV	99533	69860		30 %
<b>Agentes vivos</b>	I-II	23	38	6	-65 %
	I-III	23	101		-339 %
	I-IV	23	137		-496 %
	II-III	38	101		-166 %
	II-IV	38	137		-261 %
	III-IV	101	137		-36 %
<b>OM aprovechadas</b>	I-III	2.264	1.807	383	20 %
<b>Capacidad de investigación</b>	I-II	1,046	0,373	0,36	64 %
	I-III	1,046	0,243		77 %
	I-IV	1,046	0,315		70 %
<b>Capacidad de desarrollo</b>	I-II	0,940	0,500	0,36	47 %
	I-III	0,940	0,260		72 %
	I-IV	0,940	0,330		65 %
<b>Capacidad de difusión</b>	I-II	2,770	1,919	0,77	31 %
	I-III	2,770	1,753		37 %
	I-IV	2,770	1,488		46 %
<b>Capacidad de vinculación</b>	I-II	3,747	2,034	0,6	46 %
	I-III	3,747	2,155		42 %
	I-IV	3,747	2,106		44 %

<b>Capacidad de apropiación</b>	I-II	3,547	2,204	0,43	38 %
	I-III	3,547	1,620		54 %
	I-IV	3,547	2,290		35 %
	II-III	2,204	1,620		26 %
<b>Capacidad de mercadeo</b>	I-II	2,243	1,358	0,34	39 %
	I-III	2,243	0,654		71 %
	I-IV	2,243	0,690		69 %
	II-III	1,358	0,654		52 %
	II-IV	1,358	0,690		49 %

\*HDS: Diferencias honestamente significativas (Honestly-significant-difference)

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de datos de Excel.

La tabla 5-4, señala los valores obtenidos para cada una de las variables de los escenarios simulados, que presentaron diferencias significativas posterior a la realización de la prueba ANOVA y Tukey en las CPA así:

**CPA de aguacate:** agentes vivos (entre todos los escenarios de política), OM aprovechadas (entre los escenarios de política de modo I-II, I-III y I-IV) y capacidad de mercadeo (entre los escenarios de política de modo II-III).

**CPA de café:** stocks de excedentes (entre los escenarios de política de modo I-IV y II-IV), agentes vivos (entre todos los escenarios de política), oportunidades de mercado aprovechadas (entre los escenarios de política de modo I-III), capacidad de investigación (entre los escenarios de política de modo I-II, I-III y I-IV), capacidad de desarrollo (entre los escenarios de política de

modo I-II, I-III y I-IV), capacidad de difusión (entre los escenarios de política de modo I-II, I-III y I-IV), capacidad de vinculación (entre los escenarios de política de modo I-II, I-III y I-IV), capacidad de apropiación (entre los escenarios de política de modo I-II, I-III, I-IV y II-III) y capacidad de mercadeo apropiación (entre los escenarios de política de modo I-II, I-III, I-IV, II-III y II-IV).

## 5.4 Análisis de los escenarios de política a partir de las simulaciones

### 5.4.1 Análisis de escenarios en la CPA del aguacate

En la CPA de aguacate se observó que las variables que tienen diferencias significativas son los agentes vivos, capacidad de mercado y oportunidades de mercado aprovechadas. A continuación, se analizará por medio de figuras el comportamiento de

estas variables en los diferentes modos de políticas.

La figura 5-2 señala la cantidad de agentes vivos en la CPA donde los escenarios de política del modo IV y III presentaron un mejor desempeño en la supervivencia de los agentes. Ahora bien, al confrontar el *stock de excedentes* (la cual no tiene DES) y agentes vivos, se infiere que aunque el desempeño económico de todos los escenarios de política es similar, los escenarios IV y III garantizan que una mayor cantidad de agentes permanecen activos en dinámicas innovadoras en la CPA, permitiendo que una mayor cantidad de agentes se vean beneficiados por estas, caso contrario a lo que sucede con los escenarios II y I, en el que son pocos los agentes que terminan beneficiados y activos en el SI. Lo anterior implica, que, la combinación de todas las políticas y la política de tipo sistémico son las que garantizan un mejor desempeño en cuanto a la participación de una mayor cantidad de agentes en dinámicas innovadoras que requieren la realización de TT.

En una condición de escasos recursos, en la que no se pueda invertir en todos los tipos de política, y teniendo como objetivo una mayor participación de actores en dinámicas de innovación y TT exitosa, sin perjudicar el desempeño económico de la CPA del aguacate, la mejor recomendación sería realizar política de modo 3 que busca apoyar a los actores que realizan funciones de TT, generar confianza para que se creen los vínculos y difusión de conocimientos y

tecnología, entendiendo que estos actores se encargan de promover la utilización de conocimiento y tecnología en los demás actores de la CPA e inmiscuirlos en dinámicas de innovación y TT; así como permitir que, una mayor cantidad de actores se vean beneficiados por participar en estas dinámicas.

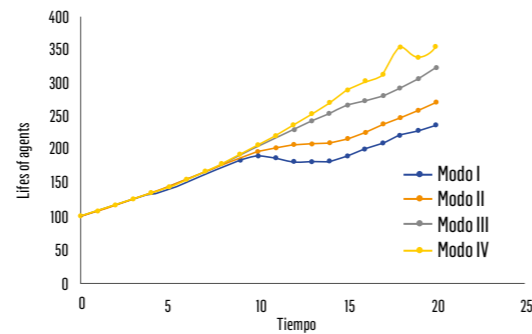


Figura 5-2. Agentes vivos en el Sistema  
Fuente: Elaboración propia

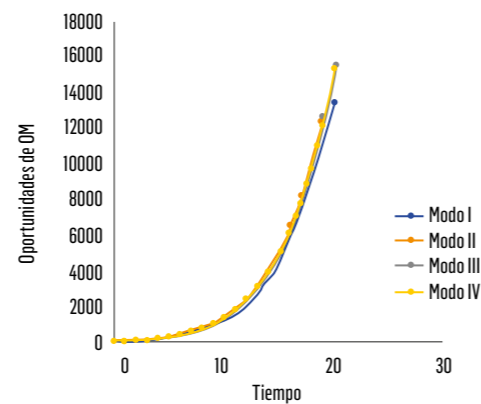


Figura 5-3. Agentes que aprovechan OM  
Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 5-4 y las figuras 5-2 y 5-3, se infiere que el escenario de políticas de modo I señala, un 49,07 % menos de agentes vivos y un 14,90 % menos de OM aprovechadas en el sistema, comparativamente con los demás escenarios. Este comportamiento podría señalar que las políticas que incentivan la I+D no generan un impacto significativo en el desempeño innovador de la CPA, mientras que el otro tipo de políticas presentan un resultado similar, lo cual indica, que en períodos de restricción de recursos y teniendo como objetivo mejorar el desempeño innovador de la CPA del aguacate, la mejor opción es implementar políticas del modo 2 o 3 que impacten en las capacidades de difusión, vinculación, apropiación y mercadeo.

Tal comportamiento refleja que la política de tipo 1 no garantiza que actores exploradores como los centros de investigación, universidades y centros tecnológicos se integren de forma idónea a la CPA, realizando una adecuada TT, tanto de su componente tácito como explícito hacia los agricultores pequeños, con consecuencias significativas para la apropiación y adaptación de nuevos conocimientos y tecnologías que son requeridas para la CPA, para responder a un EC y sus OM, que cada día son más exigentes.

