



**Análisis de la capacidad de absorción como mecanismo endógeno
para el desarrollo de la transición explotación – exploración
en un Sistema de Innovación Agrícola**

Jaime Orlando Ruiz Pazos

Tesis doctoral presentada para obtener el título de
Doctor en Gestión de la Tecnología y la Innovación

Director

Luciano Gallón Londoño, PhD

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías y Escuela de Economía, Administración y Negocios

Doctorado en Gestión de la Tecnología y la Innovación

Medellín, Antioquia, Colombia

2026

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

A mi familia, con todo mi amor y gratitud.

Por haber caminado conmigo en cada paso de este largo proceso, compartiendo desvelos, alegrías y esperanzas. Gracias por su apoyo incondicional, por su paciencia y por ser la presencia serena que sostiene incluso en los días más difíciles.

De manera muy especial, dedico este logro a mi padre, cuya ausencia se siente y se transforma en presencia. Su ejemplo, su voz y su cariño permanecen en mi memoria como una luz que guía mis pasos. Sé que, donde esté, sonrío con orgullo al ver culminar este camino.

Y a la gente de este territorio, cuya sabiduría silenciosa y trabajo incansable dan forma a la vida cotidiana. A quienes, con sus manos, su esfuerzo y su amor por la tierra, nos enseñan que el conocimiento no solo se escribe: se siembra, se cultiva y se comparte. Son ustedes quienes, con su ejemplo, inspiran a la ciencia a mirar con humildad y compromiso los desafíos que brotan de la realidad viva de nuestros pueblos.

A todos ustedes, que han hecho parte de este viaje, gracias por ser raíz, horizonte y sentido.

Agradecimientos

Este trabajo es el resultado de un camino que no recorrí solo. A lo largo de este proceso he contado con el acompañamiento, el apoyo y la confianza de muchas personas e instituciones, a quienes quiero expresar mi más sincero agradecimiento.

A mi familia, por ser la base de todo, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por acompañarme en cada etapa de este proceso. Gracias por su fortaleza, por comprender mis ausencias y por compartir conmigo tanto los sacrificios como las alegrías que significan la culminación de este sueño.

A la Universidad de Nariño, mi casa académica y profesional, por brindarme el espacio, la motivación y el entorno propicio para crecer como docente e investigador. Su compromiso con el conocimiento, la región y el desarrollo humano ha sido fuente de inspiración constante.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, institución en la cual realicé mis estudios de doctorado, por ofrecer un ambiente de aprendizaje riguroso y humano, y por acompañar este proceso con excelencia académica y calidez institucional.

De manera muy especial, agradezco al Profesor Luciano Gallón, mi director de tesis, por su orientación, exigencia y confianza. Su guía sabia y generosa ha sido fundamental para dar forma y sentido a este trabajo.

Asimismo, mi reconocimiento y gratitud a los Profesores Juan Alejandro Cortés y John Fredy Escobar, miembros del comité tutorial, por sus valiosos aportes, sugerencias y acompañamiento constante, que contribuyeron significativamente al desarrollo de esta investigación.

Finalmente, a todos quienes, de una u otra manera, aportaron con su palabra, su tiempo, su conocimiento o su amistad: muchas gracias. Cada gesto de apoyo, cada conversación y cada enseñanza forman parte esencial de este logro que hoy se materializa.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Marco teórico	15
Metodología	43
Resultados	63
Discusión	143
Conclusiones e implicaciones	151
Referencias	158

Lista de tablas

Tabla 1 Investigaciones sobre ambidestreza.....	24
Tabla 2 Estudios sobre capacidad de absorción.....	35
Tabla 3 Estudios sobre capacidad de absorción en las IES	37
Tabla 4 Comparación de los diferentes enfoques de modelación	41
Tabla 5 Fases metodológicas de la investigación.....	46
Tabla 6 Indicadores de la capacidad de absorción	87
Tabla 7 Matriz de operacionalización capacidad de adquisición.....	90
Tabla 8 Matriz de operacionalización capacidad de asimilación.....	95
Tabla 9 Matriz de operacionalización capacidad de transformación	99
Tabla 10 Matriz de operacionalización capacidad de explotación.....	101
Tabla 11 Variables del sistema y sus influencias.....	109
Tabla 12 Métricas de comparación Producción de conocimiento científico y tecnológico vs Generación de productos científicos y tecnológicos	122
Tabla 13 Ecuaciones de las variables auxiliares	123
Tabla 14 Ecuaciones de las variables de flujo	125
Tabla 15 Ecuaciones de las variables de nivel.....	125
Tabla 16 Parámetros del sistema.....	126
Tabla 17 Descripción de escenarios	128

Lista de figuras

Figura 1 Ciclo de descubrimiento de Nootebomm.....	27
Figura 2 Modelo de capacidad de absorción.....	30
Figura 3 Marco de análisis.....	39
Figura 4 Distribución porcentual de grupos de investigación de las IES en el departamento de Nariño	50
Figura 5 IDIC departamento de Nariño.....	51
Figura 6 Ilustración del procesamiento y articulación de la información recolectada.....	60
Figura 7 Esquema integrador de los resultados de investigación	64
Figura 8 Diagrama de lazos causales.....	105
Figura 9 Diagrama de Forrester	107
Figura 10 Respuesta del modelo después de la calibración inicial	115
Figura 11 Respuesta del modelo ante situaciones extremas	116
Figura 12 Respuesta del modelo ante situaciones extremas	117
Figura 13 Respuesta del modelo ante situaciones extremas	118
Figura 14 IDIC y Desarrollo innovador del SIA.....	119
Figura 15 Producción de conocimiento científico y tecnológico y Generación de productos científicos y tecnológicos.....	121
Figura 16 Escenarios para la capacidad de adquisición	129
Figura 17 Escenarios para la capacidad de asimilación	131
Figura 18 Escenarios para Generación de productos científicos y tecnológicos	133
Figura 19 Escenarios para Desarrollo innovador del SIA	135
Figura 20 Prueba de sensibilidad variando todos los coeficientes.....	139
Figura 21 Prueba de sensibilidad variando coeficiente A	140
Figura 22 Prueba de sensibilidad variando el coeficiente B.....	141
Figura 23 Prueba de sensibilidad variando el coeficiente C.....	142

Siglas, acrónimos y abreviaturas

IDIC	Índice de innovación para Colombia
IES	Institución de educación superior
NDCAC	Nivel de desarrollo de la capacidad de adquisición de conocimiento
NDCAsC	Nivel de desarrollo de la capacidad de asimilación de conocimiento
NDCEC	Nivel de desarrollo de la capacidad de explotación de conocimiento
NDCTC	Nivel de desarrollo de la capacidad de transformación de conocimiento
OC y T	Observatorio colombiano de ciencia y tecnología
SIA	Sistema de innovación agrícola
TF	Teoría fundamentada

Resumen

Esta investigación analiza la capacidad de absorción como mecanismo endógeno para dinamizar la transición explotación–exploración en un sistema de innovación agrícola, tomando como caso la cadena de cafés especiales en Nariño, Colombia. A partir del enfoque de Zahra y George (2002), se adaptan sus dimensiones (adquisición, asimilación, transformación y explotación) a la gestión del conocimiento en una institución de educación superior articulada al sector agrícola regional.

Se adoptó un enfoque mixto. En la fase cualitativa se realizaron 29 entrevistas semiestructuradas a investigadores, caficultores y habilitadores institucionales, con el fin de identificar factores externos, institucionales y personales que inciden en la capacidad de absorción. Posteriormente, se desarrolló un modelo de dinámica de sistemas en Vensim, calibrado con datos del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, que permitió simular escenarios y analizar dinámicas no lineales entre las dimensiones.

Los resultados evidencian que la capacidad de absorción es un constructo complejo y situado, donde la motivación ética y territorial de los investigadores, junto con la docencia, actúan como activadores poco visibilizados. Asimismo, la transferencia de conocimiento y los mecanismos de integración social emergen como factores críticos para evitar círculos viciosos y promover dinámicas virtuosas. El modelo confirma que cambios incrementales son insuficientes y que se requieren intervenciones integrales y sostenidas.

En conclusión, el estudio amplía el marco conceptual, aporta indicadores y demuestra que fortalecer la transferencia y la integración social es clave para promover el ambidiestrismo y la innovación agrícola con impacto territorial.

Palabras clave: capacidad de absorción, sistema de innovación agrícola, dinámica de sistemas, modelamiento computacional

Abstract

This research analyzes absorptive capacity as an endogenous mechanism to drive the exploitation-exploration transition in an agricultural innovation system, using the specialty coffee value chain in Nariño, Colombia, as a case study. Based on the approach of Zahra and George (2002), its dimensions (acquisition, assimilation, transformation, and exploitation) are adapted to knowledge management in a higher education institution linked to the regional agricultural sector.

A mixed-methods approach was adopted. In the qualitative phase, 29 semi-structured interviews were conducted with researchers, coffee growers, and institutional facilitators to identify external, institutional, and personal factors that influence absorptive capacity. Subsequently, a systems dynamics model was developed in Vensim, calibrated with data from the Colombian Observatory of Science and Technology, which allowed for the simulation of scenarios and the analysis of nonlinear dynamics between the dimensions.

The results show that absorptive capacity is a complex and situated construct, where researchers' ethical and territorial motivations, along with teaching, act as often overlooked activators. Likewise, knowledge transfer and social integration mechanisms emerge as critical factors for preventing vicious cycles and promoting virtuous dynamics. The model confirms that incremental changes are insufficient and that comprehensive and sustained interventions are required.

In conclusion, the study expands the conceptual framework, provides indicators, and demonstrates that strengthening knowledge transfer and social integration is key to promoting ambidexterity and agricultural innovation with territorial impact.

Keywords: absorptive capacity, agricultural innovation system, system dynamics, computational modeling

Introducción

El Departamento de Nariño, ubicado al suroccidente de Colombia, constituye un territorio diverso en lo geográfico, cultural y productivo, con una marcada ruralidad (55,98 % de su población habita en zonas rurales) y una fuerte vinculación con prácticas agrícolas tradicionales (DANE, 2025a). Aunque enfrenta desafíos estructurales como la pobreza (NBI del 21,98 %) y la limitada participación en el PIB nacional (1,48 %), la región posee una rica tradición organizativa y comunitaria que ha facilitado procesos de cooperación territorial. En este escenario, la cadena productiva de cafés especiales se ha consolidado como un sistema de innovación agrícola (SIA) clave, donde confluyen caficultores, instituciones públicas, gremiales y académicas en procesos de experimentación, aprendizaje y adaptación tecnológica. La transición hacia esquemas de mayor valor agregado, impulsada por estos actores, convierte al café en un campo privilegiado para analizar cómo se construyen dinámicas de innovación en territorios periféricos.

En este contexto, la universidad aparece como un actor estratégico, aunque su relación con el sector agrícola sigue siendo débil y fragmentada. Persisten tensiones entre la producción de conocimiento científico y la transferencia efectiva de resultados, así como entre la autonomía académica y la dependencia de financiamiento externo. Además, se observan vacíos en las políticas de protección de la propiedad intelectual y en los mecanismos de apropiación social del conocimiento, lo que limita la contribución de las instituciones de educación superior (IES) al desarrollo regional. Este panorama plantea la necesidad de repensar cómo las universidades desarrollan sus capacidades para interactuar con el entorno productivo y social, y cómo dichas capacidades pueden contribuir a superar las tensiones que obstaculizan la innovación agrícola.

El concepto de capacidad de absorción, introducido por Cohen y Levinthal (1990) y posteriormente ampliado por Zahra y George (2002), ofrece un marco idóneo para abordar este reto. Originalmente formulado para explicar la innovación empresarial, el concepto se ha aplicado a diversos sectores y, más recientemente, a las IES, aunque la literatura que lo vincula específicamente con sistemas agrícolas sigue siendo escasa. La elección del modelo de Zahra y George responde a su carácter dinámico y a la posibilidad de articular sus dimensiones (adquisición, asimilación, transformación y explotación) con el ciclo de descubrimiento (Gilsing & Nooteboom, 2006), de manera que se comprendan los procesos de transición entre explotación y exploración en un SIA. La investigación adapta este marco al ámbito universitario, reconociendo

la necesidad de ajustar cada dimensión a los propósitos de la gestión del conocimiento en una IES vinculada a un sistema agrícola regional.

En este sentido, el estudio busca responder la pregunta: ¿Qué dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción desde la perspectiva de Zahra y George (2002) potencializan la transición explotación–exploración en un SIA? La hipótesis que orienta la investigación plantea que, si se identifican dichas dinámicas, se obtendrán mecanismos endógenos para promover la transición explotación–exploración y, con ello, el ambidiestrismo en un SIA.

El aporte de este trabajo se expresa en tres niveles. En el plano conceptual, visibiliza motivaciones éticas y territoriales de la investigación agrícola y amplía el modelo de Zahra y George a contextos rurales y universitarios. En el nivel metodológico, propone indicadores que integran dimensiones usualmente invisibilizadas en la medición de la capacidad de absorción y utiliza la dinámica de sistemas como herramienta para comprender la complejidad de los procesos de gestión del conocimiento. Finalmente, en el nivel prospectivo, ofrece evidencia de que la transferencia de conocimientos y los mecanismos de integración social son puntos críticos para que la capacidad de absorción universitaria dinamice la transición explotación–exploración en el sector agrícola.

De esta forma, la investigación no solo contribuye al debate académico sobre la capacidad de absorción, sino que también proporciona insumos estratégicos para la política pública y la gestión institucional, con miras a fortalecer el papel de las universidades en la construcción de sistemas agrícolas más competitivos, sostenibles y equitativos.

1.1 Problema de investigación

La transición explotación – exploración para el desarrollo del ambidiestrismo en un SIA es necesaria cuando las adaptaciones incrementales son insuficientes ante los desafíos que señala un nuevo contexto. Las estructuras funcionales y las prácticas productivas existentes entran en crisis, presentan dificultades, inconsistencias y menores rendimientos. Se requiere el desarrollo y la prospección de nuevas combinaciones conducentes a una reestructuración para proporcionar un cambio arquitectónico radical.

La exploración de nuevas combinaciones implica la transformación de los viejos sistemas de explotación que ya no son consistentes con la novedad emergente. Se puede lograr mediante la

experimentación con elementos novedosos adoptados del contexto, que inspira la visualización de nuevas potencialidades y el cuestionamiento de las prácticas establecidas a través de otras estructuras que combinan elementos antiguos y nuevos.

En esta investigación se propone analizar la capacidad de absorción como un mecanismo endógeno del SIA para desarrollar la transición explotación-exploración y contribuir con el ambidiestrismo. Mediante un modelo computacional y con base en el modelo presentado por Zahra y George (2002) se estudiará la interacción entre los componentes y factores internos y externos para determinar en qué condiciones la capacidad de absorción proporciona nuevas potencialidades que contribuyan al desarrollo de la transición explotación – exploración en el SIA.

1.2 Pregunta de investigación

¿Qué dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción desde la perspectiva de Zahra y George (2002) potencializan la transición explotación – exploración en un SIA?

1.3 Hipótesis de investigación

Si se identifican las dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción, se obtendrán mecanismos endógenos para desarrollar la transición explotación-exploración que permitan promover el ambidiestrismo en un Sistema de Innovación Agrícola.

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar la capacidad de absorción como mecanismo endógeno para desarrollar la transición explotación-exploración en un SIA, mediante el estudio de las dinámicas de interacción entre los componentes y factores presentados en el modelo de Zahra y George (2002).

1.4.2 Objetivos específicos

Caracterizar los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción según el modelo de Zahra y George (2002) en un Sistema de Innovación Agrícola

Establecer los indicadores que permitan identificar y evaluar los componentes de la capacidad de absorción de acuerdo con el modelo de Zahra y George (2002), que contribuyan a la transición explotación – exploración en un SIA.

Desarrollar un modelo computacional que permita analizar las dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción para el desarrollo del ambidiestrismo en un SIA

Marco teórico

2.1 Sistemas de innovación

La innovación es un proceso que a lo largo de la historia ha demostrado su capacidad para promover cambios económicos y desarrollo productivo en la sociedad. Una innovación es cualquier modificación novedosa y significativa en el producto o proceso (R. R. Nelson & Winter, 1977). En el Manual de Oslo se establece que la innovación es la introducción en el mercado de un producto, bien o servicio nuevo o significativamente mejorado, o la incorporación en las rutinas de la empresa, la estructura organizativa del lugar de trabajo o la implementación de un nuevo método de comercialización u organizativo (OCDE, 2007).

La innovación no es solo un asunto que atañe a organizaciones empresariales. Una entidad pública o privada, un sector, una región o una nación son ejemplos de unidades organizacionales cuyo desarrollo y evolución se puede sustentar en la introducción de nuevos productos y/o procesos, estructuras de mercado o métodos organizativos porque son generadores determinantes de grandes cambios. Las diversas unidades organizacionales gracias a la innovación pueden ser productivas, rentables a lo largo del tiempo, social y ambientalmente responsables y viables contribuyendo de esta manera a aumentar la calidad de vida del conjunto de la sociedad (Robledo Velásquez, 2017).

La innovación está ligada a la búsqueda, la experimentación, el descubrimiento, el desarrollo, la imitación y adopción de novedosos productos, procesos, modelos organizativos, configuraciones, ideas y habilidades. La innovación solo adquiere relevancia cuando se aplica en procesos sociales o productivos, no necesariamente surge de la ciencia y la investigación, sino que se desarrolla también a partir de procesos de aplicación y mejora gradual para los usuarios que se puede llevar a cabo por profesionales, desde el trabajo en red con otros actores, líderes del conocimiento y científicos (Hartwich & Negro, 2010).

Más allá de las invenciones y su aplicación individual la innovación responde a la dinámica social compleja y la interacción de múltiples actores (individuos, productores, consumidores, organizaciones civiles, empresas, etc.), instituciones publico/privadas (de investigación, de gobierno, de control, etc.), diseñadores y ejecutores de política pública, etc., (Burt, 1987; Granovetter, 1978; Tsai & Ghoshal, 1998). Es un proceso complejo, dinámico, multicausal, sus

resultados son inciertos, no se pueden generalizar y son muy poco predecibles en el espacio y en el tiempo (Robledo Velásquez, 2017).

La generación de dinámicas de innovación en una sociedad requiere de la formulación de políticas, estrategias y planes de acción que promuevan la acción articulada del conjunto de actores claves a través del aprendizaje colectivo, que estimulen el desarrollo de las capacidades en ciencia y tecnología (Robledo Velásquez, 2017) y que favorezcan la acción innovadora y la negociación de intereses en los diferentes niveles de la sociedad (Schut et al., 2015).