La figura 5-4 señala una mayor acumulación de la capacidad de mercadeo en la CPA del escenario II frente al escenario de política de modo III, además este escenario de modo II presenta un menor número de

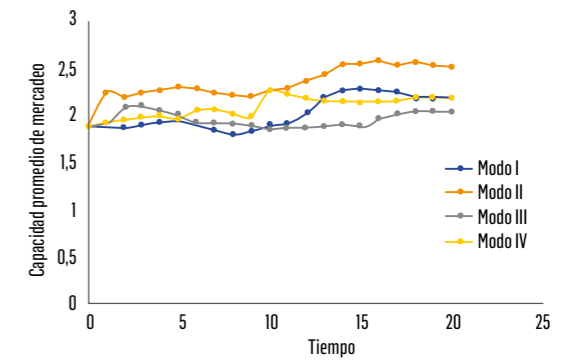


Figura 5-4. Capacidad de mercado  
Fuente: Elaboración propia

actores involucrados en las dinámicas de innovación y TT con relación a los escenarios de política III y IV, esta característica refleja una mayor apropiación y aprovechamiento de las OM por unos cuantos agentes. Este comportamiento se debe a que sus bases de conocimiento les han permitido acumular y, por ende, aprender en dicha capacidad, desarrollando procesos de TT que les permite visualizar y satisfacer las OM, lo que se traduce en mayores beneficios que permiten sostener los costos de la capacidad y obtener excedentes. Según lo anterior, se puede pensar que es importante resaltar la necesidad de políticas que no solo se afiancen en los aspectos de comercialización, sino, también, que fortalezcan la articulación de cada eslabón de la CPA para mejorar los procesos de TT, lo que permite así aprovechar mejor las OM y lograr mejores desempeños económicos e innovadores.

Para finalizar, el escenario de política de modo III, señala la menor diferencia porcentual (9,61 %) en el número de agentes vivos con relación al escenario de política de modo combinado, esto refleja que las políticas sistémicas ayudan a la estabilización de la cadena, generando una mayor articulación de los actores, permitiendo que estos satisfagan el EC y sus OI, lo que refleja mayores impactos en los diferentes desempeños de la cadena, comparado con los modos 1 y 2 de política de CTel.

### 5.4.2 Análisis de escenarios en la CPA del café

La tabla 5-4 señala las variables con DES para cada uno de los escenarios de política de la CPA del café.

Se puede observar que la figura 5-5 señala un desempeño económico similar hasta el año quince para los escenarios de política que presentan diferencias significativas, dicho desempeño puede ser observado a través del *stock de excedentes* de la CPA, además señalan una curva de crecimiento donde se destacan los escenarios de política de modo I y II como los más representativos; este crecimiento del desempeño económico contrastado con los agentes vivos del sistema (ver figura 5-6), indica que tales políticas proporcionan estabilidad para algunos agentes diferenciados en el sistema, pero no para la mayoría, donde estos agentes que pudieron aprovechar las políticas, dado su nivel anterior de acumulación de capacidades, pudieron, a través

de una mayor conexión con el EC, tener una mejor respuesta y aprovechamiento de las OM, obteniendo como resultado un incremento de los beneficios.

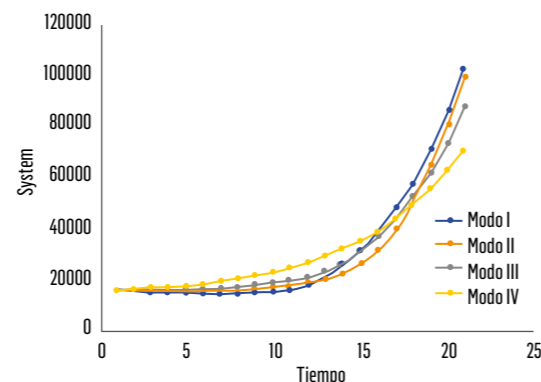


Figura 5-5. Acumulación del *stock de excedentes*  
Fuente: Elaboración propia

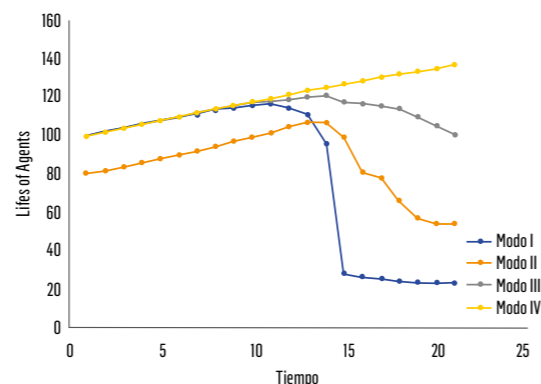


Figura 5-6. Agentes vivos en el sistema  
Fuente: Elaboración propia

Con relación a las OM aprovechadas se observan diferencias estadísticas entre el modo I y III (ver figura 5-7), esta característica comparada con el comportamiento anteriormente mencionado demuestra la importancia de políticas que involucran a un mayor número de actores. Aunque políticas del modo I *technology push* incrementaron el desempeño económico reflejado en un mayor *stock de excedentes* como se muestra en la figura 5-5, este tipo de políticas dejan relegados a los pequeños productores o actores con capacidades tecnológicas para la innovación básica, forjando a que estos no puedan interactuar y acceder a las OI que demanda el EC de la cadena.

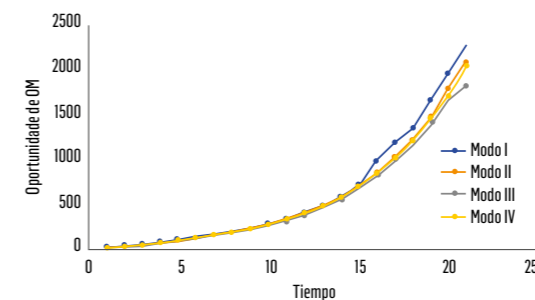


Figura 5-7. Agentes que aprovechan OM  
Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior puede ser contrastado con la realidad actual, debido a que la CPA del café, cuenta con un número de agentes insuficientes que presentan capacidades avanzadas en la región, en su mayoría, la CPA cuenta con agentes involucrados en la producción del grano y no conservan

una orientación para dar valor agregado a su producto o avanzar y apropiar nuevas tecnologías para sus procesos de transformación y mercadeo. Cabe resaltar que el aprovechamiento de las OI no implica que todos los agentes del sistema lleguen a un mercado específico, esto puede estar directamente relacionado a la conexión que existe entre los agentes de la cadena, donde el pequeño productor forja un proceso de mercadeo al vender su café cereza y beneficiado, continuando con un intermediador y comprador, quien continua el proceso transaccional hasta suplir la OM existente.

Con respecto a las DES, entre las capacidades tecnológicas para la innovación se tiene que las de investigación (ver figura 5-8), desarrollo (ver figura 5-9), difusión (ver figura 5-10), vinculación (ver figura 5-11) y mercado (ver figura 5-13), presentaron un comportamiento estadístico similar, donde el escenario de políticas de modo I, presentó DES con los demás escenarios. Este modo de política disminuyó los costos de las capacidades de investigación y desarrollo, incentivando y fortaleciendo solo a algunos agentes con capacidades avanzadas que jalaron el valor promedio de todo el sistema, reflejado en el incremento porcentual de todas las capacidades para el modo evaluado; aquí se debe hacer claridad en algo que puede generar una interpretación errónea, según los resultados promedio de las capacidades en el sistema, se puede pensar que la política de modo I es la más exitosa para mejorar el desempeño del sistema, sin embargo, el



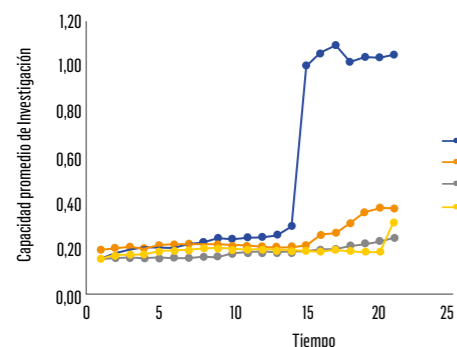


Figura 5-8. Capacidad de investigación  
Fuente: Elaboración propia.