Con base en la Teoría General de Sistemas, se ha desarrollado el enfoque de sistemas de innovación (SI), que ha sido muy útil para el estudio del fenómeno de la innovación, ha permitido mayor comprensión del rol que juegan los actores, de las dinámicas que se generan por cuenta de las interacciones entre ellos, de los procesos de aprendizaje y las funciones que se desarrollan en un escenario determinado (Gilbert et al., 2001) y ha facilitado la enunciación de políticas en este campo, sin embargo, aún no es una teoría formal que permita establecer proposiciones concretas con respecto a relaciones de causalidad entre variables específicas, por lo que no se podría establecer un modelo que explique claramente las condiciones de operación del fenómeno (Edquist, 2004).

De esta manera, se entiende que un SI está conformado por los componentes que más influyen en el desarrollo, difusión y uso de la innovación sean ellos de tipo económico, social, organizativo o institucional. Las relaciones que se forjan entre los componentes del SI desempeñan una determinada función, se enmarcan en ciertos límites o fronteras que los distingue del resto del entorno (Edquist & Rigby, 2005). El sistema debe distinguir su alcance interno y externo, debe establecer su interacción con el entorno y debe tener la capacidad de reproducir su estructura básica (Bathelt, 2003).

La visión de un SI como un conjunto de elementos que tienen ciertas características y están sujetos a un entorno específico posibilita desarrollar descripciones simplificadas, sencillas y aplicar metodologías de abstracción para disgregar componentes y establecer relaciones que permitan guiar un propósito de estudio que permita una mayor comprensión de los procesos de innovación, los factores determinantes y evaluar sus consecuencias (Robledo Velásquez, 2017).

Los SI se pueden abordar desde diferentes niveles que permitan establecer límites en concordancia con los propósitos de estudio. Estos límites se pueden identificar a nivel espacial, geográfico, sectorial o funcional (Edquist, 2001); de manera más específica en relación con las

actividades que son determinantes de la innovación (Liu & White, 2001); también alrededor de las funciones específicas que se desarrollan en el marco de los SI (Bergek et al., 2006; Hekkert et al., 2007; Johnson, 2001) o asociado a una tecnología o sector (Carlsson et al., 2002a).

2.1.1 Sistemas de innovación agrícola

El enfoque de SI se ha constituido en una herramienta muy valiosa para abordar los problemas del sector agrícola, los cuales se reconocen por su complejidad en tanto implican la interacción de múltiples dimensiones (económicas, sociales, tecnológicas, culturales, biofísicas, políticas e institucionales) (Schut et al., 2014); están integradas en dinámicas a diferentes niveles (nacional, regional, local, etc.,) (Giller et al., 2008) y existen múltiples actores y partes interesadas (Funtowicz & Ravetz, 1993).

La innovación agrícola es un proceso co-evolutivo, se deben considerar factores adicionales como la política, las normas, la infraestructura, la financiación y el desarrollo del mercado. Además de la producción y el intercambio de conocimientos es necesario de manera simultánea el cambio tecnológico, social, económico e institucional. No se trata únicamente de adoptar nuevas tecnologías, se requiere balancear nuevas prácticas, técnicas y formas alternativas de organización (Klerkx et al., 2012).

La innovación agrícola ha transcurrido por diferentes etapas a través de la historia, la manera como se ha concebido la política de innovación y como las instituciones han asumido su papel impulsor del proceso innovador ha determinado ciertas características a lo largo del tiempo que a continuación se describen:

2.1.1.1 Transferencia de tecnología y sistemas nacionales de innovación. En esta etapa el proceso de difusión juega un papel determinante en tanto permite que los agricultores conozcan las nuevas tecnologías, sus características y ventajas a partir de lo cual pueden tomar la decisión de adoptarlas (Rogers, 1995). El contexto institucional y político se considera un factor externo que influye en la adopción de tecnologías por parte de los campesinos

2.1.1.2 Investigación de sistemas agrícolas. Surge en respuesta a las limitaciones y efectos indeseables que genera un proceso lineal de transferencia de tecnología, en esta etapa se propicia

una relación más estrecha entre científicos y agricultores quienes participan conjuntamente en la búsqueda y diseño de soluciones tecnológicas (Norman, 2002; Pant & Hambly-Odame, 2009). El objetivo es mejorar el rendimiento de los cultivos y la productividad con una visión integral que tenga en cuenta aspectos como la equidad social y protección de los recursos naturales (Dedieu et al., 2009).

2.1.1.3 Conocimiento agrícola y sistemas de innovación (AKIS). Este concepto a diferencia de los modelos lineales de innovación involucra a otros actores como las organizaciones agrícolas y/o los propios agricultores. A través de la gestión del conocimiento entre ellos surgen alternativas de solución a los problemas y se toman decisiones conjuntas en el ámbito de un país o una región (Röling, 2009).

2.1.1.4 Sistemas de innovación agrícola (SIA). El concepto surge paralelo a AKIS (Assefa et al., 2009; Pant & Hambly-Odame, 2009), influenciado por las ideas de Sistemas Nacionales de Innovación desarrolladas por Lundvall(1992) y aplicadas por Andy Hall y sus colegas en el sector agrícola (Hall et al., 2001, 2006). Los SIA constituyen una red de organizaciones, empresas e individuos que interactúan a través de la gestión del conocimiento y son influenciados por las instituciones y políticas para la generación de nuevos productos, procesos o formas organizativas (Hall et al., 2006).

Los enfoques SIA y AKIS se han vinculado cada vez más a las políticas agrícolas y de uso de la tierra para apoyar y lograr las transformaciones en términos de producción agrícola y manejo de la tierra asociado a los problemas de gestión. Por ejemplo, en la Unión Europea el enfoque AKIS está asociado a la política agrícola común (Brunori et al., 2013; Knierim et al., 2015) y el enfoque SIA se ha incluido en las recomendaciones de políticas para abordar asuntos relacionados con la agricultura y cuestiones de uso de la tierra en países como Australia y Nueva Zelanda (Robertson et al., 2016; Turner et al., 2017).

El enfoque SIA surge a partir de las actividades de investigación, es más explícita la influencia de las instituciones de investigación, entidades e infraestructura de aprendizaje e innovación. Tiene un mayor alcance frente a las complejidades de la innovación (actores, procesos e interacciones), sus principales desafíos hacen referencia a: seguridad alimentaria, creciente

empobrecimiento de pequeños agricultores, efectos del calentamiento global, agotamiento de recursos naturales (Klerkx et al., 2012).

2.1.2 Propiedades de los sistemas de innovación agrícola

Desde la Teoría General de Sistemas se establece que un sistema se constituye por un conjunto de componentes que se relacionan entre sí y trabajan por un objetivo común, en este sentido un SIA tiene componentes, relaciones y atributos (Carlsson et al., 2002b).

Los componentes son las partes operativas de un sistema, pueden ser de diferentes tipos: actores u organizaciones (individuos, empresas comerciales, bancos, universidades, institutos de investigación y agencias de políticas públicas); artefactos físicos o tecnológicos disponibles (carreteras, sistemas de comunicaciones, sistemas de energía eléctrica, etc.) finalmente las instituciones que se expresan a través de las leyes y normas de regulación, normas sociales y tradiciones (Carlsson et al., 2002a; Wieczorek & Hekkert, 2012).

Las relaciones son los enlaces entre componentes, esos vínculos afectan el comportamiento y las propiedades de cada componente y en consecuencia al conjunto entero. Cada componente está influenciado por al menos otro componente del sistema, razón por la cual dentro del sistema no se pueden establecer subconjuntos independientes (Blanchard & Fabrycky, 1990).

Además, si un componente se elimina de un sistema o si sus características cambian, los otros componentes en el sistema alterarán sus características (Hughes P, 1987) y las relaciones entre ellos también pueden cambiar, siempre que el sistema sea robusto. Un sistema no robusto simplemente colapsaría, si un componente esencial fuera eliminado. Por tanto, una función que es llevada a cabo por un conjunto particular de actores en formas específicas puede ser llevado a cabo por otro conjunto de actores y bajo diferentes arreglos en un sistema similar en un momento diferente o en un lugar diferente (Carlsson et al., 2002b).

Las relaciones entre componentes de un SI se dan en el contexto del mercado y también por fuera del mercado. Cuando en esas relaciones se configuran circuitos de retroalimentación (interacción) los sistemas son dinámicos, por el contrario, cuando no hay interacción el sistema es estático. Cuanto mayor sea la interacción el sistema será más dinámico, sin embargo, un sistema altamente dinámico puede no ser capaz de sobrevivir, a menos que evolucione en la dirección correcta (Carlsson et al., 2002b).

Los atributos son las particularidades de los componentes y sus relaciones; ellos caracterizan el sistema (Hughes P, 1987). En otras palabras, las características que son determinantes para comprender el sistema están asociadas a la función o el propósito que se cumple, así como las dimensiones en las que se analiza. Teniendo en cuenta que la función de un SI es generar, difundir y utilizar tecnología una característica clave del sistema son sus capacidades (Carlsson et al., 2002b).

2.2 Capacidades

El conjunto de habilidades o aptitudes que una organización ha desarrollado a lo largo del tiempo para combinar, coordinar y utilizar los recursos en función de realizar sus actividades productivas con mayor eficiencia, constituyen las capacidades (Penrose, 1959; Quintero et al., 2019). Se expresan a través de diferentes procesos en función de los objetivos establecidos y que generan riqueza (Renard & St-Amant, 2003). La gestión del conocimiento, el aprendizaje colectivo, facilitan el desarrollo de actividades mediante la coordinación y aplicación de las habilidades de los individuos que hacen parte de la organización sobre los recursos disponibles, genera resultados diferenciadores que son la manifestación de las capacidades adquiridas (Grant, 1991).

Las capacidades se construyen a través de prácticas, rutinas o procesos utilizados para crear, movilizar y reconfigurar arreglos de recursos y capacidades. Los recursos son artefactos financieros y físicos tangibles, así como institucionales (incentivos para la innovación, derechos de propiedad intelectual, subsidios, etc.) utilizados en el proceso de innovación (Musiolik et al., 2012). Se consideran tres capacidades distintas: la capacidad de innovación, la capacidad de adaptación y la capacidad de absorción (Boly et al., 2014). La combinación correcta de estas capacidades en la cantidad adecuada (Boly et al., 2014; Hall, 2005) es lo que constituye la capacidad del sistema (Turner et al., 2017).

A continuación, se hace una detallada descripción de las capacidades de innovación y las capacidades de absorción que constituyen el marco teórico central para el desarrollo de esta propuesta investigativa.

2.2.1 Capacidades de innovación

Las capacidades de innovación (en adelante CI) hacen referencia a los procesos de explotación y exploración de oportunidades para innovar (Smart et al., 2007), facilitan y apoyan la innovación tecnológica y sus estrategias de desarrollo e incluyen un amplio conjunto de características (Burgelman et al., 2004) asociadas a la organización, la estrategia, la gestión del conocimiento, el mercadeo, la difusión, etc. Las CI constituyen un activo especial, tácito y no modificable, ligadas estrechamente con experiencias internas y la asimilación de experiencias externas. Las CI son el insumo para un proceso de innovación exitoso, permiten aprovechar de la mejor manera la variedad de activos y recursos de los que dispone una organización (Sen & Egelhoff, 2000).

El desarrollo de las CI se considera un factor clave para proporcionar y sostener la competitividad en un escenario de intensa competencia, altamente dinámico y donde las ventajas de ubicación y dotación de recursos son cada vez menos obvias (Baden-fuller, 1995; Conner, 1991). La innovación permite ofrecer una mayor variedad de productos novedosos, inimitables y diferenciados, por lo que se constituye en un factor que influye positivamente en el desempeño de la organización (Barney, 1991; Zahra et al., 2000). Con el propósito de mantener y mejorar la competitividad las CI deben ser acumulativas y en permanente evolución lo que implica mantener una inversión significativa en recursos (Hitt et al., 1997).

Cualquier sector de la economía necesita potencializar, de manera continua, las CI para mejorar el desempeño innovador y obtener ventajas competitivas para el sostenimiento organizacional. Potencializar las CI requiere adquirir nuevos conocimientos desde diferentes fuentes y en función de los desafíos que propone el contexto (Porter, 1990). Para alcanzarlas y mantenerlas debe haber un proceso de identificación y desarrollo acorde al tipo de actividad, los objetivos y los planes estratégicos de la organización (Serrano & Robledo, 2013).

Las CI y los recursos también son un factor diferenciador entre las organizaciones y permiten establecer la identidad organizacional que generalmente se expresa en la declaración misional, de esta manera organizaciones de la misma naturaleza pueden establecer heterogeneidad a partir de las diferencias en cuanto a capacidades y recursos lo que explicaría las variaciones en términos de desempeño (Barney, 1991).

Los recursos hacen referencia al conjunto de factores que dispone la organización sobre los que tiene control (Amit et al., 1993) se clasifican en recursos tangibles, aquellos que son fácilmente identificables y valorables a través de los estados financieros tradicionales y recursos intangibles que son aquellos que se basan en información y contienen un alto grado de conocimiento tácito, como por ejemplo los recursos humanos (Grant, 1996) y el capital organizacional.

El capital humano está asociado a las capacidades de los miembros de una organización donde se tiene en cuenta sus conocimientos, experiencia y habilidades en función de generar productividad y desarrollo. El capital organizacional permite la toma de decisiones y por tanto facilita el funcionamiento de una organización, se relaciona con los procesos, la estructura y la cultura organizativa. El capital humano y organizacional son los principales factores diferenciadores, a cada organización le impregnan su carácter idiosincrático en función de sus particularidades (Diaz, 2009).

Los recursos y las capacidades son factores estrechamente ligados en la gestión empresarial u organizacional. Para desarrollar capacidades se requiere de recursos, es imposible generar capacidades si los recursos no están disponibles, por otro lado, los recursos por si solos no son útiles, son improductivos, se requiere gestionarlos y combinarlos de manera adecuada para lograr la competitividad. Una notable diferencia entre recursos y capacidades es que mientras los primeros están sujetos a desgaste por uso y se pueden reemplazar las capacidades se perfeccionan, son acumulativas y no se pueden sustituir fácilmente (Grant, 1991).

Muchos investigadores (Cao, 2009; Klerkx & Begemann, 2020; Laureiro-Martínez et al., 2015; March, 1991; Turner et al., 2017; Tushman, 1996) coinciden en la necesidad de potenciar la capacidad de innovación mediante un adecuado equilibrio entre las actividades de exploración y explotación del conocimiento, es lo que se conoce como la capacidad ambidiestra (Andriopoulos, 2009; J. Jansen, 2005), favorece la evolución de cualquier organización y contribuye también al desempeño innovador y la co-evolución de un SI.

2.2.2 Capacidad ambidiestra

La ambidestreza es una capacidad organizativa que implica la realización simultánea de actividades de explotación y exploración del conocimiento (He & Wong, 2004). Tushman y O'Reilly (1996) la definen como el compromiso entre explotación y exploración. La explotación

del conocimiento se enfoca en los refinamientos y extensiones de la producción central y procesos existentes, es decir a la innovación incremental y la exploración del conocimiento conduce al desarrollo y prospección de nuevas oportunidades que apuntan a la innovación radical (Cao, 2009; He & Wong, 2004; March, 1991)

Lo que es necesario destacar aquí es que la ambidestreza representa un dilema debido a que las actividades de aprendizaje exploratorio y explotatorio son de naturaleza diferencial y complementaria. Ambas se basan en procesos contradictorios porque compiten por los mismos recursos, pero requieren de habilidades y rutinas diferentes (E. Smith & Umans, 2015; W. K. Smith & Tushman, 2005); este argumento representa el punto de vista de la diferenciación, sin embargo, los beneficios de las dos actividades son complementarios y este argumento representa la visión de integración (Gibson & Birkinshaw, 2004)

La ambidestreza es un tema que ha despertado el interés de los investigadores porque se considera que lograr la ambidestreza organizacional mediante la búsqueda simultánea de exploración y explotación es una paradoja fundamental para el éxito a largo plazo y difícil de obtener (Cao, 2009; He & Wong, 2004; Laureiro-Martínez et al., 2015; Levitt & March, 1988; March, 1991; Tushman, 1996). La investigación en su esfuerzo para identificar las formas de manejar esta paradoja ha ganado prominencia en la literatura sobre ambidestreza (Lin et al., 2013; Wei et al., 2014)

Las organizaciones que son capaces de mantener un equilibrio adecuado entre las actividades de exploración y explotación aumentan sus niveles de desempeño y se conocen como ambidextras. La ambidestreza organizacional permite mantener la innovación incremental e incursionar en la innovación radical lo que le brinda mayor adaptabilidad al entorno cambiante, por ello su importancia para el éxito a largo plazo (Wei et al., 2014). Desarrollar la ambidestreza es posible tanto en organizaciones públicas (Brix, 2017; Choi & Chandler, 2015; Palm & Lilja, 2017) como privadas (Benner & Tushman, 2001; Hoang & Rothaermel, 2010; Uotila et al., 2009).

En un SIA, donde existen múltiples actores, individuales o a través de organizaciones interdependientes que interactúan y co-evolucionan, también es necesario equilibrar la explotación de las capacidades de innovación existentes y la exploración y creación de nuevas configuraciones de recursos y capacidades para de esta manera responder ante las circunstancias emergentes (Turner et al., 2017). Se requiere la evaluación permanente del SIA en términos de si se tiene la combinación adecuada de capacidades o si debiera experimentar cambios en las combinaciones de

capacidades a nivel individual y/o organizacional (Davies & Brady, 2016; Pérez Perdomo et al., 2017; Stadler et al., 2014).

Los agricultores en un SIA participan de diversas maneras para configurar sus redes de apoyo, algunas de ellas se denominan redes abiertas y otras son las redes cerradas, ambas tienen sus ventajas y desventajas (Rooks et al., 2012; Ter Wal et al., 2016). Las redes abiertas involucran una gran diversidad de actores, pero con débiles lazos de confianza, permite el acceso a nuevos conocimientos y por tanto promueven la exploración; las redes cerradas constituidas por actores más homogéneos, con lazos fuertes de confianza y reglas bien establecidas permiten el aprendizaje mutuo sobre la gestión agrícola, el desarrollo incremental de las tecnologías y las prácticas existentes, promoviendo de esta manera las actividades de explotación (Cofré-Bravo et al., 2019).

Tabla 1
Investigaciones sobre ambidestreza

Enfoque de análisis	Autores
Asignación de recursos	(Atuahene-Gima & Murray, 2007; Cao, 2009; Gupta et al., 2006; J. J. P. Jansen et al., 2012; March, 1991; Wei et al., 2014)
Factores contextuales que facilitan la ambidestreza, como la cultura, los valores, la visión, los incentivos y los procesos	(Markides, 2013; O' et al., 2011)
Las condiciones del mercado pueden afectar la asignación de recursos para exploración o explotación	(Menguc & Auh, 2008)
Ambidestreza estructural, se refiere a la decisión de separar el trabajo de exploración y explotación en diferentes estructuras	(Andriopoulos, 2009)
Ambidestreza secuencial, se refiere al proceso de transición de un estado a otro, por ejemplo, mediante la implementación de programas de gestión del cambio	(O'Reilly & Tushman, 2013; Raisch et al., 2009)

Se han desarrollado investigaciones que indagan sobre diferentes alternativas para desarrollar y promover las acciones de exploración y de explotación buscando opciones para resolver los dilemas que se presentan teniendo en cuenta la importancia que tiene para el desarrollo y evolución de una organización en el corto y largo plazo la gestión de la ambidestreza. En la Tabla

1 se muestran algunas de las investigaciones realizadas sobre el tema desde el punto de vista de las empresas.