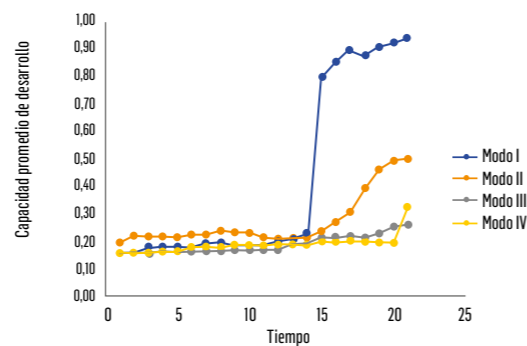


Figura 5-9. Capacidad de desarrollo  
Fuente: Elaboración propia.

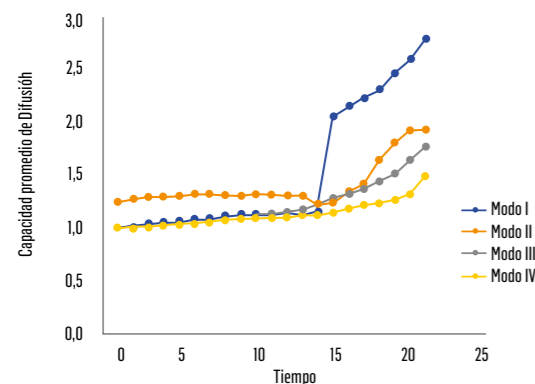


Figura 5-10. Capacidad de difusión  
Fuente: Elaboración propia.

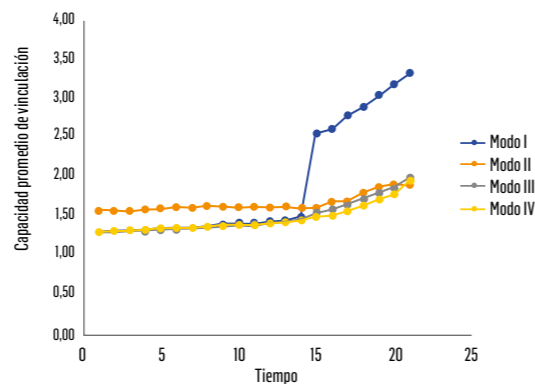


Figura 5-11. Capacidad de vinculación  
Fuente: Elaboración propia.

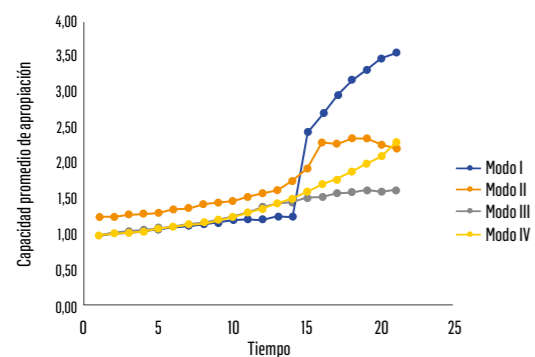


Figura 5-12. Capacidad de apropiación  
Fuente: Elaboración propia.

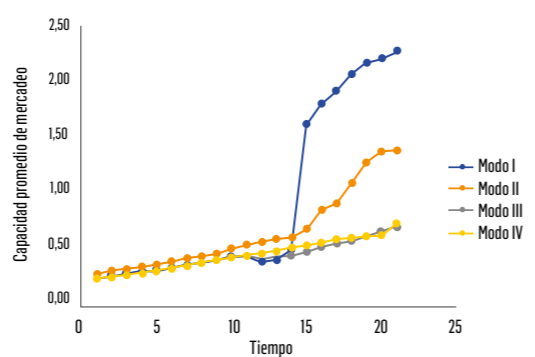


Figura 5-13. Capacidad de mercado  
Fuente: Elaboración propia.

número de agentes que ingresan a las dinámicas de innovación en este escenario es menos de la quinta parte, comparado con el escenario III y la sexta con el escenario IV, en los cuales están involucradas políticas que propenden por facilitar la TT y la confianza entre los agentes para que se completen los vínculos necesarios en el proceso de conformación de SI. La capacidad de apropiación (ver figura 5-12) en el escenario de política de modo I aumentó desde su magnitud básica hasta su magnitud intermedia, lo cual permitió evidenciar una relación directa entre el valor de dicha capacidad en el sistema y el desempeño económico e innovador de la cadena, reflejado a través del incremento de la competitividad que permite satisfacer a un mayor número de OM; sin embargo, en este modo 1, son pocos los agentes que terminan beneficiados y haciendo parte de las dinámicas de innovación, generando mayores brechas en una CPA que ya presenta este tipo de desequilibrios.

El escenario de política de modo II (*market pull*), presentó un comportamiento similar al escenario de política de modo I, exhibiendo un menor número de agentes que ingresan a las dinámicas de innovación al finalizar los procesos de simulación, a pesar de que, en su mayoría, desarrollan fórmulas de éxito. Sin embargo, en este escenario no hubo incrementos significativos en las magnitudes de las capacidades en comparación con el escenario de políticas de modo I o *technology push*, siendo las capacidades básicas de investigación y desarrollo unas de las posibles causas que dificulten

la acumulación de las capacidades en la cadena productiva del café.

Con respecto al escenario de política de modo III o sistémico y el escenario de política de modo IV o políticas combinadas, no se evidenció un incremento significativo, tanto en las magnitudes de las capacidades de innovación como en el incremento del *stock de excedentes* de todo el sistema. No obstante, estos escenarios presentan un mayor número de agentes vivos, obteniendo una proporción hasta de 496 % (entre los escenarios de políticas de modo I-IV) más de agentes al finalizar los períodos de simulación, con relación a los escenarios de políticas de modo I y II, siendo esto una característica importante para la CPA del café en Antioquia, caracterizada por tener más de 79 mil actores de los cuales alrededor del 97,00 % son pequeños productores con capacidades de magnitudes básicas que requieren de procesos de TT, con el fin de disminuir las brechas existentes entre las capacidades de los actores de la cadena y las OM, posibilitando la inclusión y sostenimiento en el EC.

Para finalizar, debido a los diferentes problemas a los que se ve enfrentado el sector cafetero, existe la necesidad de formular políticas que incentiven la disminución de las brechas en las capacidades existentes en la cadena y que, además, se tenga presente la importancia de esta actividad productiva en el desarrollo rural colombiano, representada en el impacto económico y social sobre múltiples acto-

res, entre los que se encuentran los pequeños productores. Es por este motivo, que políticas, que no tengan en cuenta los diferentes actores que ocupan los territorios, pueden impactar en la relación de estos con el EC, produciendo sistemas que relegan a algunos actores que componen la CPA. Es por estas razones que las políticas de modo III y IV, aunque no permitieron presentar un desempeño económico e innovador mayor o una mayor acumu-

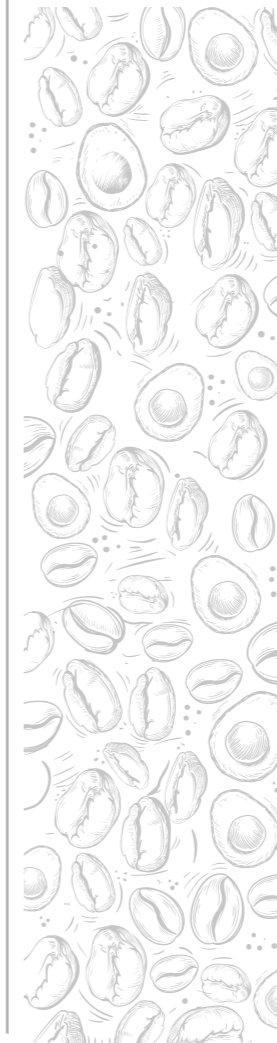
lación de capacidades, permiten que un mayor número de actores participen en el proceso de TT obteniendo un sistema con mayor distribución de las OM; además de una acumulación de capacidades, aunque no tan acelerada, en una mayor cantidad de agentes de la CPA, lo cual permite la reducción de brechas y tener una mayor inclusión en las dinámicas de innovación fundamentales en una CPA tan importante para la región y el país.

## 5.5 Referencias

- Albino, V., Carbonara, C., & Giannoccaro, I. (2006). Innovation in industrial districts: An. *International Journal of Production Economics*, 104, 30-45.
- Asheim, B. T., & Isaksen, A. (2002). Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge. *Journal of Technology Transfer*, 5(3), 1-14.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation*, 35(1), 128-152.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1997). *Universities in the Global Knowledge Economy: a triple Helix of University-Industry-Government Relation*. London and Washington: Pinter.
- Fritsch, M., & Slavtchev, V. (2007). Industry Specialization, Diversity and the Efficiency of Regional Innovation Systems. *Jena Economic Research Papers*, 1-27.
- Leydesdorff, L. (2005). Similarity Measures, Author Cocitation Analysis, and Information Theory. *Brief Communication*, 56(7), 769-772.
- Lundvall, B.-Å., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1(2), 23-42.
- Martin de Holan, P., & Phillips, N. (2004). Organizational forgetting as strategy. *Strategic Organization*, 2, 412-430.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Boston, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.

- Ponsiglione, C., Quinto, I., & Zollo, G. (2014). Bridging the SKIN model to the debate on territorial innovation systems: the proposal of an agent-based model of self-sustained regional innovation systems. *3rd SKIN Workshop: Joining Complexity Science and Social Simulation for Policy*. Budapest: Eötvös Loránd University.
- Quintero, S., & Giraldo, D. (2018). *El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basado en agentes*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Resnick, M. (2001). *Tortugas, termitas y atascos de tráfico: exploraciones sobre micro-mundos masivamente paralelos* (Vol. 37). (J. A. Álvarez, Trad.) Gedisa.
- Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 11(1), 7-31.

## 6. Reflexiones finales



Este libro aborda la TT en las cadenas productivas agropecuarias, teniendo en cuenta que la carencia de metodologías que proporcionen una identificación de los roles y las dinámicas de los actores, no han permitido determinar con mayor claridad, cuáles son las brechas que dificultan la estructuración y el relacionamiento entre actores y sus diferentes eslabones productivos. Por lo anterior, en primera instancia se hizo una revisión sistemática de literatura acerca de las diferentes propuestas de modelos para la TT en los sistemas agrícolas, se encontró que han pasado desde un enfoque lineal a uno sistémico, es decir, los primeros modelos presentan procesos unilaterales donde las tecnologías desarrolladas por los científicos se transfieren a los extensionistas y estos lo transfieren a los agricultores, lo que quiere decir que los agricultores no son involucrados en el proceso de identificación de las necesidades y limitaciones del entorno para acondicionar la tecnología. Los últimos modelos desarrollados han realizado mejoras donde se tiene más conciencia de la importancia de incluir

al agricultor para la toma de decisiones, identificación de necesidades y para el desarrollo de nuevas tecnologías, implementando diagnósticos para definir problemas, pruebas en la finca, adaptación de las tecnología a las condiciones de los agricultores y monitoreo de su adopción (Rhoades & Booth, 1982), fortaleciendo la participación e integración de los agricultores entre la investigación y en la finca.

A pesar de que los últimos modelos dan importancia a las relaciones entre los investigadores-extensionistas-agricultores, no se evidencia una dinámica de los procesos de relacionamiento o la manera de interacción, lo cual no permite que se identifiquen políticas que ayuden a la comprensión de dichos sistemas agrícolas que cada vez son más dinámicos y complejos. La importancia de tales políticas es que nos permiten vislumbrar cómo se favorecen o no los procesos de TT, ya que se obtiene información sobre los patrones y factores causales que influyen en los procesos de adopción de conocimiento de los diferentes actores en el sistema, mejorando así el desempeño económico e innovador del sector. Por lo tanto, no se evidencian modelos idóneos que permitan analizar los procesos de TT, y cómo estos, repercuten en el desempeño económico e innovador de las CPA en estudio, a través de un análisis dinámico y longitudinal desde una perspectiva sistémica de la interacción entre actores heterogéneos, afectados por un EC, que demanda oportunidades de mercado y tecnológicas.

Por lo anterior, se requiere de un análisis dinámico de las relaciones e interacciones entre los agentes competidores de las CPA y su EC, modelar dichas interacciones en las CPA no es fácil, debido a la complejidad dinámica de los procesos TT y por la heterogeneidad de los agentes competidores que intervienen. Para solucionar las barreras de tipo sistémico y organizacional de la TT en el sector agropecuario, se requiere investigaciones de tipo socioeconómico que aporten conocimientos acerca de los actores de las CPA, estrategias y reglas que utilizan para tomar decisiones, relacionamientos y transferencias de capacidades innovadoras. En ese orden de ideas, se realiza en este libro la propuesta de un modelo que representa de forma matemática, lógica y verbal, la entidad problema desarrollada para un estudio particular, para lograr tal objetivo se implementó una metodología que formuló preguntas iniciales, teorizando el modelo conceptual y, finalmente, se propuso el modelo conceptual. Como resultado se obtuvo uno que contribuye en la comprensión de las dinámicas de TT de las CPA, así como en los patrones de especialización que emergen producto de la interacción y TT entre agentes y su influencia en el desempeño de las CPA.

Se entiende que los modelos son simplificaciones mediante las cuales se trata de explicar fenómenos que tienen una gran cantidad de variables que los afectan, haciéndolo desde una perspectiva acotada, pero necesaria, para incrementar el conocimiento y comprensión de fenómenos

difíciles de entender e impredecibles en sus comportamientos, como el fenómeno de la TT. A partir del modelo conceptual, se programó el modelo computacional en la plataforma NetLogo 6.0.2. La programación pretendió construir y matematizar diferentes procedimientos y reglas de decisión de los actores de las CPA, los cuales son equivalentes a los sub-modelos a los que se les debe hacer seguimiento para su verificación y validación computacional.