La perspectiva de la asignación de recursos ha sido uno de los enfoques que registra la literatura sobre ambidestreza (Atuahene-Gima & Murray, 2007; Cao, 2009; Gupta et al., 2006; J. P. Jansen et al., 2012; March, 1991; Wei et al., 2014), propuesto para manejar el intercambio entre exploración y explotación. El supuesto de escasez de recursos ha sido una de las lógicas centrales para argumentar que la explotación y la exploración son incompatibles (Gupta et al., 2006). March (1991) argumenta que la explotación y la exploración compiten por recursos escasos, por lo que la empresa debe equilibrar los niveles relativos de explotación y exploración o encontrar el punto adecuado del tránsito explotación - exploración y viceversa donde los recursos escasos se asignan de manera óptima (Gupta et al., 2006).

Los factores contextuales, como la cultura, los valores, la visión, los incentivos y los procesos también han sido objeto de estudio como facilitadores de la ambidestreza (Markides, 2013; O' et al., 2011). Se afirma que los factores contextuales crean un ambiente que apoya los comportamientos ambidiestros individuales por lo que la exploración y la explotación son procesadas de manera simultánea por las mismas estructuras e individuos (Birkinshaw & Gibson, 2004; Gibson & Birkinshaw, 2004).

A partir de los argumentos mencionados por McCarthy et al., (2010) quienes plantean que la forma en que las empresas innovan y se transforman depende en gran medida de las condiciones del mercado se propone que la asignación de recursos para explotación y exploración está determinada en gran medida por la forma en que las empresas perciban las condiciones de la demanda y reaccionan al entorno cambiante (Menguc & Auh, 2008).

Otra corriente de literatura que aborda el dilema de la ambidestreza propone los conceptos de ambidestreza estructural y ambidestreza secuencial. La ambidestreza estructural considera que el trabajo de exploración y explotación se hace con estructuras separadas (Andriopoulos, 2009; O'Reilly & Tushman, 2013) y la ambidestreza secuencial se refiere al proceso de transición de un estado a otro, por ejemplo, mediante la implementación de programas de gestión del cambio (O'Reilly & Tushman, 2013; Raisch et al., 2009).

Otra perspectiva en el abordaje de la ambidestreza en las organizaciones es la presentada por Solís-Molina et al., (2018) quienes realizan un estudio sobre cómo la capacidad de absorción modera los efectos de la ambidestreza y la especialización en explotación o exploración en el

desempeño de la empresa. Los resultados de este estudio indican que la ambidestreza tiene un mayor efecto a niveles altos de capacidad de absorción mientras que la especialización en exploración o explotación es más efectiva cuando los niveles de la capacidad de absorción son bajos.

La literatura agrícola ha comenzado hace poco a explorar el concepto de ambidestreza (Cofré-Bravo et al., 2019). Turner et al (2017) proponen que la ambidestreza estratégica debe ser un componente de los proyectos que se desarrollan en el sector agrícola con el fin de acoplar la explotación de redes existentes y la exploración de nuevas redes lo que permitiría crear, combinar o incluso desconectar capacidades. Esto implica que los actores del proyecto deben equilibrar sus esfuerzos para explotar las combinaciones de las capacidades existentes y las capacidades adaptativas y de absorción para explorar y crear nuevas combinaciones de capacidades y recursos en función de las necesidades y circunstancias emergentes mediante la formación de equipos centrales y estables a lo largo del tiempo (Manning, 2010)

De acuerdo con los hallazgos presentados por Cofré-Bravo et al., (2019), los agricultores utilizan todo tipo de capital social para la conformación de sus redes de apoyo, sin embargo, concluyen que poco se ha investigado sobre cómo ellos componen sus redes abiertas (que promueven la exploración) y/o cerradas (que promueven la explotación) para desarrollar la ambidestreza, el cual se reconoce como un tema importante dado que ellos tienen que navegar por sistemas pluralistas de apalancamiento a la innovación, de los cuales algunos pueden ser excluidos por limitaciones de recursos.

Un aspecto muy importante para tener en cuenta en este trabajo investigativo está relacionado con los alcances del ambidestristismo que presenta la literatura. Por un lado, está la gestión de la ambidestreza asociada a los objetivos transformadores de políticas agrícolas y de uso del suelo que fomentan nuevos modelos de desarrollo como la agricultura inteligente, economía circular, agricultura urbana, que van más allá de los actores tradicionales del SIA e involucra a otros sectores como la industria y el urbanismo ((Douthwaite et al., 2008; Engel, 1997; Schut et al., 2015; Turner et al., 2017; van Mierlo et al., 2010)).

El otro escenario es la gestión de la ambidestreza que contribuye a la creación de las configuraciones adecuadas de capacidades y recursos como un proceso de aprendizaje interactivo, co-evolutivo entre los actores del SIA, que se basa en un modelo de explotación existente, pero que apunta a su transformación mediante un proceso dialéctico de explotación y exploración destinado

a explicar cómo la innovación radical y el cambio estructural surgen endógenamente (Gilsing & Nootboom, 2006).

La exploración y la explotación están mutuamente relacionadas y se complementan entre sí. La explotación, es decir, el empleo eficiente de los activos y capacidades actuales es necesaria para sobrevivir en el corto plazo. La exploración, es decir, el desarrollo de nuevas capacidades es necesaria para sobrevivir a largo plazo, por lo tanto, para sobrevivir a corto y largo plazo se requiere la combinación de las dos. Nootboom (2000) propone un “ciclo de descubrimiento”, ilustrado en la Figura 1, con el cual se pretende explicar la transición de la exploración hacia la explotación y viceversa.

Figura 1

Ciclo de descubrimiento de Nootboom



Nota: Fuente (Gilsing & Nootboom, 2006)

La explotación comienza cuando la novedad (innovación radical) que emerge de la exploración del conocimiento se consolida en diseños dominantes, el conocimiento se vuelve más codificado, lo que permite mayor difusión, se reduce la incertidumbre, aumenta la demanda y

aparecen nuevos productores. La dinámica entre competidores cambia, el enfoque del aprendizaje es hacia adaptaciones menores de productos y mejoras de procesos, en consecuencia, hay un aumento en la especialización que implica un conocimiento más específico sobre una gama más estrecha de temas (Gilsing & Nooteboom, 2006).

La generalización hace referencia a los nuevos contextos de aplicación los cuales surgen por múltiples factores: presiones del mercado, expansión de actividades comerciales, estrategias para afrontar los problemas de estancamiento del mercado original, planes de crecimiento y búsqueda de nuevas tecnologías, etc. El nuevo contexto inspira cambios en capacidades, rompe los límites hasta ahora validados, suministra nuevas ideas para la práctica, por lo que se puede afirmar que la generalización en un contexto novedoso proporciona la base para la exploración (Gilsing & Nooteboom, 2006).

La exploración comienza en los esfuerzos que se dedican para mantener la explotación, hay un intento de hacer ajustes a la práctica establecida, es lo que se llama la diferenciación. El propósito es adaptar la práctica actual a las condiciones del nuevo contexto, las ideas que surgen al afrontar un contexto diferente encajan fácilmente en dichas prácticas, en consecuencia, la innovación es incremental, la complejidad permanece limitada y las estructuras funcionales son suficientes. Sin embargo, estas adaptaciones incrementales pueden convertirse en insuficientes para adaptarse a condiciones novedosas del contexto.

Cuando las adaptaciones incrementales son insuficientes y el entorno señala nuevas oportunidades se necesitan cambios más profundos por lo que es necesario entrar en un proceso de reciprocidad en el cual se hacen experimentos con elementos novedosos adoptados del contexto, que conducen a visualizar nuevas potencialidades y cuestionar radicalmente las prácticas establecidas. De esta manera, la fase de reciprocidad constituye el “punto culminante” entre la explotación y la exploración, por un lado, permite continuar con la explotación, aunque en nuevas formas, mientras que por otro lado proporciona información sobre el potencial de los elementos novedosos y las restricciones impuestas por los diseños existentes en la realización de ese potencial.

El efecto de esta práctica híbrida se refleja en menores rendimientos e inconsistencias, lo que añade mayor complejidad. Es una nueva situación que proporciona un incentivo y una perspectiva para un cambio arquitectónico más radical hacia novedosas estructuras con elementos antiguos y nuevos, es la etapa de "exploración de nuevas combinaciones". Las estructuras funcionales existentes ya no son suficientes y es necesario una reestructuración para abrirse a una

nueva variedad de contenido. Esta etapa de exploración implica una reconfiguración radical de los viejos sistemas de explotación que ya no son consistentes con la novedad emergente.

El propósito de esta investigación, más allá de las explicaciones descriptivas que se presentan en la literatura reciente sobre la capacidad ambidiestra, es contribuir con el análisis que se enmarca dentro de la teoría evolutiva, sobre como el desarrollo de la capacidad de absorción puede facilitar la transición explotación - exploración en el contexto de un SIA donde conviven diferentes actores que interactúan a través del aprendizaje y se exponen entre ellos a diversas fuentes de conocimiento. Para ello, a continuación, se hace una detallada descripción de la capacidad de absorción.

2.2.3 Capacidad de absorción

El concepto de capacidad de absorción es una construcción resistente y adaptativa con un gran potencial de impacto en diversas aplicaciones y con la posibilidad de articularse con diferentes teorías como las de aprendizaje organizacional (Cohen & Levinthal, 1990; Todorova & Durisin, 2007) cognición social (Wood & Bandura, 1989), dependencia de recursos (Selnes & Sallis, 2003) redes de conocimiento (Dhanaraj & Parkhe, 2006; Grandori & Soda, 1995; T.-Y. Kim et al., 2006) y capacidad dinámica (Teece et al., 1997; Zahra & George, 2002).

De igual manera el concepto se aplica en múltiples contextos y unidades de análisis. Camisón plantea que:

Abarca desde personas (Park et al., 2007), unidades organizativas (Szulanski, 1996; Tsai, 2001), organizaciones individuales (Camisón, n.d.; Cohen & Levinthal, 1990; Hervas-Oliver & Albors-Garrigos, 2009; Zahra & George, 2002), relaciones inter-organizativas (Lane et al., 2001; Lane & Lubatkin, 1998), sistemas o redes inter-organizativas (Newey & Shulman, n.d.), clusteres de industrias (De Boer et al., 1999; Volberda et al., 2001), regiones o naciones enteras (Kneller, 2005; Roper & Love, 2006) y hasta clústeres de países vinculados institucionalmente, como la Unión Europea (Meyer-Krahmer & Reger, 1999; Montresor, 2001) (Pag. 13)

Desde la perspectiva de las empresas se define la capacidad de absorción como la capacidad de la firma para identificar, absorber, asimilar, transformar y explotar comercialmente el conocimiento que se obtiene desde fuentes externas a la organización. Sin embargo, el desarrollo de la capacidad de absorción es fundamental para consolidar las capacidades de innovación y por

tanto el desarrollo evolutivo de cualquier organización. A partir de sus conocimientos previos relacionados es posible reconocer la importancia de la nueva información, asimilarla y explotarla (Cohen & Levinthal, 1990; Lane et al., 2006; Zahra & George, 2002).

En la Figura 2 se presenta el modelo de Zahra y George (2002) a través del cual se proponen los componentes y los factores internos y externos que afectan en el desarrollo de la capacidad de absorción. De acuerdo con este modelo la capacidad de absorción (CA) tiene dos componentes principales que son la capacidad de absorción potencial (CAP) y la capacidad de absorción realizada (CAR), los cuales a su vez están conformados por las capacidades de adquisición y asimilación para la CAP y las capacidades de transformación y explotación para la CAR.

Figura 2

Modelo de capacidad de absorción



Nota: Fuente (Zahra y George, 2002)

Como entradas al modelo están los conocimientos previos, la experiencia y el resultado o salida del modelo se expresa a través de la ventaja competitiva y el desempeño innovador, también el modelo considera los factores que pueden ser internos y/o externos a la organización los cuales se deben evaluar porque pueden contribuir de manera positiva o negativa al desarrollo de la capacidad de absorción (Zahra & George, 2002).

Entre las diversas organizaciones las capacidades antes mencionadas muestran puntos en común y permiten alcanzar la equifinalidad, sin embargo, son idiosincráticas en cuanto a las formas específicas en que se implementan, desarrollan y emplean, lo que permite que incluso organizaciones similares puedan desarrollar diferentes tipos de ventajas para la innovación (Eisenhardt & Martin, 2000). A continuación, se explica cada una de las capacidades, los componentes de entrada y salida y los factores que influyen en la construcción de la CA.

La adquisición es la capacidad de una organización para valorar e incorporar nuevos conocimientos generados externamente que son fundamentales para sus operaciones. La valoración es un acto cognitivo durante el cual los individuos utilizan sus habilidades automáticas, corazonadas e intuiciones, así como datos sobre la estrategia de su organización, su entorno externo y la interfaz entre la organización y el entorno externo (Cohen & Levinthal, 1994; Crossan et al., 1999; De Boer et al., 1999; Lewin et al., 2011; Spender, 1996).

La asimilación hace referencia a las rutinas y procesos de la organización que le permiten analizar, procesar, interpretar y comprender la información obtenida de fuentes externas (L. Kim, 1997; Szulanski, 1996). La comprensión promueve el proceso de asimilación en tanto permite a las organizaciones procesar e internalizar los conocimientos generados externamente.

La capacidad de transformación surge de la combinación de conocimientos previos con los nuevos conocimientos adquiridos y asimilados. Este proceso de bisociación permite descubrir un contexto diferente, donde surgen ideas novedosas y se facilita el reconocimiento de oportunidades. La organización es capaz de cuestionarse y proponerse otros alcances competitivos mediante el desarrollo y perfeccionamiento de rutinas que incorporan los nuevos conocimientos y originan las nuevas competencias (Zahra & George, 2002).

La capacidad de explotación se basa en las rutinas desarrolladas y perfeccionadas que se manifiestan en las operaciones productivas donde se han incorporado los nuevos conocimientos. Estas nuevas prácticas constituyen los mecanismos estructurales, sistémicos y procedimentales para crear, perfeccionar y aprovechar las nuevas competencias que permitan mantener la explotación de conocimientos por un largo período de tiempo (Van Den Bosch et al., 1999).

Las fuentes externas de conocimiento, en diversas formas, influyen de manera significativa en la capacidad de absorción, entre ellas se pueden señalar las que provienen del mercado (competidores, compra de tecnología, clientes o consumidores, expertos, firmas consultoras, proveedores, centros tecnológicos, laboratorios comerciales, etc.); los centros de enseñanza o

investigación (universidades, centros de investigación); la información general disponible (patentes reveladas, conferencias, publicaciones científicas); las relaciones inter organizativas, incluidos los consorcios de I+D, las alianzas y las empresas conjuntas (Vermeulen & Barkema, 2001).

La exposición de la organización al conocimiento de su entorno influye en la toma de decisiones y en el desarrollo de futuras capacidades (McGrath et al., 1995). Van Wijk y sus colegas (2001) confirman que la amplitud y la profundidad de la exposición al conocimiento influyen positivamente en la propensión de una empresa a explorar conocimientos nuevos y relacionados. En un SI las organizaciones adquieren conocimientos de los diferentes actores que hacen presencia en el entorno y la diversidad de conocimientos influye de forma significativa en el desarrollo de las capacidades de adquisición y asimilación que constituyen su CAP.

El conocimiento previo y las habilidades relevantes es lo que da lugar a la creatividad, se constituye en el sustrato fundamental para el desarrollo de la capacidad de absorción a lo largo del tiempo y a su vez para el rendimiento innovador de las organizaciones. Una parte de esos conocimientos debe estar muy relacionada con los nuevos conocimientos y otra parte debe ser bastante diversa, aunque siga estando relacionada, con lo cual se tendrá una mayor comprensión de la importancia de los avances tecnológicos intermedios que proporcionan pistas sobre el mérito eventual de un nuevo desarrollo tecnológico.

La experiencia facilita la búsqueda de la información porque las organizaciones se enfocan en las áreas de conocimiento donde han tenido éxito (Christensen, 1998), de esta manera la exposición, el impacto y el conocimiento de determinadas habilidades y capacidades son factores que contribuyen a la acumulación de la capacidad de adquisición (Herriot et al., 1985). La experiencia se interioriza como la memoria organizativa que constituye el depósito de conocimientos de la organización (Herriot et al., 1985) y está muy vinculada con el desarrollo de nuevos productos y el rendimiento (Moorman & Miner, 1996).

La experiencia es el producto de la exploración del entorno, la evaluación comparativa (Garvin, 1993; Stata, 1989), las interacciones con los clientes (Nonaka & Takeuchi, 2000) y las alianzas con otras empresas (Lane & Lubatkin, 1998). También se adquieren algunas experiencias mediante el aprendizaje (Levitt & March, 1988), lo que permite a la empresa desarrollar nuevas rutinas (R. Nelson & Winter, 1982) que influyen en el lugar de la futura búsqueda de conocimientos de la empresa.

El desempeño innovador de una organización será superior en tanto las capacidades de adquisición, asimilación, transformación y explotación de nuevos conocimientos se combinen entre sí y se acumulen, lo cual permitirá crear y desplegar los conocimientos necesarios que conducen a la generación de otras capacidades organizativas que proporcionarán la base para un mejor rendimiento (Barney, 1991)

Los factores activadores son acontecimientos que inducen a una organización a la búsqueda de conocimientos externos en respuesta a estímulos internos o externos. Los estímulos internos pueden consistir en crisis organizativas, como el fracaso de los resultados, o redefiniciones estratégicas de la organización (Walsh & Ungson, 1991; Winter, 2000) y los estímulos externos que son acontecimientos que pueden influir en el futuro del sector en el que opera la organización, por ejemplo, las innovaciones radicales, los cambios tecnológicos, la emergencia de un diseño dominante y los cambios en la política gubernamental, entre otros (Bower & Christensen, 1995)

Los mecanismos de integración social tienen como objetivo la puesta en común entre los miembros de la organización de los nuevos conocimientos para promover su entendimiento, comprensión y una eventual explotación (Garvin, 1993; Spender, 1996) Implementar estos mecanismos permite a los miembros de una organización ser conscientes de la información que constituye su CAP y facilitan el libre flujo de información (Sheremata, 2000), lo que permite la transformación y la explotación (Chaudhuri & Tabrizi, 1999). No siempre se fomenta el intercambio o la integración eficaz de los conocimientos, las barreras estructurales (Garvin, 1993), cognitivas (Garud & Nayyar, 1994), de comportamiento (David, 1985)) y políticas pueden frenar este proceso.

El régimen de apropiabilidad hace referencia a la dinámica institucional e industrial que afecta la capacidad de la organización para proteger las ventajas de los nuevos productos o procesos y beneficiarse de ellos (Antonelli, 1999; Mariotti et al., 1995). Cuando existen fuertes regímenes de apropiabilidad, las organizaciones patentarán sus innovaciones y protegerán los beneficios derivados de las mismas (Anton & Yao, 2000). Estos regímenes fuertes implican que es probable que la imitación sea más difícil debido a los mayores costes en los que incurren los rivales para replicar el conocimiento. Cuando la apropiabilidad es baja, es probable que las inversiones en CAP sean bajas (Spence, 1984) porque se podría generalizar la imitación por parte de los rivales (Boisot & Griffiths, 1999).

La capacidad para crear, gestionar y explotar eficazmente el conocimiento es uno de los recursos más importantes (Matusik & Hill, 1998) en el que una organización se puede apoyar para lograr su desarrollo evolutivo que le permita diferenciarse y estar a la vanguardia en el sector que le corresponda, por ello, la capacidad de absorción que es un conjunto de capacidades basadas en el conocimiento constituye una fuente muy poderosa para el desarrollo de otras capacidades conducentes a generar las ventajas competitivas.

Las organizaciones que han desarrollado sus capacidades de adquisición y asimilación (CAP) tienen mayor habilidad para renovar sus conocimientos y pueden adaptarse con mayor eficacia y a menores costos a los cambios que se presentan en su sector porque adquieren flexibilidad para reconfigurar y usar sus recursos frente a nuevos desafíos (Raff, 2000) que les permite mantener una ventaja competitiva mediante la innovación incremental.

Por otro lado, aquellas organizaciones que desarrollan las capacidades de transformación y explotación (CAR), tienen mayor posibilidad de crear ventajas competitivas a través de la innovación radical. La transformación, mediante la bisociación ayuda al desarrollo de nuevos esquemas de percepción o cambios en los procesos existentes y la explotación convierte los conocimientos en nuevos productos o procesos (Kogut & Zander, 1996).

Las cuatro capacidades que componen la capacidad de absorción se combinan, se apoyan y se acumulan entre sí para producir una capacidad organizativa dinámica que facilita la gestión de conocimientos necesarios para crear otras capacidades (Zahra & George, 2002) como el ambidestramiento. El carácter de capacidad dinámica se refiere a su orientación para efectuar el cambio organizativo y su naturaleza esencialmente estratégica (Teece et al., 1997), lo que define la trayectoria de evolución y el desarrollo de la organización.

Las capacidades de adquisición, asimilación, transformación y explotación que representan las dimensiones de la capacidad de absorción, desempeñan papeles diferentes pero complementarios, están integradas en las rutinas y los procesos de la organización, por lo que se puede analizar las existencias y flujos de conocimiento y establecer relaciones causa – efecto entre estas variables y el descubrimiento de las innovaciones radicales. En este contexto, también es importante destacar el carácter dinámico de la capacidad de absorción en cuanto se refiere a que a través del tiempo las existencias y los flujos están cambiando por efecto de diversos factores.

Las investigaciones que se realizan sobre la capacidad de absorción abarcan un amplio espectro de preguntas de investigación, objetos y propósitos de estudio. La capacidad de absorción

se estudia asociada a otros conceptos como la innovación abierta, sus efectos sobre las capacidades de innovación, el papel de los individuos y las estrategias organizacionales, los efectos en las alianzas cuando las diferentes organizaciones muestran discrepancias y asimetrías. En la Tabla 2 se describen algunas de las investigaciones y metodologías con las que se han abordado los estudios sobre la capacidad de absorción.

Tabla 2
Estudios sobre capacidad de absorción

Propósitos	Metodologías	Autores
Este estudio aborda los conceptos de innovación abierta entrante e innovación abierta saliente como elementos claves de la innovación abierta mediante la incorporación de vínculos gerenciales y capacidad de absorción desde una perspectiva entre países.	Se basa en una muestra transversal de 530 empresas con sede en Francia, Malasia y EAU que recopilan datos de gerentes medios y altos que trabajan en diversas industrias.	(Muzamil & Jasimuddin, 2022)
Este estudio examinó los efectos interactivos de la capacidad de innovación y la capacidad de absorción potencial en el desempeño de innovación de una empresa.	Se realizó un análisis empírico sobre una muestra de 238 empresas, las hipótesis se probaron mediante el método estadístico de mínimos cuadrados parciales.	(Hurtado et al., 2022)
En este estudio, inmerso en la corriente de investigación que reconoce el papel de los individuos para la capacidad de absorción, se investiga el efecto del fundador de una empresa quien puede jugar un papel importante en el desarrollo de esta capacidad para promover la evolución de la empresa.	Se hace un análisis longitudinal a partir de los datos de las patentes para rastrear los componentes de conocimiento y observar cómo se explotan en un período de tiempo posterior.	(Mueller et al., 2019)
En este estudio se trata de explicar el desequilibrio existente entre los resultados de la investigación y la captura de esos resultados mediante un modelo conceptual que describe sistemáticamente el efecto de las discrepancias y asimetrías en la capacidad de absorción de universidades y empresas industriales.	Estudio de carácter teórico – conceptual a partir de revisión de literatura y análisis crítico	(Lascaux, 2019)
Estudio que contribuye a la comprensión de la capacidad de absorción, mediante dos tipos de análisis bibliométrico: cocitación bibliométrica y cartografía bibliométrica.	Análisis bibliométrico (336 artículos) y cartografía bibliométrica (2.088 artículos)	(Apriliyanti & Alon, 2017)
Este estudio investiga la participación de los clientes en el desarrollo de innovaciones	Se realizan 36 entrevistas en 3 spin-offs para recopilar datos sobre la	(Scaringella et al., 2017)

Propósitos	Metodologías	Autores
radicales a través de la capacidad de absorción de las empresas spin-offs científicas.	participación del cliente en el desarrollo de innovaciones radicales y mediante un enfoque inductivo se muestra la necesidad de que las empresas desarrollen la capacidad de absorción para internalizar el conocimiento del cliente.	
El objetivo de este estudio es explicar el surgimiento de la capacidad de absorción a nivel de empresa a partir de las acciones e interacciones de antecedentes individuales y organizacionales.	El estudio se basa en los trabajos seminales de Cohen y Levinthal y del supuesto de que una mejor comprensión de la capacidad de absorción se puede obtener conceptualizándola como un fenómeno de múltiples niveles.	(Martinkenaite & Breunig, 2016)

El concepto de capacidad de absorción surgió inicialmente vinculado al ámbito empresarial, entendido como un mecanismo fundamental para desarrollar la innovación mediante la adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento externo. Con el paso del tiempo, este concepto ha sido trasladado a otros escenarios organizacionales, lo que ha requerido realizar adaptaciones conceptuales; sin embargo, lejos de debilitarlo, estas adaptaciones han evidenciado su robustez y versatilidad para explicar procesos de aprendizaje y generación de innovación en diversos contextos. En la actualidad, la literatura muestra un creciente interés por aplicar la capacidad de absorción en las IES, desde distintas perspectivas y con variados propósitos, tal como se sintetiza en la Tabla 3.

La investigación sobre capacidad de absorción en las IES se ha abordado desde múltiples enfoques metodológicos (estudios cualitativos, cuantitativos y revisiones sistemáticas) y en diversos contextos geográficos, lo que refuerza la validez externa del concepto. Asimismo, los propósitos van desde la conceptualización de sus dimensiones en IES, hasta el análisis de su relación con la productividad investigativa, la innovación, la colaboración universidad–industria y el desempeño institucional. Esta diversidad evidencia que la capacidad de absorción constituye un constructo flexible y aplicable a diferentes realidades de la educación superior, lo cual permite tanto profundizar en la comprensión de los procesos de generación de conocimiento como identificar condiciones que potencian la innovación en estos entornos.

Tabla 3
Estudios sobre capacidad de absorción en las IES

Propósito	Metodología	Autores
Explorar el significado contextual de la capacidad de absorción en el ámbito de las IES, aportando coherencia y claridad al constructo y a sus dimensiones en este contexto.	Investigación cualitativa basada en entrevistas semiestructuradas a 10 jefes de departamento en escuelas de negocios; muestreo intencional, análisis inductivo y codificación temática.	(Doe & Asiedu, 2022)
Examinar la relación entre la capacidad de absorción y la productividad investigativa en IES.	Investigación cuantitativa, se hicieron 300 encuestas a docentes-investigadores y el análisis se hizo con un modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales	(Asiedu et al., 2023)
Analizar la influencia de la capacidad de absorción sobre el desempeño de las universidades.	Cuantitativo – Datos secundarios de universidades; análisis de regresión.	(Mazon et al., 2023)
Proponer una innovación conceptual para aplicar la capacidad de absorción en las universidades con el fin de fortalecer la investigación colaborativa.	Estudio de caso en UC Berkeley; análisis documental, memorandos internos, reuniones con varios actores y grupos de trabajo.	(M. Kim et al., 2023)
Analizar cómo la confianza y la comunicación influyen en el desempeño innovador de la cooperación universidad–industria, con la capacidad de absorción como variable mediadora.	Investigación cuantitativa, se recogieron datos de 325 empresas manufactureras; se aplicó regresión y pruebas de mediación.	(Meng et al., 2023)
Analizar cómo la capacidad de absorción de los estudiantes influye en su rendimiento académico.	Investigación cuantitativa, se encuestaron a 228 estudiantes del curso de gestión estratégica, se hizo análisis factorial confirmatorio y SEM.	(Fernández-Mesa et al., 2022)
Revisar sistemáticamente la literatura sobre cooperación universidad–industria, identificando el papel de la capacidad de absorción y proponiendo agenda de investigación.	Revisión sistemática de literatura en bases de datos internacionales.	(Mascarenhas et al., 2018)

2.3 Marco de análisis

La existencia de múltiples actores y partes interesadas en un SIA (Funtowicz & Ravetz, 1993), permite que cada uno de ellos este expuesto a diversas fuentes de conocimiento que incide de manera fundamental en el desarrollo de capacidades tanto a nivel individual como a nivel del sistema. La exposición a las diversas fuentes de conocimiento influye positivamente en la

propensión de una organización a explorar conocimientos nuevos y relacionados (Van Wijk et al., 2001), lo cual promueve la capacidad de absorción de los actores y la interacción entre ellos facilita el desarrollo de la capacidad ambidiestra del sistema.

El ambidiestrismo en un SIA también tiene como finalidad promover las actividades de explotación y exploración del conocimiento con el fin de lograr propósitos tanto de corto plazo como de largo plazo. Esta investigación se apoya en el ciclo de descubrimiento de Nooteboom (2002) para desarrollar la propuesta de realizar la transición explotación – exploración en el contexto de un SIA donde se presentan actores de diferente naturaleza, que interactúan y co-evolucionan entre ellos a través del aprendizaje. Bajo la premisa de que los actores están expuestos a diversas fuentes de conocimiento se considera que la capacidad de absorción sea el mecanismo a través del cual se pueda realizar esta transición.

La Figura 3 muestra la presencia y la interacción de los actores A y B en un SIA, A es un explorador que investiga y genera nuevo conocimiento, B es un explotador dedicado a la producción a partir de la aplicación de conocimientos, prácticas y estructuras de desarrollo plenamente establecidas.

Para el actor A, el actor B es una fuente externa de conocimientos a partir de la cual puede desarrollar su capacidad de absorción. El conocimiento de B está en su fase de explotación, este conocimiento puede ser explorado por A en función de descubrir nuevas posibilidades en un entorno cambiante e identificar alternativas novedosas que le proporcionen a B la flexibilidad estratégica para cambiar y reconfigurar sus operaciones lo que permitirá mantener su ventaja competitiva y continuar con su desarrollo evolutivo. De esta manera el sistema de innovación desarrolla la transición explotación-exploración.

El desarrollo de la capacidad de absorción por parte del actor A tiene dos efectos muy importantes: el primero es asegurar su propio desarrollo evolutivo a través de la combinación de conocimientos previos con conocimientos recientes y el segundo efecto también implica el desarrollo evolutivo, en este caso, del actor B el cual tendría los insumos que requiere para mantener su ventaja competitiva y su flexibilidad organizativa que le permita transformarse y adecuarse a los desafíos del entorno. Claramente se presenta un fenómeno coevolutivo en el cual dos actores de diferente naturaleza que interactúan entre ellos desarrollan procesos que les permite evolucionar de manera individual. La coevolución es uno de los fenómenos emergentes que resultan del proceso de interacción en un SIA.

Figura 3
Marco de análisis



Los dos efectos, anteriormente mencionados, deben evaluarse. El primero mediante la valoración de las capacidades de absorción potenciales y realizadas obtenidas para el actor A y el segundo mediante el impacto que representaría para el proceso evolutivo de B. Será parte de la investigación determinar exactamente cuáles son los indicadores que permitan visualizar las capacidades acumuladas teniendo en cuenta las diferencias entre los actores y la naturaleza idiosincrática de la capacidad de absorción.

De acuerdo con el modelo de Zahra & George (2002) el concepto de capacidad de absorción es multidimensional, su desarrollo y evolución es multidireccional, existen factores internos y externos que interactúan entre sí, las rutinas organizativas y los procesos estratégicos de desarrollo son dinámicos en el tiempo y están expuestos a retardos, ciclos de realimentación, etc., todo lo cual influye en el resultado final. Todos estos elementos deben ser cuidadosamente considerados para analizar el desarrollo de la capacidad de absorción.

Los métodos convencionales de análisis (mínimos cuadrados, análisis multivariado) son modelos estáticos, el resultado depende funcionalmente de la entrada y muestran dificultades para describir dinámicas complejas donde interactúan múltiples factores, por lo tanto, resulta necesario explorar mecanismos de análisis alternativos como las simulaciones (Quintero & Giraldo, 2018).

El modelado es una forma de resolver problemas que ocurren en el mundo real, se aplica cuando la experimentación en el mundo real es costosa o imposible, permite optimizar los sistemas antes de la implementación. El modelado implica un proceso de abstracción para mapear un problema del mundo real y llevarlo al mundo de los modelos con el propósito de analizar, evaluar y optimizar una solución que se puede aplicar en el sistema. Un modelo de simulación puede considerarse como un conjunto de reglas (por ejemplo, diagramas de flujo, máquinas de estado, ecuaciones, autómatas celulares) que definen cómo cambiará el sistema que se está modelando, dado su estado actual. En general, para problemas complejos en los que la dinámica del tiempo es importante, el modelado de simulación es una herramienta muy útil (Borshchev & Filippov, 2004).

2.4 Enfoques metodológicos de modelación y simulación

Existen diversos enfoques metodológicos de modelación y simulación, los cuales presentan diferentes niveles de abstracción y permiten describir, observar y analizar fenómenos del mundo real y también aquellos fenómenos que emergen de las relaciones complejas que se presentan en un SI. Entre los principales enfoques en el modelado de simulación computacional se pueden mencionar: la simulación basada en eventos (SBE), la simulación continua o dinámica de sistemas (DS), la simulación basada en agentes (SBA) y la simulación para sistemas dinámicos (SD) (Quintero & Giraldo, 2018). La simulación para sistemas dinámicos se utiliza para modelar y diseñar sistemas físicos por lo tanto no se la tendrá en cuenta en este documento.

Con relación a los niveles de abstracción, la dinámica de sistemas que trata con agregados se encuentra en el mayor nivel de abstracción. El modelado de eventos discretos está en un nivel de abstracción baja o media. El modelado basado en agentes se utiliza en todos los niveles de abstracción, se puede modelar objetos de muy diversa naturaleza y escala: peatones en el nivel bajo, automóviles o robots en el nivel medio, empresas competidoras en el nivel más alto (Borshchev & Filippov, 2004).

El nivel de abstracción no es el único aspecto diferenciador entre las metodologías de modelación y simulación que se describen. Otros aspectos que son propios de cada metodología tienen que ver con la definición de las unidades de análisis, la descripción de la dinámica del problema con esas unidades básicas, el manejo del tiempo, la manera como el modelador debe pensar en el problema (Borshchev & Filippov, 2004). En la Tabla 4 se describen algunas de las más importantes diferencias entre los paradigmas de simulación mencionados.

Tabla 4
Comparación de los diferentes enfoques de modelación

Dinámica de sistemas	Eventos discretos	Basada en agentes
Los problemas se representan en términos de existencias, flujos e información sobre los flujos (Borshchev & Filippov, 2004).	Basado en el concepto de entidades, recursos y gráficos de bloques. Describe el flujo de entidades y el intercambio de recursos (Borshchev & Filippov, 2004).	Los componentes básicos son los agentes, individuos que se representan a través de un conjunto de reglas (Macal & North, 2010).
Retroalimentación de la información, estructura organizacional, políticas y retrasos en tiempo interactúan e influyen en los procesos complejos (Forrester, 1958)	Las entidades viajan a través de los bloques del diagrama de flujo donde permanecen en colas, se retrasan, procesan, toman y liberan recursos, se dividen, se combinan, etc. (Borshchev & Filippov, 2004)..	Los agentes dan la capacidad de representar completamente la diversidad y la heterogeneidad de múltiples agentes involucrados en un sistema (Macal & North, 2010).
Adopta una visión agregada que se concentra en políticas (Borshchev & Filippov, 2004).	Las entidades son objetos pasivos que representan personas, partes, documentos, tareas, mensajes, etc (Borshchev & Filippov, 2004).	Los agentes son autónomos, heterogéneos e independientes en sus objetivos, interactúan entre sí y con su entorno (Borshchev & Filippov, 2004)
Matemáticamente es un sistema de ecuaciones diferenciales, trabaja en tiempo continuo (Borshchev & Filippov, 2004).	El sistema cambia de estado en un tiempo discreto (Bertoglio et al., 2020)	El modelo opera en tiempo discreto (Borshchev & Filippov, 2004).
El modelador piensa en términos de dependencias estructurales y globales (Borshchev & Filippov, 2004).	El modelador capta la reacción ante eventos que suceden fuera o dentro del sistema generando una transición (Bertoglio et al., 2020)	El modelador define el comportamiento a nivel individual y el comportamiento global surge como resultado de muchos individuos (Borshchev & Filippov, 2004)

El enfoque adecuado para abordar un problema depende mucho de la naturaleza de este, el modelado basado en agentes es probable que logre la captura de más fenómenos de la vida real, pero en muchas aplicaciones se vuelve ineficiente y difícil de desarrollar, por lo que el modelado en dinámica de sistemas puede ser mucho más eficiente. Por otro lado, bajo determinadas circunstancias el uso de los diferentes modelos es coincidente y en otros casos es complementario (Borshchev & Filippov, 2004).

Metodología

En esta investigación se pretende desarrollar una representación estructurada que permita analizar el fenómeno de la innovación en un SIA a partir del modelo conceptual de capacidad de absorción propuesto por Zahra y George en el año 2002. Para lograr esa representación estructurada se requiere la combinación de elementos teóricos con herramientas computacionales con el propósito de modelar las dinámicas de adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento en una IES en el contexto de un SIA.