La validación operacional del modelo se hizo en las CPA del café y el aguacate en Antioquia, teniendo en cuenta la importancia de estas cadenas en el país y la necesidad de evaluar los procesos de TT en ellas. Por esto, en primera medida es importante comprender como se encuentran los actores de las cadenas en las diferentes TCI, propuestas. Para la estimación y medición de las TCI de los actores que componen las CPA de café y aguacate en Antioquia Colombia, se diseñó una herramienta a partir de la propuesta de Robledo, et al., (2010) y Quintero, et al., (2017), con el objetivo de asociar las TCI al modelo sistémico de congruencia organizacional de Nadler y Tushman (1997), y sus cuatro dimensiones (organización formal, informal, tecnológico y recurso humano), estas fueron clasificadas siguiendo a Lall (1992) así: básicas (0,0 a 2,99); intermedias (3,0 a 5,99) y Avanzadas (6,0 a 9,0). Como resultado de esta fase, se obtuvo un instrumento que permite la estimación de las TCI para las cadenas productivas a partir de las capacidades tecnológicas.

El instrumento permitió evidenciar que las cadenas tienen dinámicas diferentes en cuanto a las TCI, dado que para la CPA de café se caracterizan por ser básicas y por presentar incrementos poco representativos en los períodos evaluados. El incremento porcentual de cada una de las TCI fue: investigación (0,44 %), desarrollo (0,00 %), difusión (2,00 %), vinculación (3 %), apropiación (5,89 %) y mercadeo (2,67 %). El comportamiento entre las capacidades de investigación y desarrollo es similar, representado en sus valores de promedio, esto se debe a que los actores que realizan procesos de generación de conocimiento tienen la infraestructura para realizar estas dos labores de manera conjunta. La función anteriormente mencionada no está distribuida en todos los actores del sistema. Las capacidades de difusión y vinculación presentan un comportamiento estadístico similar entre ellas, observado en un mayor número de actores que realizan esta función de forma básica. Con relación a la vinculación existen varios actores que agrupan una gran cantidad de organizaciones (en especial productores) en torno a la comercialización internacional del grano. Una de las causas más representativas de este comportamiento es que la mayoría de los productores de café no tiene procesos productivos de transformación, lo que dificulta el desarrollo de nuevos productos. Para la CPA de aguacate las TCI se caracterizan por que el 73 % de sus actores tiene capacidades básicas, el 17 % intermedias y el 10 % avanzadas. Presentado las siguientes variaciones porcentuales en el período

evaluado para cada una de las capacidades: investigación (-6,80 %), desarrollo (-5,80 %), difusión (-1,90 %), vinculación (5,6 %), apropiación (0,39 %) y mercado (-4,30 %). Las capacidades de investigación y desarrollo presentan un alto coeficiente de variación, el cual indica que estas capacidades están concentradas en unos pocos actores de la CPA de aguacate. En cuanto a la capacidad de apropiación, se presenta un incremento del interés por el establecimiento de este cultivo, evidencian un crecimiento significativo de nuevos actores con capacidades básicas de apropiación para la producción, lo cual pone en evidencia las falencias y debilidades para la apropiación tecnológica en los procesos productivos, logísticos y de mercado. Con respecto a la capacidad de vinculación, se observa que es intermedia. Esto refleja el interés de los actores en asociarse para fortalecer sus conocimientos y responder a las tendencias tecnológicas, tanto nacionales como internacionales de la fruta. La capacidad de difusión se observa que tiene un comportamiento básico, es una de las falencias observadas en el sistema, lo cual se ha convertido en una barrera para la tecnificación de cultivos en los procesos de desarrollo de variedades vegetales, cosecha y postcosecha, generando una deficiencia en el intercambio de conocimiento y en los procesos de aprendizaje que permiten crear y adquirir TCI. La capacidad de mercadeo es básica, algunos actores no poseen este conocimiento, lo que implica que no saben identificar las exigencias del mercado, que es dinámico y complejo, observado que la apropiación de los requisitos

de exportación internacional, por lo tanto, no entra en las dinámicas innovadoras, siendo esto una barrera para la innovación.

La recolección de información primera sobre las TCI en las cadenas del café y el aguacate en Antioquia fue el insumo para realizar la validación operacional del modelo computacional, pero además se utilizaron otras técnicas de validación como de verificación, a partir de las cuales se encontró que el modelo ayuda al entendimiento del fenómeno de la TT en las CPA comprendidas estas como SI de carácter localizado. Mediante el método histórico del racionalismo y la aproximación histórica amigable se realizó la validación del modelo conceptual, encontrando que los supuestos y las reglas de decisión fueron las apropiadas. Ahora, la verificación se pudo realizar mediante la técnica de validación de trazas. Mientras que con la técnica de validez de eventos se validó el modelo operacional, mostrando que el comportamiento del modelo planteado, al ser comparado con el del sistema real es similar. La validación anterior permite utilizar el modelo con confiabilidad para analizar el impacto de las políticas públicas de CTel en las CPA del café y el aguacate. Lo anterior posibilita la experimentación con los parámetros del modelo, especialmente, para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas de CTel en las CPA.

Por otra parte, representar el efecto de los diferentes paradigmas de políticas de CTel en las CAP es un reto, teniendo en cuenta

que estas, además de incentivar la interacción entre agricultores y los demás actores de la cadena, situación que no se evidencia en las cadenas en estudio, debido a que las políticas existentes poseen un diseño y formulación desde una perspectiva *Top Down* inhibiendo el aprendizaje entre los actores del sistema, es fundamental construir y complementar sus bases de conocimientos para la construcción, desarrollo y mejora de las capacidades tecnológicas, incentivando así la participación de los diferentes actores con el fin de cerrar brechas de interacción entre investigadores, diseñadores de políticas, planificadores y extensionistas (Baig & Aldosari, 2013). Estas dificultades dan como resultado la fragmentación e interconexión de los actores de las CPA y, por consiguiente, una inadecuada TT y precaria asimilación de los procesos de generación, producción, difusión y uso de los cultivos.

Los escenarios analizados, gracias al modelo construido y validado, permiten comprender las posibles implicaciones de las políticas en las CPA, siempre y cuando se tenga caracterizada adecuadamente la cadena con respecto a sus TCI. Por ejemplo, en el caso de las CPA estudiadas, tanto la del café como la del aguacate, presentan comportamientos similares con respecto al número de agentes que hacen parte de dinámicas innovadoras, donde se encuentra que, el escenario de política sistémica y el combinado (todos los modos de política) presenta los mejores resultados; sin embargo, en condiciones de escasas de re-

ursos, donde no se puede efectuar toda la combinación de políticas, es indispensable priorizar; concretamente en el caso que se pone a colación, esto quiere decir que, esfuerzos como los del Conpes 3866, Ley 1876/2017, Conpes 3080, entre otros, encaminados a promover la transferencia de conocimiento y tecnología relevante para iniciar la actividad exportadora, originar la articulación entre las empresas y las entidades de soporte, liderar programas de gestión de la innovación, el conocimiento y la tecnología, motivar la innovación abierta, crear el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, enlazar y articular a los actores de ciencia y tecnología, son más beneficiosos cuando el objetivo de la política sea mantener a la mayor cantidad posible de actores de la CPA vinculados a dinámicas de innovación y, a su vez, permitir que un grupo más amplio de miembros de la CPA se vean beneficiados de la TT, la vinculación con otros agentes y el aprovechar oportunidades de innovación.

Otro caso ejemplarizante es el del desempeño innovador de los escenarios, donde el comportamiento de las políticas tipo empuje de la tecnología tiene resultados completamente diferentes en cada una de las CPA, mostrando un mejor desempeño en el café y uno peor en el aguacate. Esto indica lo peligroso de las políticas de tipo general y no focalizada en un contexto específico, pues al ser diferente la composición de las TCI en cada CPA, los resultados pueden, además de inesperados, ir en contra del objetivo inicial de la política. Para el caso

en cuestión, observamos que, iniciativas transversales como la Ley 1731/2014, que busca adoptar medidas, especialmente en materia de financiamiento, tendientes a impulsar la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y fortalecer la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); el Conpes 3892, que estimula la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación a través de deducciones tributarias; el Conpes 3582, que financia proyectos que contengan componentes de vigilancia tecnológica a los sectores productivo, y apoya la investigación en instituciones educativas de básica, media y superior y centros de investigación y desarrollo tecnológico; entre otros, no generan resultados homogéneos en las dos CPA estudiadas.

Estos escenarios permitieron observar efectos individuales de los diferentes modos de política, los cuales son difíciles de analizar en la realidad; en ese sentido, haciendo énfasis en el aspecto social, se logró identificar cómo las políticas de tipo empuje de la tecnología y jalonamiento del mercado, como, por ejemplo, el Conpes 3582 y el Decreto 4390/2004, respectivamente, terminan favoreciendo a los actores que cuentan con TCI de investigación y desarrollo en el primer caso, y de apropiación y mercadeo en el segundo, dejando por fuera a los integrantes de la CPA que tienen menos TCI, aumentando las brechas y relegando a los eslabones más débiles, quienes terminan por fuera de las

dinámicas de los sistemas de innovación, inhabilitándolos para verse beneficiados de las políticas y las innovaciones, y ampliando las desigualdades presentes en la CPA. Mientras que las políticas de corte sistémico se encuentran como las que más evitan este tipo de comportamientos desiguales. Sin embargo, cuando se combinan los tres tipos de política se observa un mejor desempeño de la CPA, así como una buena distribución de estos beneficios entre la mayoría de los integrantes.

El modelo construido tiene la bondad para vislumbrar el efecto que puede tener diferentes tipos de política pública o federada en el desempeño de CPA. También, se puede ver cómo las condiciones particulares de cada CPA, por ejemplo, el nivel inicial de las CTI del conjunto de agentes que integra una CPA, hace que el efecto de las políticas sea muy diferente, reflejando, esto último, lo que sucede en la práctica, cuando en el país y regiones se obtienen desempeños tan diferentes en las CPA, a pesar de que las políticas públicas implementadas sean muy similares. Gracias al modelo se puede analizar cada CPA por separado y evaluar los efectos que tiene cada política, pues, dado el grado de complejidad de los SCA, los efectos esperados no siempre se dan e, incluso, los resultados pueden ser contraintuitivos, como se puede observar en los resultados presentados en el capítulo 5. Finalmente, se resalta la capacidad del modelo de representar la realidad, lo cual ya se validó en el capítulo 4; pero, principalmente, su capacidad de análisis del efecto

de la política en el desempeño de las CPA. En los casos aquí presentados, se pudo observar la importancia de la política del modo sistémico, la cual, aunque no produce unos resultados económicos ni innovadores significativamente diferentes al de las otras políticas, sí permiten una mayor posibilidad de TT entre los agentes del sistema y el ingreso de estos a las dinámicas de innovación, permitiendo el cierre de brechas y la derrama de beneficios en toda la CPA.

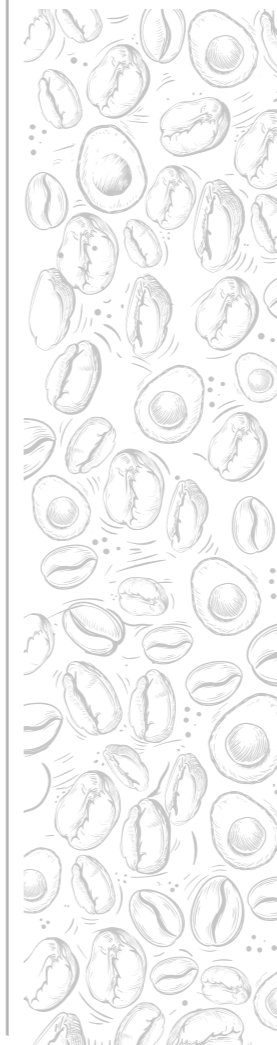
En general, el modelo de TT elaborado para las CPA del café y el aguacate, permite realizar experimentos a través de escenarios, los cuales serían imposibles en los sistemas reales, ayudando a un mejor entendimiento del efecto individual y combinado de las políticas que propenden por

un mejor desempeño innovador y económico de las CPA. Para que el modelo pueda cumplir con lo anterior es fundamental hacer una detallada caracterización de las TCI de los actores del sistema, pues sin esto difícilmente se puede confiar en los comportamientos arrojados por las simulaciones, pues como se pudo observar en las CPA estudiadas, los efectos de las políticas son diferentes dependiendo de las características particulares de los integrantes de cada CPA. Entonces, se posee un modelo que nos permite simular el comportamiento de la TT en CPA y su desempeño innovador y económico; sin embargo, su utilidad dependerá de los datos con que se corra el modelo, los cuales se obtienen al hacer una exhaustiva caracterización de las TCI de los integrantes de la CPA.

## 6.1 Referencias

- Baig, M., & Aldosari, F. (2013). Agricultural Extension in Asia and the Pacific. Baig and Aldosari. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(2), 619-632.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 165-186.
- Nadler, D., & Tushman, M. (1997). *The Power of Organization Architecture*. Oxford University Press.
- Quintero, S., Ruiz, W., & Robledo, J. (2017). Learning in the Regional Innovation System An agent Based Model. *Cuadernos de Administración*, 33(57), 7-20.
- Rhoades, R., & Booth, R. (1982). Farmer-back-to-farmer: A Model for Generating Acceptable Agricultural Technology. *Agricultural Administration*, 11(2), 127-137.
- 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.

## Anexo A



### Análisis estadístico de los escenarios de política a partir de las simulaciones

Este anexo presenta las pruebas estadísticas de: análisis de varianza (ANOVA) para comprobar diferencias estadísticamente significativas de las variables: *stock* de excedentes, agentes o empresas vivas, OM y OT aprovechadas y las capacidades tecnológicas para la innovación, en los cuatro escenarios de simulación para las CPA del aguacate y del café; además, se realizó la prueba de Tukey para conocer las diferencias significativas entre escenarios.

La ANOVA permitió calcular las diferencias estadísticas dentro de los escenarios de la variable respuesta así: la prueba planteó en primera instancia dos hipótesis: 1) la nula, en la cual se afirma que todos los promedios no son significativamente diferentes y 2) la alterna, en la que se concluye que al menos un promedio es significativamente diferente de los otros. Posteriormente, se realizó el análisis de varianza por factor, para estudiar los resultados obtenidos de

la variable de salida. Si el valor arrojado del valor de F es mayor al valor de F crítico la hipótesis nula es rechazada y, por lo tanto, se procede a desarrollar la prueba Tukey (Ver Tabla 5-4), para saber cuáles escenarios presentan diferencia estadísticamente significativa.

En el siguiente apartado se encuentran cada una de las pruebas de ANOVA para las variables de salida de las CPA del aguacate y del café.

## 1. Análisis estadístico de los escenarios de política en la CPA del aguacate

### 1.1 Análisis estadístico de la variable de *stock de excedentes*

La primera variable a la que se le aplicó la ANOVA fue la de *stock de excedentes* acumulado del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-1.