Es decir, se trata de un análisis teórico – computacional aplicado a un SIA que busca comprender cómo las mencionadas dinámicas influyen en la capacidad del sistema para transitar entre la explotación de prácticas existentes y la exploración de nuevas combinaciones, contribuyendo así al desarrollo del ambidextrismo y en consecuencia al desarrollo innovador del SIA.

3.1 Enfoque metodológico

Esta investigación adopta un enfoque mixto con una orientación exploratoria–descriptiva y explicativa, apoyada en el desarrollo de un modelo computacional. El enfoque mixto se adopta por la necesidad que surge derivada de la naturaleza del objeto de estudio: la capacidad de absorción como mecanismos para promover la transición explotación – exploración en un SIA. Se trata de un fenómeno complejo, multidimensional y situado, que exige comprender simultáneamente significados, procesos sociales y dinámicas estructurales, así como representar y simular las interacciones causales que los configuran. Por esta razón se requiere integrar técnicas cualitativas para la caracterización y análisis conceptual, junto con técnicas cuantitativas para la modelación, simulación y validación del comportamiento del sistema.

El enfoque cualitativo permite recuperar y analizar los significados, percepciones y experiencias de investigadores, caficultores e investigadores, lo que aporta información esencial para interpretar cómo se expresan los procesos de adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento en las IES. Esta aproximación es necesaria para contextualizar el modelo de Zahra y George (2002) en un entorno agrícola específico, identificar factores facilitadores y limitantes, y comprender las relaciones funcionales e institucionales que configuran la capacidad de absorción en un SIA.

De manera complementaria, el enfoque cuantitativo es indispensable para traducir los hallazgos cualitativos en variables e indicadores que permitan operacionalizar el modelo conceptual. A partir de esta base, se construye un modelo computacional orientado a simular la dinámica entre componentes, contrastar hipótesis emergentes y analizar escenarios de intervención. La cuantificación facilita la comprobación de tendencias, la calibración del modelo y la evaluación de la robustez del sistema bajo diferentes condiciones.

En la fase cualitativa, se recurre al método de teoría fundamentada (TF), el cual se caracteriza por la recolección y el análisis simultáneo de los datos en un proceso iterativo y flexible. El investigador se encuentra implicado en la interpretación del fenómeno y contrasta sus apreciaciones con la de los sujetos participantes considerando tanto su propia interpretación como la de los sujetos participantes (Bonilla-García & López-Suárez, 2016). Esta técnica permite identificar categorías emergentes relacionadas con la adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento en la IES, así como los factores contextuales que facilitan o limitan estos procesos. La TF, al no partir de hipótesis rígidas sino de la construcción inductiva de explicaciones a partir del material empírico, contribuye a fortalecer la comprensión del fenómeno social investigado y garantiza que el modelo conceptual refleje de manera más fiel las dinámicas del sistema agrícola analizado.

La investigación es exploratoria y descriptiva porque se aborda un problema poco estudiado en el contexto de los SIA, se hace uso de un concepto como la capacidad de absorción, tradicionalmente aplicado en el entorno de una firma, y se pretende identificar y describir los componentes y factores de la capacidad de absorción, así como establecer las relaciones conducentes a representar su dinámica en el contexto de un SIA. Esta etapa requiere indagar cómo se expresan y articulan los procesos de adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento en la IES que sirva de base para la modelación.

La investigación también es explicativa porque pretende analizar las condiciones bajo las cuales la capacidad de absorción de la IES contribuye al desarrollo de la transición explotación–exploración para promover el ambidiestrismo en el SIA, lo cual va más allá de la descripción y la identificación de relaciones de causalidad. A través de la simulación computacional, se busca mostrar cómo las interacciones entre componentes y factores pueden favorecer o limitar la transición explotación–exploración. Esta fase permite generar escenarios hipotéticos que orienten

decisiones estratégicas, políticas públicas o intervenciones institucionales basadas en una comprensión sistémica del fenómeno.

La articulación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo se realiza en dos niveles. En el proceso investigativo, los hallazgos cualitativos alimentan la definición de variables, parámetros y relaciones causales del modelo, mientras que los resultados de la simulación permiten contrastar, profundizar y complementar las interpretaciones derivadas del análisis cualitativo. En la presentación de resultados, ambos enfoques se integran para ofrecer una explicación comprensiva del fenómeno: las categorías emergentes y los indicadores cualitativos se enlazan con las dinámicas simuladas, mostrando cómo las percepciones y relaciones sociales se traducen en comportamientos estructurales del sistema. De esta manera, el enfoque mixto asegura una comprensión holística del fenómeno y fortalece la solides analítica del estudio.

3.2 Metodología de modelación y simulación

Para el desarrollo del modelo computacional se adopta la metodología de dinámica de sistemas. Esta metodología permite representar de manera explícita las relaciones de retroalimentación y las estructuras de acumulación que caracterizan fenómenos complejos en un SIA. A diferencia de la simulación basada en eventos discretos, centrada en procesos operativos y flujo de entidades o de la simulación basada en agentes orientada a la heterogeneidad individual, la dinámica de sistemas ofrece una visión agregada que facilita analizar como interactúan los componentes de la capacidad de absorción con factores internos y externos del sistema.

Este enfoque es muy apropiado dado que la investigación busca comprender las dinámicas globales del SIA y explorar escenarios de transición de la explotación hacia la exploración del conocimiento. En este sentido, la dinámica de sistemas no solo aporta una herramienta robusta para la construcción de modelos causales y de Forrester, sino que también se encuadra con el propósito explicativo de la investigación, al permitir simular trayectorias de comportamiento en el tiempo y evaluar el impacto de diferentes políticas o condiciones contextuales en el desarrollo innovador del SIA.

3.2.1 Fundamentos analíticos del enfoque de dinámica de sistemas

Partiendo de la base de que un sistema está constituido por un conjunto de componentes interrelacionados, cuyas conexiones permiten que el todo funcione de manera distinta a la simple suma de sus partes, la dinámica de sistemas ofrece un marco analítico en el cual los componentes y las aristas conforman la estructura del sistema, mientras que las relaciones de influencia que los vinculan, expresadas en forma de ecuaciones, conducen al comportamiento dinámico que este manifiesta en el tiempo (Aracil, 1995).

La articulación entre estructura y comportamiento constituye una de las principales ventajas de la dinámica de sistemas, ya que trasciende la descripción estática de los elementos y permite analizar cómo las interacciones y retroalimentaciones generan trayectorias y patrones temporales. Esta capacidad resulta especialmente pertinente para estudiar el desarrollo de la capacidad de absorción de una IES inserta en un SIA y permite una comprensión holística del fenómeno.

3.3 Fases metodológicas

El desarrollo de la investigación se organiza en tres fases principales, cada una alineada con los objetivos específicos de la investigación. Estas fases se apoyan en una fase previa y transversal de recolección y análisis de información empírica, cuyo propósito es contextualizar el fenómeno de estudio y suministrar insumos fundamentales para la caracterización conceptual, la construcción de indicadores y el modelo computacional. En la Tabla 5 se presenta la descripción de las fases y su articulación metodológica.

Tabla 5
Fases metodológicas de la investigación

Fase 0. Diagnóstico y levantamiento de información empírica	
Objetivo asociado: recoger información directa del SIA cafetero para contextualizar los procesos de capacidad de absorción y alimentar las siguientes fases analítica	
Actividades	Técnicas e instrumentos
Identificación de actores del SIA	Mapeo de actores
Diseño y aplicación de entrevistas semiestructuradas	Entrevistas semiestructuradas
	Matrices de categorización y análisis de contenido

Procesamiento y análisis preliminar de información empírica	
Fase 1. Análisis contextual y caracterización conceptual	
Objetivo asociado: caracterizar los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción según el modelo de Zahra y George (2002) en un SIA.	
Actividades	Técnicas e instrumentos
Revisión teórica del modelo de capacidad de absorción propuesto por Zahra y George (2002) Identificación de los componentes: capacidad de adquisición, de asimilación, de transformación y de explotación Análisis documental y entrevistas con actores claves del SIA para contextualizar los componentes en el entorno agrícola Identificación de factores activadores (internos y externos) y mecanismos de integración social	Revisión de literatura científica Análisis de contenido Matrices de categorización
Fase 2. Construcción de indicadores y variables	
Objetivo asociado: establecer los indicadores que permitan identificar y evaluar los componentes de la capacidad de absorción de acuerdo con el modelo de Zahra y George (2002), que contribuyan a la transición explotación – exploración en un SIA	
Actividades	Técnicas e instrumentos
Revisión teórica del modelo de capacidad de absorción propuesto por Zahra y George (2002) Análisis documental y entrevistas con actores claves del SIA para contextualizar los componentes en el entorno agrícola Traducción de componentes teóricos en variables operacionales Construcción de indicadores para cada componente	Revisión de literatura científica Análisis de contenido Matrices de categorización Matriz de operacionalización
Fase 3. Modelado computacional y simulación	
Objetivo asociado: desarrollar un modelo computacional que permita analizar las dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción para el desarrollo del ambidiestrismo en un SIA.	
Actividades	Técnicas e instrumentos
Diseño conceptual del modelo con enfoque en dinámica de sistemas Construcción del modelo en software especializado	Modelación en dinámica de sistemas Diagramas causales y de Forrester Simulación computacional

Calibración del modelo	Validación del modelo
Calibración preliminar	
Calibración can base en datos reales	
Simulación de escenarios relevantes	
Análisis de resultados	

3.4 Escenario de estudio

Esta investigación se desarrollará en el departamento de Nariño, ubicado al suroccidente de Colombia, una región caracterizada por su diversidad geográfica, cultural y productiva. Enfrenta desafíos estructurales como el acceso limitado a mercados y servicios, pero al mismo tiempo posee una importante tradición organizativa y comunitaria que ha facilitado procesos de cooperación y desarrollo territorial. El sistema regional de ciencia, tecnología e innovación se encuentra en consolidación con universidades y actores institucionales que, aunque dispersos, promueven iniciativas orientadas a fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas del territorio.

En este contexto la cadena productiva de cafés especiales a emergido como un SIA clave para el desarrollo regional. A partir de prácticas diferenciadas de producción, transformación y comercialización, numerosos caficultores han transitado de modelos tradicionales hacia esquemas de mayor valor agregado, con el respaldo de instituciones como la Gobernación de Nariño, la Federación Nacional de Cafeteros, la Cámara de Comercio de Pasto, la academia y organizaciones no gubernamentales. Este sistema articula diversos actores en procesos de experimentación, aprendizaje y adaptación tecnológica, lo que lo convierte en un espacio idóneo para analizar como la capacidad de absorción puede facilitar la transición entre la explotación y la exploración y promover el ambidiestrismo en la cadena productiva del café en la región.

Con el fin de tener una visión más amplia del contexto de estudio a continuación se hace una descripción de las características poblacionales, la economía regional el sistema regional de ciencia, tecnología e innovación, las capacidades de innovación y la cadena productiva del café.

3.4.1 *Características poblacionales*

El departamento de Nariño se caracteriza por ser un territorio multiétnico y pluricultural, con una marcada ruralidad: el 55,98% de su población habita en zonas rurales, mientras que el

44,02% reside en áreas urbanas (DANE, 2025a). Esta configuración demográfica refleja una fuerte vinculación con el territorio, la biodiversidad y las economías tradicionales, pero también plantea desafíos estructurales en términos de acceso a servicios, infraestructura y oportunidades. El Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) alcanza el 21,98% (DANE, 2025b), lo cual evidencia condiciones de vulnerabilidad que pueden limitar el desarrollo de capacidades individuales y colectivas.

3.4.2 Economía regional

En términos económicos, el departamento aporta apenas el 1,48% del Producto Interno Bruto nacional (DANE, 2025c), lo que refleja su rezago relativo frente a otras regiones del país. No obstante, el sector agropecuario representa el 20,4% de su actividad económica y concentra el 43,6% del empleo (DANE, 2025a), lo que lo convierte en un eje estratégico para el desarrollo regional. Actividades como la agricultura, la ganadería y, en particular, la caficultura, no solo constituyen una fuente de ingreso para miles de familias, sino también un espacio donde convergen saberes locales, prácticas ancestrales y conocimientos técnicos.

3.4.3 Sistema regional de investigación

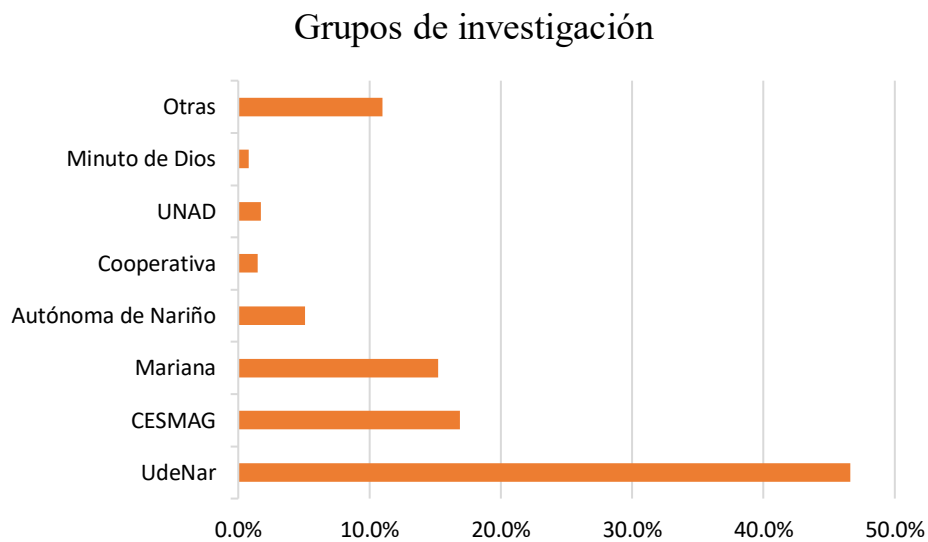
En el departamento de Nariño se registran 26 IES que atienden estudiantes en el territorio. De ellas, cinco tiene su domicilio en la región: la Universidades de Nariño, la Universidad Mariana, la Universidad CESMAG, la Corporación Autónoma de Nariño y la Fundación Universitaria Católica del Sur. Las demás corresponden a instituciones con domicilio en otras regiones del país que hacen presencia en Nariño a través de sedes seccionales o mediante la oferta de programas virtuales (SNIES, 2025)

La matrícula total asciende a 45.762 estudiantes, de los cuales el 63,6% está inscrito en las IES domiciliadas en la región. Por su parte, instituciones como la Universidad Abierta y a Distancia (UNAD), la Corporación Universitaria Minuto de Dios, la Universidad Cooperativa de Colombia, la Fundación San Martín, la Corporación Universitaria Remington, el SENA y la ESAP concentran el 34,8% de los estudiantes. El 1,6% restante corresponde a la población atendida por las otras 14 IES registradas en el departamento (SNIES, 2025).

En la Figura 4 se muestra la distribución de grupos de investigación entre las IES del departamento de Nariño. Existen 118 grupos de investigación reconocidos y categorizados y 280 investigadores registrados. Tanto el número de grupos como el de investigadores ha mostrado una tendencia creciente desde el año 2013 hasta el año 2021, lo que refleja un fortalecimiento progresivo de las capacidades científicas de la región (Minciencias, 2025).

Figura 4

Distribución porcentual de grupos de investigación de las IES en el departamento de Nariño



Nota: Fuente (Minciencias, 2025)

De los 118 grupos de investigación reconocidos y categorizados por Minciencias en el Departamento de Nariño, una parte significativa se concentra en tres IES. La Universidad de Nariño, como institución oficial, alberga el 46,61% del total de grupos, lo que evidencia su papel central en la generación de conocimiento en la región. Por su parte, la Universidad CESMAG y la Universidad Mariana, ambas de carácter privado, cuentan con el 16,95% y el 15,25% de los grupos respectivamente, lo que también refleja el compromiso del sector privado en el fortalecimiento de la investigación científica y el desarrollo regional. El 11,2% que corresponde al grupo Otras, son entidades que avalan grupos de investigación, pero no son consideradas IES, ahí están el SENA,

hospitales de la región y entidades no gubernamentales que contribuyen al Sistema de Investigaciones desde sus respectivos campos de acción (Minciencias, 2025).

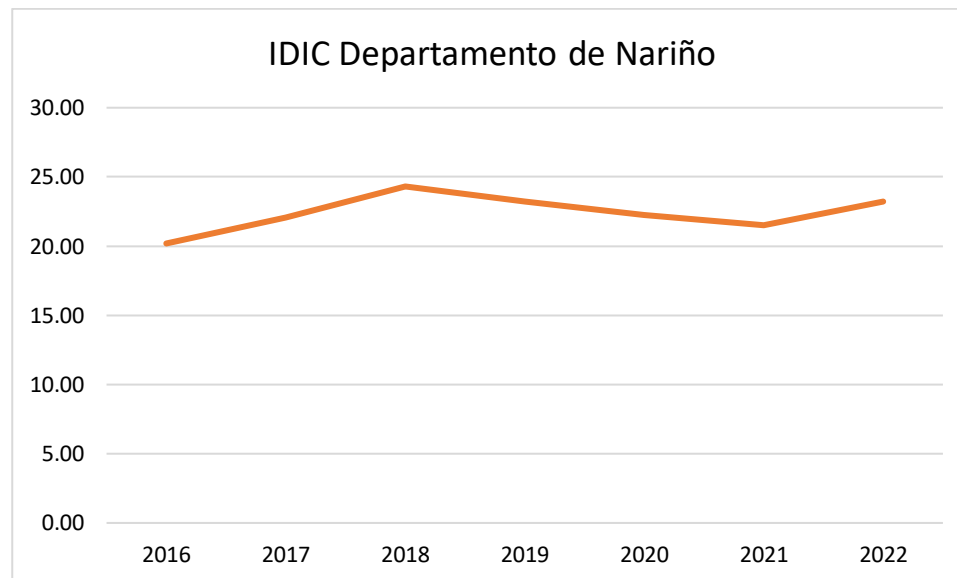
La Universidad Cooperativa de Colombia hace presencia en la región a través de su sede seccional, registra 3 grupos de investigación, pero es un actor muy dinámico y por tanto muy importante en el sistema de investigación regional.

3.4.4 Capacidades científicas, tecnológicas y de innovación.

En términos de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, el departamento de Nariño ha mostrado un desempeño moderado y con tendencia a la estabilidad, según las mediciones del Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) realizadas por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OC y T) que se muestran en la Figura 5

Figura 5

IDIC departamento de Nariño



Nota: Fuente (OC y T, 2025)

En una escala de 0 a 100, Nariño obtuvo un puntaje de 20,19 en 2016, alcanzó un máximo de 24,31 en 2018, y luego presentó ligeras fluctuaciones, ubicándose en 23,22 para el año 2022. Estos resultados reflejan ciertos avances, pero también revelan limitaciones estructurales en la generación, articulación y aprovechamiento del conocimiento como motor de desarrollo territorial.