Tabla A-1. Análisis de ANOVA al stock de excedentes acumulado del sistema en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	6266192,83	1253238,57	3826137742
<b>Modo II</b>	5	6305414,71	1261082,94	2.12E+10
<b>Modo III</b>	5	6447429,66	1289485,93	1.54E+10
<b>Modo IV</b>	5	5886717,82	1177343,56	1.66E+10

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en el stock excedentes acumulado en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	34412977096	3	11470992365	0,80436322	0,50961285	3,238871517
<b>Dentro de los grupos</b>	2.28175E+11	16	14260960808			
<b>Total</b>	2.62588E+11	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

### 1.2 Análisis estadístico de la variable de empresas vivas

La segunda variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de agentes que sobreviven en el sistema en los cuatro escenarios simulados (ver tablas A-2).

Tabla A-2. Análisis de ANOVA de los agentes vivos en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	1186	237,2	55,2
<b>Modo II</b>	5	1358	271,6	153,3
<b>Modo III</b>	5	1613	322,6	118,3
<b>Modo IV</b>	5	1768	353,6	26,8

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en los agentes vivos en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	40389,35	3	13463,1167	152,2977	5,6464E-12	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	1414,4	16	88,4			
<b>Total</b>	41803,75	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 1.3 Análisis estadístico de la variable de oportunidades de mercado ocupadas

La tercera variable a la que se le aplica la ANOVA es a las oportunidad de mercado que son aprovechadas por los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en la tablas A-3.



Tabla A-3. Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OM en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Modo I	5	67480	13496	487581,5
Modo II	5	77535	15507	987624
Modo III	5	77517	15503,4	230868,3
Modo IV	5	76547	15309,4	500442,3

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en los agentes que aprovechan OM en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	14298612,6	3	4766204,18	8,64023459	0,00122157	3,23887152
Dentro de los grupos	8826064,4	16	551629,025			
Total	23124677	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

#### 1.4 Análisis estadístico de la variable de oportunidades tecnológicas ocupadas

La cuarta variable a la que se le aplica la ANOVA es a las oportunidades tecnológicas que son aprovechadas por los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-4.

Tabla A-4. Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OT en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Modo I	5	4910	982	17817,5
Modo II	5	6201	1240,2	39980,7
Modo III	5	6072	1214,4	18000,3
Modo IV	5	6089	1217,8	15698,7

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en los agentes que aprovechan OT en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	221822	3	73940,6667	3,23247779	0,05027576	3,23887152
Dentro de los grupos	365988,8	16	22874,3			
Total	587810,8	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

#### 1.5 Análisis estadístico de la variable de capacidad de investigación

La quinta variable a la que se le aplica la ANOVA es la capacidad de investigación en sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-5.

Tabla A-5. Análisis de ANOVA de la capacidad de innovación en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Modo I	5	6,43580053	1,28716011	0,01045715
Modo II	5	6,46479408	1,29295882	0,01283662
Modo III	5	5,41497511	1,08299502	0,00588318
Modo IV	5	6,64207194	1,32841439	0,16893266

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de innovación en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,18623935	3	0,06207978	1,25344311	0,32357045	3,23887152
Dentro de los grupos	0,79243846	16	0,0495274			
Total	0,97867781	Total				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

### 1.6 Análisis estadístico de la variable de capacidad de desarrollo

La sexta variable a la que se le aplica la ANOVA es la capacidad de desarrollo de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-6.

Tabla A-6. Análisis de ANOVA de la capacidad de desarrollo en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	6,03728284	1,20745657	0,01655663
<b>Modo II</b>	5	6,31340078	1,26268016	0,01250944
<b>Modo III</b>	5	5,76634902	1,1532698	0,0132554
<b>Modo IV</b>	5	6,42113834	1,28422767	0,12370203

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de desarrollo en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	0,05183067	3	0,01727689	0,41625164	0,7437114	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,66409403	16	0,04150588			
<b>Total</b>	0,7159247	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

### 1.7 Análisis estadístico de la variable de capacidad de difusión

La séptima variable a la que se le aplica la ANOVA es la capacidad de difusión en sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-7.

Tabla A-7. Análisis de ANOVA de la capacidad de difusión en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	13,6693384	2,73386768	0,0110411
<b>Modo II</b>	5	14,4393857	2,88787714	0,03270175
<b>Modo III</b>	5	15,0438295	3,0087659	0,02090347
<b>Modo IV</b>	5	14,9063848	2,98127695	0,12623092

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de difusión en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	0,2307407	3	0,07691357	1,61179123	0,22598924	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,76350897	16	0,04771931			
<b>Total</b>	0,99424967	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la Hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

### 1.8 Análisis estadístico de la variable de capacidad de vinculación

La octava variable a la que se le aplica la ANOVA es la capacidad de vinculación en sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-8.

Tabla A-8. Análisis de ANOVA de la capacidad de vinculación en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	19,1494713	3,82989426	0,06380609
<b>Modo II</b>	5	19,9632441	3,99264882	0,00867409
<b>Modo III</b>	5	18,8420011	3,76840022	0,03536094
<b>Modo IV</b>	5	18,7250925	3,74501851	0,09051178

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de vinculación en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	0,18703671	3	0,06234557	1,25726563	0,32232372	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,79341158	16	0,04958822			
<b>Total</b>	0,98044829	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

1.9 Análisis estadístico de la variable de capacidad de apropiación

La novena variable a la que se le aplica la ANOVA es la capacidad de apropiación en sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-9.

Tabla A-9. Análisis de ANOVA de la capacidad de apropiación en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	13,2738201	2,65476401	0,00755111
<b>Modo II</b>	5	13,6987249	2,73974498	0,01417112
<b>Modo III</b>	5	12,4084943	2,48169885	0,01506296
<b>Modo IV</b>	5	13,6498417	2,72996833	0,05214512

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de apropiación en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	0,21393766	3	0,07131255	3,20757032	0,05136619	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,35572123	16	0,02223258			
<b>Total</b>	0,56965889	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

1.10 Análisis estadístico de la variable de capacidad de mercadeo

La décima variable a la que se le aplica la ANOVA es la capacidad de mercadeo de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-10.

Tabla A-10. Análisis de ANOVA de la capacidad de mercadeo en la CPA del aguacate

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	10,8850025	2,1770005	0,00942004
<b>Modo II</b>	5	12,5390781	2,50781562	0,01226118
<b>Modo III</b>	5	10,1498323	2,02996646	0,02848168
<b>Modo IV</b>	5	10,9015596	2,18031192	0,15735642

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en la capacidad de mercadeo en la CPA del aguacate

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	0,61158858	3	0,20386286	3,92952066	0,02813063	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,83007727	16	0,05187983			
<b>Total</b>	1,44166585	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

## 2. Análisis estadístico de los escenarios de política en la CPA de café

### 2.1 Análisis estadístico de la variable *stock de excedentes* acumulado del sistema

La primera variable a la que se le aplica la ANOVA es al *stock de excedentes* acumulados que se generan en las simulaciones. El resultado se presenta en las tablas A-11.

Tabla A-11. Análisis de ANOVA en el *stock de excedentes* acumulado en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	505901,58	101180,316	193953063
<b>Modo II</b>	5	497663,18	99532,636	218336272
<b>Modo III</b>	5	435442,9941	87088,59882	70730292,2
<b>Modo IV</b>	5	349300,8767	69860,17535	31923566,7

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en el *stock de excedentes* acumulado en la CPA del c

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	3142962638	3	1047654213	8,13801775	0,001621333	3,238871517
<b>Dentro de los grupos</b>	2059772775	16	128735798,5			
<b>Total</b>	5202735413	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 2.2 Análisis estadístico de empresas vivas en el sistema

La segunda variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de agentes que sobreviven en el sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-12.

Tabla A-12. Análisis de ANOVA de los agentes vivos en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	115	23	2
<b>Modo II</b>	5	190	38	11,5
<b>Modo III</b>	5	503	100,6	26,8
<b>Modo IV</b>	5	685	137	6,5

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de los agentes vivos en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	42859,35	3	14286,45	1221,0641	4.2623E-19	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	187,2	16	11,7			
<b>Total</b>	43046,55	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 2.3 Análisis estadístico de las oportunidades de mercado ocupadas

La tercera variable a la que se le aplica la ANOVA es a las oportunidad de mercado que son aprovechadas por los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-13.

Tabla A-13. Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OM en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	11322	2264,4	75719,3
<b>Modo II</b>	5	10363	2072,6	45401,3
<b>Modo III</b>	5	9033	1806,6	27304,3
<b>Modo IV</b>	5	10123	2024,6	30409,3

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de los agentes que aprovechan OM en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	530570,15	3	176856,717	3,95576946	0,027542158	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	715336,8	16	44708,55			
<b>Total</b>	1245906,95	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

## 2.4 Análisis estadístico de las oportunidades tecnológicas ocupadas

La cuarta variable a la que se le aplica la ANOVA es a las oportunidades tecnológicas que aprovechan los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-14.

Tabla A-14. Análisis de ANOVA de los agentes que aprovechan OT en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	748	149,6	898,3
<b>Modo II</b>	5	580	116	983,5
<b>Modo III</b>	5	548	109,6	194,8
<b>Modo IV</b>	5	548	109,6	194,8

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de los agentes que aprovechan OT en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	5513,6	3	1837,86667	3,23653547	0,050100557	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	9085,6	16	567,85			
<b>Total</b>	14599,2	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es menor al del F crítico se acepta la hipótesis nula, y se concluye que no hay diferencias estadísticas significativas.

## 2.5 Análisis estadístico de la capacidad de investigación

La quinta variable a la que se le aplica la ANOVA es a la acumulación de la capacidad de investigación de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-15.

Tabla A-15. análisis de ANOVA de la capacidad de investigación en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	5,23130435	1,04626087	0,05137945
<b>Modo II</b>	5	1,86323529	0,37264706	0,00576777
<b>Modo III</b>	5	1,21332008	0,24266402	0,00258652
<b>Modo IV</b>	5	1,57627737	0,31525547	0,10017441

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de investigación en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	2,07418908	3	0,69139636	17,2948369	2,8265E-05	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,63963262	16	0,03997704			
<b>Total</b>	2,71382169	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

## 2.6 Análisis estadístico de la capacidad de desarrollo

La sexta variable a la que se le aplica la ANOVA es a la acumulación de la capacidad de desarrollo de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-16.

Tabla A-16. Análisis de ANOVA de la capacidad de desarrollo en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	4,72086957	0,94417391	0,03457747
<b>Modo II</b>	5	2,52095588	0,50419118	0,01679793
<b>Modo III</b>	5	1,31789264	0,26357853	0,00325875
<b>Modo IV</b>	5	1,64919708	0,32983942	0,10743984

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de desarrollo en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	1,40860656	3	0,46953552	11,5881775	0,000275767	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,64829593	16	0,0405185			
<b>Total</b>	2,05690249	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 2.7 Análisis estadístico de la capacidad de difusión

La séptima variable a la que se le aplica la ANOVA es a la acumulación de la capacidad de difusión de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-17.

Tabla A-17. Análisis de ANOVA de la capacidad de difusión en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	13,8421739	2,76843478	0,28192728
<b>Modo II</b>	5	9,59834559	1,91966912	0,19597602
<b>Modo III</b>	5	8,76431412	1,75286282	0,05301808
<b>Modo IV</b>	5	7,43773723	1,48754745	0,12757324

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de difusión en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	4,59675957	3	1,53225319	9,30761243	0,000850886	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	2,6339785	16	0,16462366			
<b>Total</b>	7,23073808	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 2.8 Análisis estadístico de la capacidad de vinculación

La octava variable a la que se le aplica la ANOVA es a la acumulación de la capacidad de vinculación de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-18.

Tabla A-18. Análisis de ANOVA de la capacidad de vinculación en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	18,7347826	3,74695652	0,15574149
<b>Modo II</b>	5	10,1724265	2,03448529	0,1117207
<b>Modo III</b>	5	10,7740557	2,15481113	0,05628615
<b>Modo IV</b>	5	10,5318978	2,10637956	0,11511325

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de vinculación en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	10,2262126	3	3,40873755	31,0689068	6,60996E-07	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	1,75544641	16	0,1097154			
<b>Total</b>	11,981659	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 2.9 Análisis estadístico de la capacidad de apropiación

La novena variable a la que se le aplica la ANOVA es a la acumulación de la capacidad de apropiación de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-19.

Tabla A-19. Análisis de ANOVA de la capacidad de apropiación en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	17,7343478	3,54686957	0,08059531
<b>Modo II</b>	5	11,0196691	2,20393382	0,06677414
<b>Modo III</b>	5	8,10168986	1,62033797	0,0150757
<b>Modo IV</b>	5	11,4647445	2,29294891	0,06665399

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza de la capacidad de apropiación en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	9,86028835	3	3,28676278	57,3858567	8,77531E-09	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,91639661	16	0,05727479			
<b>Total</b>	10,776685	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.

### 3. Análisis estadístico de la capacidad de mercadeo

La décima variable a la que se le aplica la ANOVA es a la acumulación de la capacidad de mercadeo de los agentes del sistema en los cuatro escenarios simulados. El resultado se presenta en las tablas A-20.

Tabla A-20. Análisis de ANOVA de la capacidad de mercadeo en la CPA del café

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<b>Modo I</b>	5	11,2152174	2,24304348	0,07790482
<b>Modo II</b>	5	6,79191176	1,35838235	0,02803508
<b>Modo III</b>	5	3,26898608	0,65379722	0,00990662
<b>Modo IV</b>	5	3,44277372	0,68855474	0,02733498

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza en la capacidad de mercadeo en la CPA del café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	8,33885192	3	2,77961731	77,6529745	9,4343E-10	3,23887152
<b>Dentro de los grupos</b>	0,57272599	16	0,03579537			
<b>Total</b>	8,91157791	19				

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior debido a que el valor del F es mayor al del F crítico se acepta la hipótesis alterna, y se concluye que hay diferencias estadísticas significativas.



## SU OPINIÓN



Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos.

Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57)(4) 354 4565 o vía correo electrónico a [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)

Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, correo electrónico y número telefónico.

Esta obra se publicó en archivo digital en el mes de noviembre de 2019.



El texto "Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias: Análisis comparativo de las cadenas del café y el aguacate en Antioquia", propone un modelo que posibilita la identificación de cómo se evidencia la transferencia de tecnología en dos cadenas productivas representativas del departamento de Antioquia (café y aguacate), partiendo de su caracterización, proponiendo un modelo, validándolo y, por último, analizando los resultados frente a las políticas públicas de cada una de esas cadenas productivas. Este libro presenta dos panoramas muy diferentes pero reales de la actividad agrícola regional y, desde allí, se convierte en un instrumento para el modelamiento de la apropiación de tecnología en diferentes cadenas agropecuarias.

Este texto servirá a quienes estén interesados en entender el funcionamiento y realidades de las cadenas productivas abordadas en el marco de la transferencia de tecnología, y entender cómo las políticas públicas que, a través de los años se han promulgado, han servido o no para su promoción o impulso. Así mismo, posibilitará a la comunidad académica reconocer en el agro un espacio que requiere investigación de alto impacto.



ISBN: 978-958-764-755-6  
<https://repository.upb.edu.co/>