La estabilidad relativa del IDIC sugiere que, si bien existen esfuerzos institucionales y sociales en marcha, la capacidad innovadora del departamento aún no logra consolidarse como un proceso sostenido y transformador. Esta situación refuerza la necesidad de comprender las dinámicas del fenómeno innovador en entornos rurales, como base para dinamizar los SIA. El diseño de modelos que expliquen y simulen estas dinámicas representa una contribución estratégica para avanzar en el desarrollo territorial con base en el conocimiento.

3.4.5 Cadena productiva del café

3.4.5.1 Importancia del cultivo del café. La cadena productiva del café representa uno de los pilares fundamentales de la economía y el tejido social del Departamento de Nariño. Con el 63% de los municipios dedicados a esta actividad el café esta profundamente arraigado en la vida rural del territorio. La zona norte concentra aproximadamente el 66,63% de los predios caficultores, mientras que el suroccidente alberga el 33,37% restante, lo que evidencia una distribución territorial significativa (Burbano et al., 2019). En total se registran 54.772 fincas y cerca de 39.423 productores que representan el 7.1% del total nacional, cultivando 35.706 hectáreas de café, equivalentes al 4,26% del área cultivada en Colombia. Esta actividad genera alrededor de 27.000 empleos directos al año en el departamento, consolidándose como una fuente esencial de ingresos y bienestar para miles de familias campesinas (Burbano et al., 2019).

Más allá de su importancia económica, el café de Nariño ha ganado un reconocimiento creciente en escenarios nacionales e internacionales por su alta calidad. En los últimos años, los caficultores del departamento han obtenido destacados resultados en concursos de cafés especiales. En el evento La mejor taza 2024, impulsado por la gobernación del departamento de Nariño, las ventas superaron los 9.000 millones de pesos, se subastaron 15 lotes de cafés especiales por 423 millones de pesos uno de los cuales alcanzo un precio récord de 100 dólares por libra (Gobernación de Nariño, 2025). Durante varios años los caficultores, catadores y baristas del Departamento de Nariño han logrado reconocimientos importantes tanto en el ámbito regional como nacional e internacional lo que demuestra la calidad del grano que refleja la dedicación y el conocimiento de los caficultores.

Este proceso ha sido apoyado institucionalmente por actores clave como la Gobernación de Nariño, la Federación Nacional de Cafeteros, la Cámara de Comercio de Pasto. De manera especial

la Gobernación de Nariño emitió una ordenanza que establece la realización anual del Concurso Departamental de Taza como estrategia para incentivar la mejora continua y la visibilidad nacional e internacional del café nariñense.

En este contexto la cadena de cafés especiales se configura como un auténtico SIA, en el que confluyen el conocimiento tradicional, la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, la diferenciación de producto y la articulación entre actores. Todo ello convierte al café no solo en un cultivo estratégico, sino en un eje dinamizador del desarrollo territorial sostenible en Nariño.

3.4.5.2 Condiciones socioeconómicas para el cultivo del café. La caficultura en el Departamento de Nariño se caracteriza por un marcado patrón minifundista, donde la tenencia promedio de la tierra por productor es apenas de 0,97 hectáreas, según reportes del Comité de Cafeteros y la Federación Nacional de Cafeteros. Esta distribución refleja una estructura productiva de pequeña escala, en la que el 80% de los predios son de propiedad del caficultor, mientras el 18% se trabaja bajo condiciones de aparcería y el 2% en arriendo (Burbano et al., 2019).

En este contexto, es frecuente que durante las primeras fases del establecimiento del cafetal se incorporen cultivos transitorios como lulo, tomate de árbol, maíz y frijol los cuales cumplen una doble función: ofrecer sombrío temporal al café y generar ingresos complementarios para la seguridad alimentaria de las familias. Así mismo la presencia de árboles maderables y frutales como sombrío permanente, evidencia una estrategia de diversificación que permite a los pequeños productores mitigar riesgos económicos y reducir la dependencia exclusiva del café como fuente de ingresos (Burbano et al., 2019).

3.4.5.3 Sistemas productivos de café. Los sistemas de producción de cafés especiales en el departamento de Nariño se desarrollan principalmente bajo un enfoque tradicional y familiar, muy ligado a la cultura campesina del sur del país. El manejo del cultivo es realizado en pequeñas parcelas por familias caficultoras que, en su mayoría, reciben asistencia técnica de la Federación Nacional de Cafeteros, a través del Comité de Cafeteros de Nariño, el cual lidera el programa de extensión rural en una extensa área del territorio (Burbano et al., 2019).

Otras instituciones como el SENA, alcaldías municipales, organizaciones no gubernamentales y organismos de cooperación internacional también participan en la asesoría técnica, aunque persisten limitaciones tanto sociales como técnicas que dificultan una mayor

estandarización de prácticas productivas. En el marco de distintos proyectos, se han implementado acciones de fortalecimiento como la capacitación comunitaria, la dotación de despulpadores, beneficiaderos e invernaderos de secado, así como la instalación de laboratorios de análisis sensorial para mejorar la calidad del grano.

No obstante, las actividades de manejo, cosecha, beneficio y secado del café se realizan en su mayoría de manera artesanal, con baja mecanización y escasa infraestructura. El secado suele efectuarse en los patios de las viviendas o en invernaderos construidos en las fincas, mientras que el tratamiento de subproductos como la pulpa y las aguas mieles carece en muchos casos de un manejo ambiental adecuado (Burbano et al., 2019).

Esta condición sumada a la falta de mecanismos de trazabilidad a lo largo de la cadena productiva genera una notable inconsistencia en los resultados de la calidad, lo que se refleja en variaciones en los puntajes de taza que se obtiene año tras año. A pesar del alto potencial del café nariñense y los esfuerzos institucionales por mejorar sus condiciones de producción, los sistemas actuales requieren mayores niveles de articulación, tecnificación y control de procesos para consolidarse de manera estable dentro del mercado de cafés especiales.

3.4.5.4 Condiciones ambientales para el cultivo del café. El departamento de Nariño posee condiciones agroecológicas privilegiadas que lo convierten en una de las regiones más aptas del país para la producción de cafés especiales. La combinación de suelos de origen volcánico, alta fertilidad, disponibilidad de agua, amplia diversidad de pisos térmicos, temperaturas óptimas, régimen de vientos y niveles adecuados de radiación solar crean microclimas únicos que favorecen el desarrollo del cultivo y le confieren cualidades sensoriales distintivas al grano (Burbano et al., 2019).

Estas condiciones naturales, sumadas a prácticas de beneficio artesanal y al manejo tradicional de los sistemas de producción, permiten que los cafés de Nariño tengan perfiles de sabor complejos y diferenciados. Sin embargo, esta misma heterogeneidad ambiental da lugar a sistemas productivos diversos, en los que influyen variables como la variedad cultivada, el nivel de tecnificación, la densidad de siembra y el manejo fitosanitario. En la región se ha observado una transición progresiva hacia variedades más resistentes como Castillo y Colombia, en reemplazo de Caturra, Típica y Borbón, afectadas por la roya. No obstante, las diferencias en prácticas agronómicas y condiciones locales hacen que los rendimientos y la calidad del café varíen

significativamente entre zonas, lo que resalta la necesidad de estrategias adaptativas para maximizar el potencial ambiental de cada territorio (Burbano et al., 2019).

3.4.5.5 Desafíos y oportunidades para la innovación en la caficultura nariñense. A pesar de las condiciones económicas, técnicas y sociales que enfrentan los caficultores del sur del país, especialmente en el departamento de Nariño, su persistencia y esfuerzo han dado lugar a la consolidación de sistemas de producción que han permitido alcanzar altos estándares de calidad. En esta región, se cultiva café de altura, a menores temperaturas, lo que contribuye a desarrollar perfiles sensoriales destacados por su acidez, aroma y sabor, muy valorados en mercados nacionales e internacionales. Estas condiciones han hecho del café no solo una fuente de ingresos, sino también un proyecto de vida profundamente arraigado en la identidad y la cultura de muchas familias nariñenses, que ven en la caficultura una vía de permanencia digna en el territorio (Burbano et al., 2019).

Sin embargo, la consolidación del café como producto de alta calidad enfrenta todavía importantes desafíos estructurales: baja productividad, deficiencias en infraestructura, escasa estandarización de procesos, limitaciones en el acceso a canales de comercialización y una débil articulación entre la investigación y las necesidades reales del productor. Aunque programas de cafés especiales han contribuido al mejoramiento en las etapas de cultivo, beneficio y comercialización, persisten inconsistencias en la calidad y dificultades para asegurar relaciones comerciales sostenibles. La figura del intermediario directo se fortalece como respuesta a los vacíos del sistema tradicional, mientras que los productores continúan buscando mejores precios y vínculos más estables con el mercado.

En este contexto, la presente investigación se justifica en la necesidad de analizar y fortalecer las capacidades del SIA, especialmente en lo que respecta a la capacidad de absorción del conocimiento como un mecanismo para transitar desde modelos de explotación tradicionales hacia formas de exploración más innovadoras. Comprender cómo se articulan los actores, procesos y recursos dentro del sistema de producción de cafés especiales en Nariño permitirá identificar condiciones favorables para el desarrollo del ambidestramiento, mejorar la consistencia en la calidad del grano, y aportar al diseño de estrategias más eficaces de intervención técnica, científica y comercial. Este enfoque busca contribuir, en última instancia, a una caficultura más sostenible, competitiva e inclusiva para la región.

3.4.6 Actores clave para el desarrollo de esta investigación.

Para el desarrollo de esta investigación, se considera fundamental la participación de tres actores clave que serán fuente primaria de información.

En primer lugar, los grupos de investigación de las principales IES de la región, dado que esta propuesta busca promover una mayor articulación entre el desarrollo del conocimiento científico y la cadena productiva del café. Se parte del principio de que la capacidad de absorción en las IES debe ser fortalecida desde el mismo proceso investigativo, orientando la generación de conocimiento hacia la identificación de problemas relevantes y oportunidades de innovación en la caficultura nariñense.

En segundo lugar, los caficultores constituyen una fuente esencial de información, ya que son los protagonistas del proceso productivo y quienes, al estar directamente vinculados con el mercado, tienen una visión concreta sobre las necesidades, limitaciones y potencialidades del sector, así como sobre los aportes que la investigación podría generar en su contexto.

Finalmente, se incluirán actores habilitadores, tales como instituciones públicas, organizaciones del sector cafetero y cooperantes, que reconocen el potencial estratégico del café para el desarrollo regional y orientan sus esfuerzos hacia el fortalecimiento de capacidades técnicas, comerciales e institucionales en el territorio. La interacción entre estos tres actores permitirá una comprensión más integral del SIA y de las condiciones que favorecen la transición hacia modelos más innovadores y sostenibles.

3.4.7 Recolección de información

Para la recolección de información primaria se optó por la aplicación de entrevistas semiestructuradas dirigidas a los actores mencionados: investigadores de los grupos de investigación de las principales IES de la región, caficultores vinculados a la producción de cafés especiales y actores habilitadores del sistema. Esta técnica se eligió por su flexibilidad y capacidad para profundizar en temas específicos, permitiendo explorar percepciones, experiencias y conocimientos situados en torno a la producción cafetera, la investigación y la innovación.

El diseño de las entrevistas semiestructuradas respondió a los objetivos específicos de esta investigación y se adaptó según el tipo de actor involucrado, con el fin de captar la complejidad

del SIA en torno al café en Nariño. En el Anexo 1 se presentan los guiones de las entrevistas para cada uno de los actores.

En el caso de los investigadores pertenecientes a grupos de investigación de las principales IES de la región, las entrevistas se estructuraron con base en el modelo de capacidad de absorción de Zahra y George (2002), y se orientaron a indagar cómo se desarrollan los procesos de adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento dentro de sus dinámicas investigativas. Se buscó comprender cómo se identifican los problemas de investigación, cómo se articula el conocimiento externo al contexto local, cómo se transforman las ideas en productos científicos y cómo estos resultados pueden llegar a tener un impacto efectivo en el entorno productivo.

Las entrevistas dirigidas a caficultores vinculados a la producción de cafés especiales tuvieron como propósito comprender sus experiencias personales y colectivas en el proceso de transición desde la caficultura tradicional hacia sistemas orientados a la calidad y diferenciación. En este caso, se exploraron sus vivencias, motivaciones, aprendizajes, dificultades enfrentadas y las modificaciones que han realizado en sus sistemas productivos como respuesta a las exigencias del mercado de cafés especiales. Esta perspectiva permitió reconocer el conocimiento práctico y adaptativo que los productores han desarrollado y cómo este se conecta, o no, con el conocimiento técnico y científico.

Por último, las entrevistas a actores habilitadores (representantes de la Gobernación de Nariño, la Federación Nacional de Cafeteros y la Cámara de Comercio de Pasto) se enfocaron en conocer las acciones institucionales orientadas a fortalecer la cadena de valor del café especial en el departamento. En ellas se indagó por las estrategias implementadas, los resultados obtenidos y los mecanismos de articulación con otros actores del sistema, en especial con los productores y la academia. Esta información es clave para identificar las capacidades de coordinación y gobernanza dentro del SIA regional, así como para detectar oportunidades de mejora en la alineación entre oferta institucional y demandas del territorio.

En el marco de la Teoría Fundamentada (TF), la definición del tamaño muestral no se establece a priori con base en criterios estadísticos de representatividad, sino a partir del principio de saturación teórica. Como lo señalan Soneira (2006) y San Martín Cantero (2014), el muestreo teórico se orienta a descubrir y refinar las propiedades de las categorías emergentes, verificando

semejanzas y diferencias entre los datos, hasta que nuevas entrevistas o registros dejan de aportar información novedosa.

Bajo este criterio, en la presente investigación se realizaron 17 entrevistas a investigadores pertenecientes a diferentes universidades y grupos de investigación del departamento, 8 entrevistas a caficultores vinculados al sector productivo. Complementariamente, se llevaron a cabo 4 entrevistas adicionales a representantes de entidades habilitadoras del sistema regional de innovación, a saber: dos entrevistas a la Gobernación del departamento, una entrevista a la Federación Nacional de Cafeteros y una entrevista a la Cámara de Comercio.

El número total de participantes (29 entrevistas) estuvo definido por la necesidad de garantizar diversidad de perspectivas y, al mismo tiempo, por el momento en que la información recolectada comenzó a tornarse reiterativa, sin evidenciar nuevas categorías ni relaciones relevantes para el desarrollo teórico.

De esta manera, la muestra definitiva no respondió a criterios estadísticos de representatividad, sino a las exigencias metodológicas propias de la TF, en la cual la recolección, codificación y análisis de la información se desarrollan de manera simultánea bajo la lógica del método de comparación constante. En este sentido, alcanzar la saturación teórica aseguró la validez cualitativa del estudio, al garantizar que las categorías emergentes se construyeran de manera sólida, coherente y fundamentada en la riqueza de la información aportada por los distintos actores del SIA.

Además de la información primaria, esta investigación se apoyó en diversas fuentes de información secundaria que permitieron contextualizar, complementar y triangular los hallazgos obtenidos. Entre estas fuentes se incluyeron documentos públicos relacionados con el sistema de educación superior, informes institucionales internos de las IES participantes, y artículos científicos relevantes para el análisis de la capacidad de absorción y la innovación en el sector agropecuario. También se recurrió a los datos del OC y T, particularmente a las mediciones del IDIC correspondientes al período 2016–2022 (OC y T, 2025). Esta información permitió caracterizar el entorno regional en términos de capacidades científicas, tecnológicas e institucionales, y facilitó la identificación de tendencias y brechas que inciden en la articulación entre el conocimiento académico y el sistema productivo del café en Nariño.

3.4.8 *Procesamiento de información*

El procesamiento de la información se desarrolló de manera articulada con los objetivos específicos planteados en la investigación y bajo los lineamientos metodológicos de la TF. Este enfoque permitió que la recolección, codificación y análisis de la información se llevara a cabo de forma simultánea, siguiendo la lógica del método de comparación constante (Soneira, 2006). Un elemento central de este proceso fue la triangulación sistemática de la información, mediante la cual se contrastaron tres fuentes complementarias: las entrevistas a investigadores, caticultores y habilitadores; los aportes que provienen de documentos científicos e institucionales; y la interpretación analítica del investigador. Esta triangulación fortaleció la validez conceptual al permitir identificar convergencias, divergencias y patrones emergentes que no podrían ser captados desde una única fuente.

En este marco, la técnica de codificación constituyó la estrategia central para organizar e interpretar la información. A través del software ATLAS.ti se implementaron las tres fases de codificación propuestas por la TF:

Codificación abierta, en la cual se generaron códigos tanto inductivos (pre-codificación) como in vivo (expresiones textuales de los participantes que conservan su riqueza semántica).

Codificación axial, que permitió relacionar los códigos y subcategorías entre sí, agrupándolos en familias o categorías más amplias mediante la comparación constante de similitudes y diferencias.

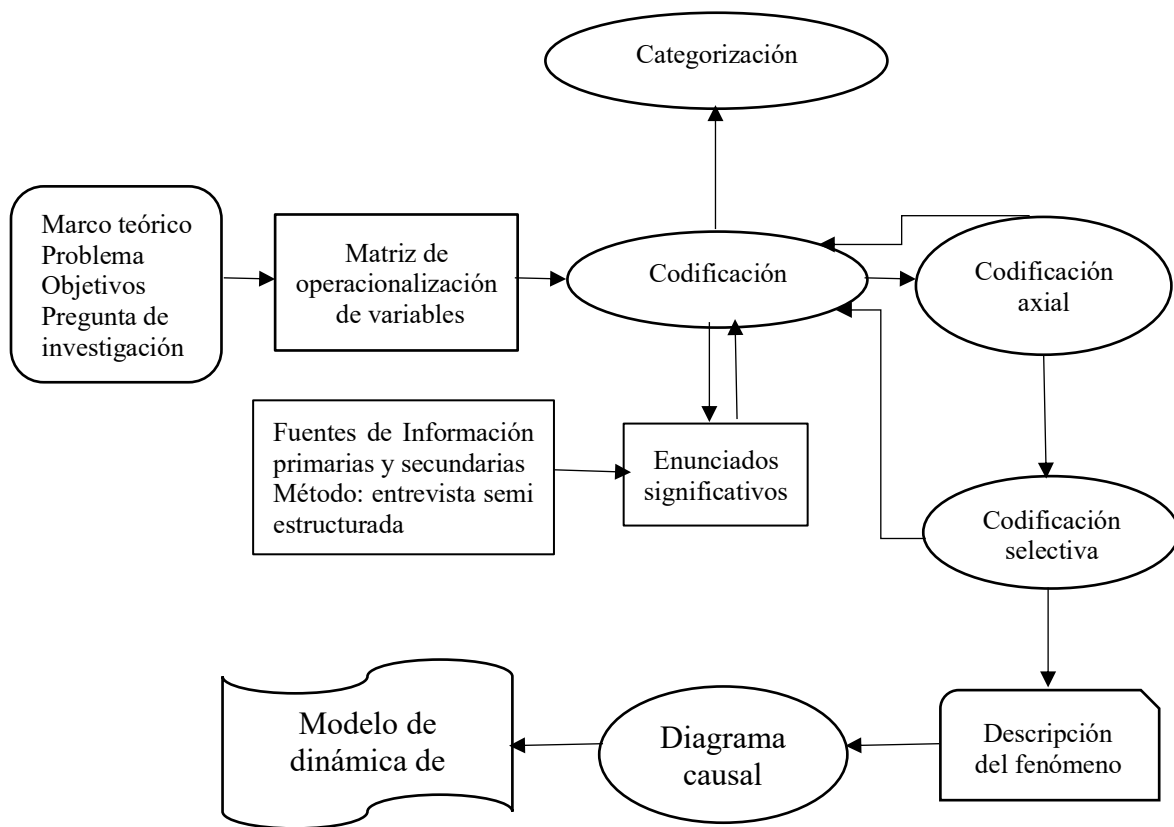
Codificación selectiva, orientada a integrar las categorías en un marco conceptual coherente, a partir de proposiciones que explican las relaciones entre componentes y factores de la capacidad de absorción de la IES en el contexto del SIA.

El proceso de triangulación estuvo presente en en cada una de estas fases. Las categorías emergentes derivadas de las entrevistas fueron contrastadas con la evidencia contenida en artículos científicos, documentos técnicos y literatura institucional; posteriormente, estas relaciones fueron analizadas críticamente por el investigador para garantizar coherencia técnica y relevancia contextual. Como resultado, la interpretación final no se limitó a la voz de los actores ni a los aportes de la literatura, sino que integró ambos planos mediante un análisis reflexivo que permitió construir un entendimiento más robusto del fenómeno estudiado.

En el Anexo 2 se presentan las tablas de códigos que se obtuvieron a partir de las entrevistas a investigadores, caticultores y habilitadores; igualmente se presenta el modelo de la matriz de categorización generado por el software Atlas ti, que se utilizó para el procesamiento de la información recolectada. En la Figura 6 se ilustra el procesamiento y la articulación de la información que conduce a la obtención de los objetivos específicos planteados en la investigación.

Figura 6

Ilustración del procesamiento y articulación de la información recolectada



De esta manera, en consonancia con los dos primeros objetivos específicos, se logra caracterizar los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción y establecer indicadores para su evaluación en el marco del modelo de Zahra y George (2002). Los hallazgos cualitativos y cuantitativos obtenidos en esta fase constituyeron el insumo para la construcción del diagrama de causalidades y el diseño del modelo de simulación en dinámica de sistemas, orientado al tercer objetivo.

El modelo de simulación se desarrolló siguiendo el enfoque de Forrester y fue calibrado con datos del OC y T, en particular las mediciones entre los años 2016 y 2022 del IDIC y de Producción de conocimiento científico y tecnológico. El modelo permitió realizar análisis de escenarios y visualizar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones, facilitando la comprensión de las dinámicas que favorecen o limitan la transición explotación–exploración y el desarrollo del ambidiestrismo en el contexto del SIA.

La estrategia metodológica adoptada en esta investigación combinó enfoques cualitativos y computacionales para abordar un fenómeno complejo como la transición explotación–exploración en el marco de un SIA. A través del análisis de información primaria obtenida mediante entrevistas semiestructuradas y del examen de fuentes secundarias relevantes, se logró caracterizar la capacidad de absorción en sus diferentes componentes, identificar indicadores clave y modelar las dinámicas de interacción entre factores internos y externos. La integración de técnicas de análisis cualitativo con herramientas de simulación en dinámica de sistemas permitió no solo representar estructuralmente el fenómeno estudiado, sino también generar insumos para la formulación de escenarios de análisis.

El enfoque cuantitativo tuvo un papel complementario y decisivo en la fase de construcción, calibración y validación del modelo computacional. A partir del procesamiento cualitativo se identificaron las variables clave y las relaciones causales que permitieron estructurar el diagrama de Forrester; con los datos del OC y T fue posible asignar valores iniciales, definir rangos de comportamiento y validar tendencias del sistema modelado. Estos datos facilitaron además un análisis de sensibilidad y la simulación de escenarios alternativos, lo que fortaleció la capacidad explicativa del modelo. De esta manera, el enfoque cuantitativo no solo aportó rigurosidad al componente dinámico del estudio, sino que también permitió contrastar empíricamente las relaciones propuestas a partir del análisis cualitativo, asegurando mayor solidez en la interpretación de los resultados y en las recomendaciones derivadas del ejercicio investigativo.

En síntesis, la estrategia metodológica permitió articular de manera rigurosa el muestreo teórico, el método de comparación constante y la triangulación de información entre actores, literatura especializada y análisis del investigador. La saturación teórica orientó el cierre del proceso de entrevistas, garantizando que la información recolectada fuera suficiente y pertinente para comprender las dinámicas de la capacidad de absorción de las IES en el contexto del SIA. Con esta base, el siguiente apartado presenta los resultados del análisis, en los cuales se evidencian las

categorías emergentes, las interrelaciones identificadas y los hallazgos más relevantes para el objeto de estudio.

Resultados

El presente capítulo reúne los principales resultados y hallazgos de la investigación, organizados en torno a cuatro componentes que se corresponden con las fases de la metodología desarrollada y con los objetivos específicos de la investigación.

En primer lugar, se presentan los resultados derivados de la Fase 0, correspondiente al procesamiento de las entrevistas realizadas a caficultores y habilitadores, que ofrecen una visión directa del contexto del SIA a partir de las experiencias, percepciones y prácticas en torno a la producción de cafés especiales.

En segundo lugar, se exponen los resultados de la Fase 1, que corresponde a la caracterización conceptual y contextual. Esta sección se relaciona con el primer objetivo específico, que permite identificar y describir los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción según el modelo de Zahra y George (2002), adaptado al SIA cafetero.

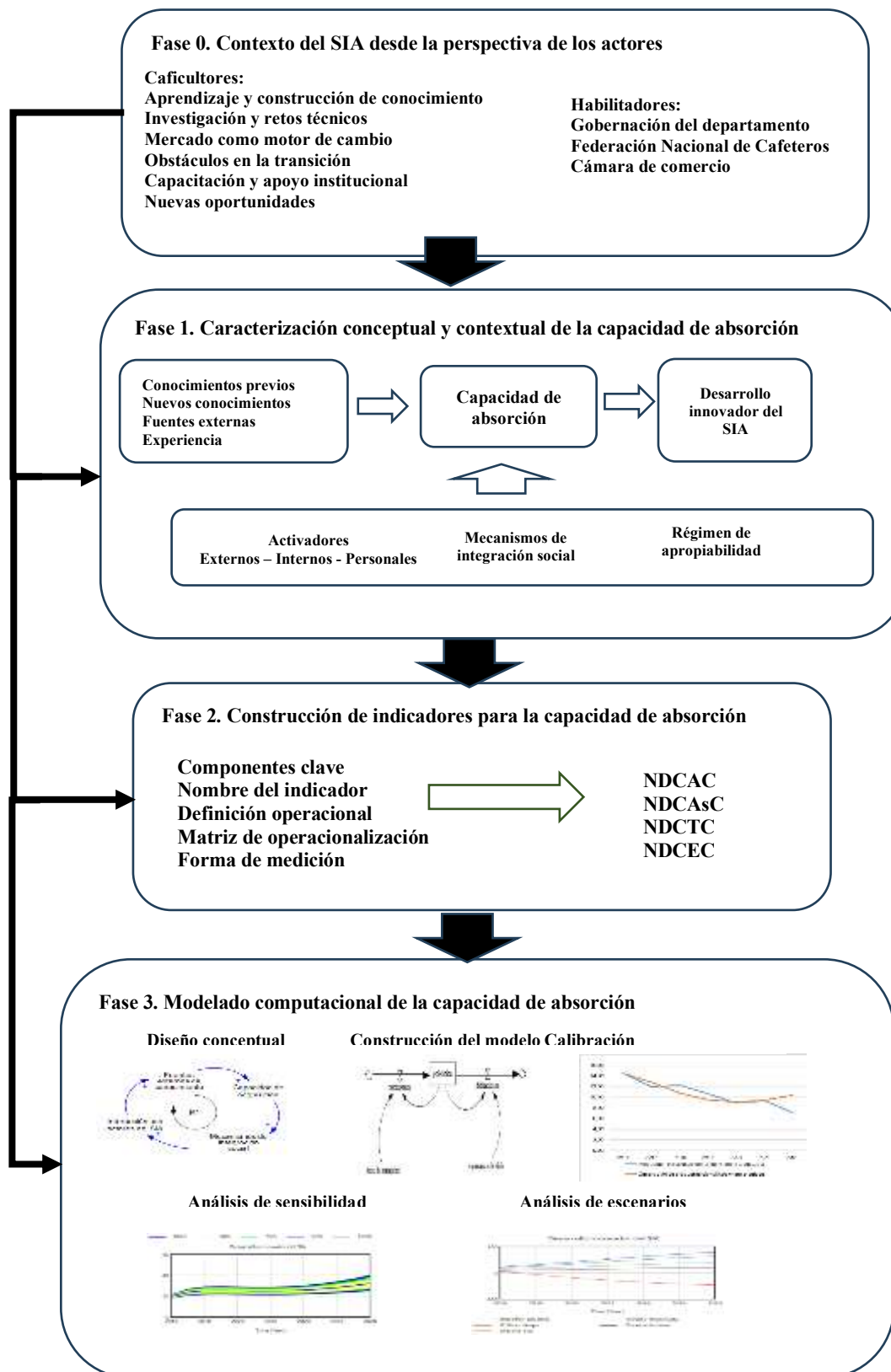
El tercer componente corresponde a la Fase 2, orientada a la construcción de indicadores y variables, asociada al segundo objetivo específico, que conduce a establecer los elementos que permiten identificar y evaluar los componentes de la capacidad de absorción en la transición entre explotación y exploración del conocimiento dentro del sistema agrícola.

Finalmente, se presentan los resultados de la Fase 3, asociada al modelado computacional y vinculada al tercer objetivo específico, cuyo propósito es analizar las dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción mediante un modelo que aporte a la comprensión del desarrollo del ambidiestrismo en el SIA.

En su conjunto, los hallazgos aquí expuestos permiten articular la experiencia práctica de los actores con la construcción conceptual, metodológica y computacional, ofreciendo una visión integral de los procesos que inciden en la transformación hacia cafés especiales y en el fortalecimiento del desarrollo innovador del sistema productivo.

Con el fin de facilitar la comprensión de la estructura y la articulación de los resultados, la Figura 7 presenta un esquema integrador que sintetiza los principales hallazgos de la investigación en correspondencia con las fases metodológicas desarrolladas. Este recurso visual permite observar de manera conjunta la relación entre el contexto empírico del SIA, la caracterización de la capacidad de absorción, la construcción de indicadores y el modelo computacional, ofreciendo una visión global del proceso investigativo y de sus resultados.

Figura 7
Esquema integrador de los resultados de investigación



4.1 Contexto del SIA desde la perspectiva de los actores

Este primer componente recoge los testimonios de los actores principales del sistema productivo cafetero en el departamento de Nariño. A través de las entrevistas a caficultores y habilitadores se identifican percepciones, dinámicas y prácticas que permiten comprender de primera mano el funcionamiento del SIA y los retos que enfrentan quienes participan en él. La información se organiza en dos apartados: desde los caficultores, que refleja sus experiencias, percepciones y prácticas, y desde los habilitadores, que permite comprender los apoyos institucionales, técnicos y organizativos que favorecen la dinámica del sistema.

4.1.1 Desde los caficultores

Los testimonios de los caficultores permiten comprender las dinámicas de aprendizaje, las motivaciones y los retos que han acompañado la transición hacia la producción de cafés especiales. Asimismo, se identifican las percepciones frente a la investigación, el mercado, los obstáculos para el cambio, el papel de la capacitación y el apoyo institucional, así como las nuevas oportunidades que se han generado en este proceso.

4.1.1.1 Aprendizaje y construcción de conocimiento. Los caficultores coinciden en que el aprendizaje en la producción de cafés especiales ha sido principalmente empírico, basado en la práctica, la prueba y el error, así como en el intercambio de experiencias entre vecinos. Innovaciones en procesos como la fermentación y el secado han surgido de la experimentación personal y familiar, más que de capacitaciones institucionales. No obstante, persisten vacíos de conocimiento y falta de metodologías claras, lo que genera resultados variables y limita la consolidación de prácticas estandarizadas.

4.1.1.2 Investigación y retos técnicos. Existe un consenso en torno a la necesidad de mayor investigación para fortalecer la producción de cafés especiales. Los caficultores identifican algunos temas prioritarios como el manejo de nuevas variedades, el comportamiento del café en distintas alturas, los efectos del cambio climático en la calidad de taza y los procesos de fermentación. También reconocen oportunidades de investigación en inocuidad, diversificación de productos y

aprovechamiento de subproductos. La investigación se percibe como clave para transformar aprendizajes empíricos en conocimientos técnicos que mejoren la competitividad.

4.1.1.3 Mercado como motor de cambio. El mercado, especialmente el internacional, se presenta como uno de los principales motivadores de la transición hacia cafés especiales. La creciente apertura y competitividad han obligado a replantear creencias sobre la calidad, a mejorar la presentación del producto y a ofrecer experiencias más allá de un simple grano de café. El atractivo de mejores precios, junto con la posibilidad de acceder a nuevos compradores, ha impulsado a los caficultores a modificar sus sistemas de producción y a buscar capacitaciones en mercadeo.

4.1.1.4 Obstáculos en la transición. El cambio hacia cafés especiales no ha estado exento de dificultades. La falta de metodologías, la necesidad de romper costumbres arraigadas y las limitaciones económicas para reinvertir en nuevas prácticas han sido retos constantes. También se han enfrentado dificultades con los recolectores de café, quienes no estaban habituados a la selección rigurosa del grano, lo que exigió ajustes y mayor supervisión. Factores externos, como la variabilidad climática, aumentan la incertidumbre y complejizan los procesos de aprendizaje.

4.1.1.5 Capacitación y apoyo institucional. Los caficultores consideran que la capacitación es esencial para transformar el sistema productivo, especialmente en temas como fermentación, variedades, beneficio y mercadeo. Sin embargo, reconocen que el apoyo institucional ha sido limitado, tanto en la provisión de formación como en el acompañamiento con inversiones para tecnificar las fincas. Señalan que entidades como los colegios y otras instituciones podrían jugar un papel clave en preparar a las nuevas generaciones para asumir los retos de los cafés especiales.

4.1.1.6 Nuevas oportunidades. A pesar de los obstáculos, el aprendizaje en cafés especiales ha abierto nuevas oportunidades de desarrollo económico y social. La mejora en los procesos de beneficio, la incorporación de catadores, la organización de las fincas y la experimentación con nuevas prácticas han permitido acceder a mercados más exigentes. Este camino ha traído beneficios para las familias caficultoras, como mayores ingresos,

emprendimientos, reconocimientos en concursos y la diversificación hacia nuevas preparaciones y productos.

En conjunto, los hallazgos muestran que la transición hacia los cafés especiales ha estado marcada por un aprendizaje predominantemente empírico, con avances significativos, pero también con vacíos de conocimiento que requieren ser abordados desde la investigación y la capacitación. El mercado se constituye en un motor de cambio, a la vez que introduce exigencias que obligan a replantear las prácticas productivas. Si bien los obstáculos han sido diversos, la experiencia de los caficultores revela que el cambio es posible y que abre oportunidades para mejorar la calidad del café, los ingresos y la proyección del sector. Estos resultados permiten trazar una base sólida para analizar, en la siguiente sección, los habilitadores que favorecen el desarrollo y la consolidación de la producción de cafés especiales.

4.1.2 Desde los habilitadores

El propósito institucional de las entidades que acompañan la caficultura en Nariño refleja una visión articulada para fortalecer el sector y consolidar la producción de cafés especiales como motor de desarrollo regional. La Gobernación de Nariño, la Federación Nacional de Cafeteros y la Cámara de Comercio han orientado sus esfuerzos hacia la generación de valor agregado, la promoción de espacios de comercialización y la transferencia de conocimiento, con el fin de responder a las necesidades de los productores y abrir nuevas oportunidades en los mercados.

El papel de la Gobernación de Nariño se ha orientado principalmente a impulsar la producción y comercialización de cafés especiales mediante el reconocimiento de su calidad en escenarios de amplia visibilidad. Iniciativas como el concurso de la mejor taza, la feria del café y la cátedra café han buscado posicionar el café nariñense en mercados diferenciados y, al mismo tiempo, fortalecer los vínculos con las nuevas generaciones. La institucionalización del concurso a través de la Ordenanza 04 de 2023 ha garantizado la participación abierta de productores y la logística necesaria para el traslado y almacenamiento de lotes. Gracias a ello, se han alcanzado hitos significativos, como cafés subastados a precios de hasta 100 dólares la libra, lo que refleja el potencial y el reconocimiento alcanzado. Asimismo, la feria del café realizada en 2024 se consolidó como un espacio estratégico de promoción, ventas y participación comercial, generando un entorno favorable para la dinamización del sector.

Además, la Gobernación ha promovido la calidad como un eje central para motivar la innovación en los caficultores. La dinámica de los concursos no solo impulsa la mejora de prácticas productivas, sino que también ha despertado un creciente interés en los jóvenes, quienes han encontrado en el café oportunidades para incursionar en oficios como la catación, el barismo o la creación de emprendimientos en cafeterías especializadas. De esta forma, la institucionalidad regional no solo fomenta la competitividad, sino que también proyecta al café como un motor de cultura, identidad y empleo.

En el caso de la Federación Nacional de Cafeteros, su accionar se centra en el fortalecimiento técnico y productivo del sector. A través del servicio de extensión, se han transferido los resultados de investigación de CENICAFÉ, acercando innovaciones tecnológicas directamente a los caficultores. Este proceso incluye el desarrollo de nuevas variedades de café con mejores rendimientos y atributos de calidad, así como herramientas para el control de procesos críticos como la fermentación y el secado. De igual manera, la Federación ha impulsado la gestión eficiente de la cosecha, con estrategias diseñadas para optimizar la recolección y asegurar la calidad en cada etapa de la cadena productiva. Con ello, se reafirma su papel como articulador entre la ciencia, la técnica y la práctica agrícola.

Por último, la Cámara de Comercio ha consolidado su aporte desde la perspectiva empresarial y de articulación de actores. A través del apoyo al clúster del café, facilita espacios donde confluyen productores, comercializadores, transformadores y demás integrantes de la cadena de valor. Además, fomenta la organización formal de las asociaciones vinculadas al sector y promueve la participación en eventos que permiten ampliar la visibilidad y las oportunidades de negocio. Su labor contribuye, de esta manera, a fortalecer el tejido empresarial y a generar condiciones favorables para la competitividad de los cafés especiales en Nariño.

En conjunto, estas iniciativas institucionales evidencian un compromiso sostenido por acompañar a los caficultores en diferentes dimensiones: desde la promoción y comercialización de cafés especiales, lideradas por la Gobernación y la Cámara de Comercio, hasta la mejora en la gestión de la cosecha y la transferencia de tecnología impulsadas por la Federación de Cafeteros. Esta articulación de propósitos fortalece la competitividad del café de Nariño y garantiza que los beneficios de la innovación, el conocimiento y las oportunidades de mercado lleguen de manera efectiva a los productores y a sus comunidades.

La participación de los caficultores y habilitadores a través de las entrevistas semiestructuradas constituye un insumo esencial, pues permite reconocer tanto las oportunidades como las limitaciones que se configuran en el sistema, aportando elementos para los procesos de caracterización conceptual, construcción de indicadores y modelado.

4.2 Caracterización conceptual y contextual de la capacidad de absorción

Este componente corresponde a la Fase 1 de la metodología, asociada al primer objetivo específico: caracterizar los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción según el modelo de Zahra y George (2002) en el marco de las IES dentro de un SIA.

A continuación, se presentan los factores que inciden sobre cada una de las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción. La descripción considera tanto las influencias positivas como negativas identificadas en el modelo y constituye el reflejo de lo expresado por los investigadores que participaron en las entrevistas. El propósito de este análisis es comprender de manera profunda el proceso investigativo en clave del modelo de Zahra y George (2002), resaltando como las dinámicas internas y externas del sistema pueden favorecer o dificultar el desarrollo de las capacidades de adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento.

4.2.1 Capacidad de adquisición

4.2.1.1 Activadores externos positivos. Los investigadores perciben que los activadores externos influyen significativamente en la orientación y el enfoque de sus investigaciones. Señalan que las entidades financiadoras suelen definir los temas de investigación y desarrollo de proyectos de acuerdo con sus propios intereses, lo que condiciona los temas abordados en la academia, además el propósito de obtener recursos de financiación hace que exista una suerte de encuadre con los perfiles temáticos y los alcances exigidos por las entidades financiadoras. También consideran que la política de acreditación de alta calidad impulsa la investigación, ya que establece parámetros de medición que solicitan tanto a las instituciones como a los programas académicos cumplir con criterios específicos de producción científica verificados por evaluadores externos, lo

cual también es visto como un mecanismo de presión hacia la investigación para mantener la acreditación.

El decreto 1279 de 2002, que regula los incentivos económicos de los docentes de las universidades estatales, para el desarrollo de investigación, actúa como un estímulo importante para promover la adquisición de nuevos conocimientos y la generación de productos derivados de estos procesos investigativos.

Los productos resultantes de los procesos de investigación son fundamentales para la evaluación de los grupos de investigación por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología y para los procesos de acreditación de alta calidad de los programas académicos por el Ministerio de Educación, lo que los convierte en un factor clave para impulsar la actividad investigativa.

Finalmente, las políticas estatales son percibidas como incentivos relevantes, ya que, al promover temas de interés social y permitir la participación en convocatorias de financiamiento ayudan a enfocar las investigaciones en áreas que contribuyen al desarrollo de la sociedad.

4.2.1.2 Activadores institucionales positivos. Los investigadores perciben que la institución facilita su participación en proyectos de investigación mediante contrapartidas que se reflejan en el tiempo de dedicación docente asignado a estos proyectos. Las convocatorias de investigación internas son vistas como un estímulo importante y la institución valora esta participación como parte de sus intereses misionales. El hecho de que la investigación sea un propósito misional de la Universidad se refleja en una estructura administrativa y en acciones diseñadas para promover esta actividad esencial. Además, el Proyecto Educativo Institucional contiene elementos que favorecen el impulso de la investigación. La Universidad también brinda la oportunidad de trabajar en la región, permitiendo a los investigadores abordar problemas contextuales y contribuir directamente al desarrollo local.

4.2.1.3 Activadores personales. Los investigadores expresan una profunda motivación personal por contribuir a resolver los problemas de la región, impulsados por el deseo de aportar al desarrollo local y ayudar a superar los desafíos que enfrenta la comunidad. La pasión por la investigación es vista como un factor clave para avanzar en sus proyectos y muchos consideran que la vocación de investigar es algo innato, que conlleva una gran disposición a enfrentar sacrificios para alcanzar sus objetivos. Abordar las problemáticas de la gente y tener la oportunidad

de ofrecer alternativas representa una motivación significativa, por otro lado, se asume los retos como un desafío personal viendo que cada proyecto es una oportunidad para superarse a si mismos y ser referentes en su propio crecimiento.

4.2.1.4 Activadores externos negativos. En las entrevistas realizadas, los investigadores señalaron que existen activadores externos que impactan negativamente la capacidad de adquisición de conocimiento. Una de las razones es la falta de confianza en la información oficial externa, consideran que esta no es fiable. También expresan que, aunque las convocatorias constituyen una importante motivación para desarrollar la capacidad de adquisición es frustrante el proceso de aplicación a las mismas.

4.2.1.5 Activadores institucionales negativos. Los investigadores identifican varias limitaciones que afectan el desarrollo de la investigación en la institución. Un de los principales factores es el acceso restringido a las bases de datos, lo que limita la disponibilidad de información clave para profundizar en temas académicos. De igual manera las políticas de graduación exitosa, que priorizan la agilización del tiempo de graduación de los estudiantes, han reducido la disponibilidad de recursos humanos para la investigación. La falta de estímulos institucionales para realizar investigación se refleja en la escasez de tiempo y recursos destinados a esta actividad. La mayoría de los recursos se destinan principalmente a la formación académica dejando de lado otras misiones fundamentales de la Universidad como la investigación y la interacción social. Así mismo no existe un plan estratégico claro de investigación, lo que genera una sensación de que la investigación se realiza más por obligación que por un compromiso genuino por el avance del conocimiento.

4.2.1.6 Conocimientos previos. Los investigadores coinciden en que los conocimientos previos desempeñan un papel fundamental en la identificación de problemas de investigación. La formación profesional se destaca como una base esencial, ya que permite acumular saberes que sirven como pauta para reconocer necesidades o áreas de oportunidad. La lectura de documentos científicos, además de contextualizarse en el panorama local, permite identificar vacíos en investigaciones anteriores y profundizar en temas aún no resueltos, lo que se convierte en una fuente importante para el desarrollo de nuevas propuestas.

Los conocimientos previos también se consolidan a través de la interacción en redes de conocimiento y la observación del contexto, herramientas clave para conectar los avances científicos con las necesidades reales. De igual manera, la actividad docente resulta ser una forma de conocimiento acumulado, pues facilita la interacción con estudiantes, colegas y comunidades, quienes aportan ideas y problemáticas reales que pueden ser abordadas desde la investigación.

Las entidades financiadoras tienen un impacto significativo al marcar tendencias y orientar los temas de investigación hacia propósitos específicos, lo que impulsa a los investigadores a ajustar sus conocimientos previos a las demandas planteadas en las convocatorias. Asimismo, la información inicial proveniente de sectores como el agropecuario o de agricultores con necesidades específicas también actúa como un insumo para enfocar problemas de investigación.

Finalmente, las ideas de investigación surgen en el cruce de la formación profesional, la lectura científica, y la interacción docente, elementos que, al combinarse con las demandas contextuales y las tendencias globales, permiten visualizar posibles soluciones, alcances y orientaciones de conocimiento muy concretas.

4.2.1.7 Experiencia. Los investigadores destacan que la experiencia juega un papel esencial en todas las etapas de los procesos de investigación, desde la identificación de problemas hasta la ejecución de proyectos. La experiencia acumulada permite profundizar en el conocimiento, acercarse a las fronteras del saber y obtener resultados de relevancia científica. Además, facilita el establecimiento de escuelas de conocimiento donde convergen docentes y estudiantes, promoviendo el aprendizaje colectivo y el fortalecimiento de capacidades investigativas.

La experiencia también contribuye significativamente a la identificación de problemas de investigación, al permitir una percepción más afinada de lo que es relevante y al facilitar la definición de metodologías adecuadas. Su importancia se evidencia en la interacción entre investigadores, ya que los diversos niveles de experiencia enriquecen la gestión de proyectos al aportar perspectivas complementarias.

En términos de planificación y gestión, la experiencia permite identificar áreas del conocimiento prioritarias, aliados estratégicos, recursos necesarios y necesidades específicas. Esto favorece una formulación estratégica más clara y efectiva, así como una ejecución más ágil de los proyectos. Asimismo, la experiencia proporciona claridad sobre cómo estructurar y gestionar

proyectos, optimizando los procesos y reduciendo los tiempos necesarios para avanzar desde la concepción del problema hasta la implementación de las soluciones.

Finalmente, la experiencia es vista como un factor determinante para orientar la investigación hacia resultados concretos y relevantes. Su impacto se percibe en la capacidad de los investigadores para visualizar el alcance y las implicaciones de sus proyectos, lo que refuerza la calidad y la pertinencia de sus contribuciones científicas.

4.2.1.8 Fuentes externas de conocimiento. Las fuentes externas de conocimiento son muy importantes para el desarrollo de la capacidad de absorción y en el proceso investigativo en general. Los artículos científicos se destacan como una de las principales herramientas utilizadas por los investigadores para respaldar cada etapa del desarrollo de un proyecto. Sin embargo, se identifican barreras significativas, como el elevado costo de acceso a estos recursos, especialmente cuando se requiere consultar una gran cantidad de publicaciones. Este obstáculo limita el aprovechamiento completo de estas fuentes.

Adicionalmente, los investigadores resaltan que, aunque las bases de datos científicas constituyen un recurso valioso, el acceso a estas es insuficiente en muchos casos, lo que restringe el alcance y la profundidad de las investigaciones. A pesar de estas limitaciones, los artículos científicos y el conocimiento del contexto local son reconocidos como fuentes fundamentales para la identificación de problemas, la formulación de estrategias y la generación de soluciones en los proyectos de investigación.

4.2.1.9 Nuevo conocimiento. El desarrollo de nuevo conocimiento que contribuye a la capacidad de adquisición emerge del cruce entre la lectura de artículos científicos, la comprensión de la realidad y la dinámica académica. Los investigadores destacan que el contacto directo con los productores es una fuente clave de nuevo conocimiento, ya que permite consolidar ideas de investigación basadas en necesidades y problemáticas reales. Además, la posibilidad de asociar el conocimiento previo con la comprensión de una problemática específica fomenta la creación de propósitos investigativos más sólidos y contextualizados.

También se resalta la importancia de la actitud de asombro, la capacidad de formular preguntas profundas durante el proceso de entendimiento de la realidad y la humildad académica como elementos esenciales para generar nuevo conocimiento. Estos factores, junto con la

interacción entre la lectura de artículos científicos y las dinámicas de la academia, constituyen mecanismos efectivos para identificar nuevas ideas y enfoques de investigación que respondan tanto a las demandas académicas como a los desafíos del contexto

4.2.1.10 Interacción interna. Los investigadores destacan que los conversatorios al interior de los grupos de investigación desempeñan un papel clave en la identificación de problemas de investigación. La interacción interna permite refinar y evaluar la viabilidad de posibles soluciones en torno a las problemáticas detectadas, generando discusiones que conectan observaciones externas con enfoques prácticos y aplicables. Además, los diálogos constantes con los estudiantes se reconocen como una fuente valiosa para detectar temas de investigación relevantes, ya que estos intercambios permiten explorar necesidades y desafíos desde diferentes perspectivas, enriqueciendo el proceso de identificación de problemas en un entorno colaborativo y reflexivo.

4.2.1.11 Interacción externa. La interacción externa es considerada fundamental por los investigadores para la identificación de problemas de investigación relevantes y contextualizados. La construcción de confianza entre la Universidad y el sector externo es esencial, pues facilita un diálogo que permite reconocer la realidad, identificar necesidades y plantear soluciones efectivas. La interacción con comunidades locales, empresas y grupos asociativos proporciona una perspectiva directa sobre los problemas de la región, especialmente en el sector agropecuario, el cual constituye una fuente rica de temas de investigación. Además, las redes de conocimiento y colaboración con investigadores externos, así como el contacto con estudiantes y pasantes que actúan como puente entre la academia y el contexto, fortalecen la capacidad de observar el entorno con una visión amplia y realista. A través de la observación, el diagnóstico y el acceso a información de las entidades especializadas, los investigadores pueden enfocar mejor sus estudios en temas con impacto directo en la comunidad, consolidando así un ejercicio democrático y horizontal en el que la interacción social se convierte en un generador de ideas para la investigación.

En síntesis, la capacidad de adquisición se configura, de acuerdo con lo expresado por los investigadores, como un proceso dinámico y complejo donde interactúan factores externos, institucionales, personales y contextuales que pueden impulsar o limitar la actividad investigativa. En este marco, políticas estatales, convocatorias de financiación, incentivos económicos y procesos de acreditación actúan como motores importantes, aunque también generan condicionamientos

sobre las agendas de investigación. Desde la perspectiva institucional, se reconocen apoyos como convocatorias internas y asignación de tiempo, pero también se evidencian restricciones vinculadas al acceso a recursos, la ausencia de estrategias claras y la primacía de la docencia sobre la investigación.

Frente a estas tensiones, cobran relevancia la motivación personal, los conocimientos previos, la experiencia acumulada y la interacción con actores internos y externos, que permiten identificar problemas de investigación pertinentes y contextualizados. De esta manera, la capacidad de adquisición se constituye en el punto de partida del modelo de Zahra y George (2002), pues orienta la formulación de proyectos y vincula el conocimiento científico con las necesidades del SIA, definiendo el rumbo inicial del proceso innovador.

4.2.2 Capacidad de asimilación

4.2.2.1 Activadores externos. Los investigadores consideran que el desarrollo de capacidades metodológicas para la formulación de proyectos de investigación, estrechamente ligado a la capacidad de asimilación de conocimientos, está impulsado en gran medida por los lineamientos y objetivos planteados en las convocatorias de entidades financiadoras. Estas entidades, al financiar proyectos sobre temas específicos, contribuyen a que los investigadores asimilen conocimientos en áreas prioritarias, favoreciendo la especialización en aspectos determinados. Además, la presión de los entes de control de calidad y la política de acreditación de alta calidad, por demostrar y visibilizar la generación de conocimientos en el país, se han convertido en incentivos importantes para el desarrollo de capacidades investigativas. En este contexto, la capacidad de asimilación está condicionada por los lineamientos y propósitos de la política pública, ya que las convocatorias orientan a los grupos de investigación hacia los temas prioritarios y establecen directrices para formular proyectos acordes a sus objetivos estratégicos.

4.2.2.2 Activadores institucionales negativos. Los investigadores señalan varios factores negativos institucionales que dificultan el desarrollo de los proyectos de investigación. La infraestructura tecnológica de la institución es limitada, lo cual restringe la capacidad para abordar ciertos problemas de investigación que requieren de recursos específicos. Además, los procesos administrativos para la adquisición de insumos resultan complicados, ralentizando el avance de los

proyectos. La ausencia de lineamientos claros en investigación impacta la efectividad y el alcance de los resultados, mientras que los estímulos para investigar son escasos, ya que la institución prioriza otros ejes misionales. Por otro lado, el apoyo financiero en las convocatorias internas es insuficiente para proyectos que requieren de mayores recursos, y la administración de los proyectos resulta compleja, lo que desmotiva la formulación y ejecución de nuevas iniciativas investigativas.

4.2.2.3 Activadores institucionales positivos. Los investigadores destacan varios factores institucionales que favorecen el desarrollo de la investigación. La institución cuenta con un Proyecto Educativo Institucional (PEI) que orienta la investigación hacia la resolución de problemáticas regionales, promoviendo así un enfoque contextualizado y alineado con las necesidades del entorno. Además, la estructura administrativa y la función misional de la institución contribuyen a respaldar las actividades investigativas, brindando a los docentes ciertas franjas de tiempo dedicadas a la investigación y facilitando la participación en convocatorias internas. Estas convocatorias son un incentivo importante para el desarrollo de proyectos y refuerzan el compromiso institucional de apoyar la investigación que responde a los desafíos de la región.

4.2.2.4 Activadores personales. Los investigadores resaltan diversas motivaciones personales que impulsan el desarrollo de proyectos. Existe un fuerte deseo de contribuir al progreso de la región a través de la investigación, percibiendo esta labor como una manera de aportar soluciones a problemas concretos que afectan a la comunidad. La pasión por investigar se considera un aspecto esencial, pues esta actividad exige dedicación, sacrificio y un gran interés por desarrollar conocimiento. Además, el desarrollo de proyectos permite a los investigadores proyectarse en sus áreas de interés, lo cual actúa como un gran incentivo personal y profesional. La investigación también representa un desafío continuo que promueve el crecimiento individual, al tiempo que los investigadores buscan integrar sus conocimientos con las temáticas que surgen en las convocatorias, enriqueciendo tanto sus perspectivas personales como su impacto en la región.

4.2.2.5 Conocimientos previos. Los conocimientos previos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la capacidad de asimilación, al servir como punto de partida para la formulación y ejecución de proyectos de investigación. Según los investigadores, estos

conocimientos orientan la búsqueda de fuentes externas, como artículos científicos y conexiones con otras personas que trabajan en temas relacionados, lo que facilita la identificación de vacíos en el conocimiento y áreas de oportunidad para profundizar en el tema.

Además, los conocimientos previos proporcionan las bases necesarias para establecer los alcances y objetivos del proyecto, permitiendo una aproximación más estratégica a los temas a investigar. En el contexto de las convocatorias para proyectos, estos conocimientos ayudan a evaluar la posibilidad de participación al alinearse con los propósitos definidos por las entidades financiadoras. Así, los conocimientos previos no solo facilitan el inicio del proyecto, sino que también guían la búsqueda de información y recursos adicionales, permitiendo profundizar en el tema y optimizar los mecanismos necesarios para avanzar en el desarrollo investigativo.

4.2.2.6 Experiencia. La experiencia es un factor importante para el desarrollo de la capacidad de asimilación, ya que facilita la formulación de proyectos de investigación al permitir una identificación más precisa de variables, metodologías y recursos necesarios. Los investigadores destacan que la experiencia no solo proporciona habilidades para diseñar y ejecutar proyectos, sino que también fomenta una comprensión más profunda del contexto, las condiciones internas y externas, y las líneas de investigación relevantes.

Además, la experiencia orienta la revisión exploratoria de fuentes externas y permite afinar procesos, métodos y protocolos, logrando así una mayor eficiencia en la planificación y estructuración de los proyectos. Este conocimiento acumulado contribuye a delimitar claramente los objetivos, la metodología y los alcances del proyecto, al tiempo que facilita la gestión administrativa y financiera.

4.2.2.7 Fuentes externas. La búsqueda y uso de fuentes externas de información son elementos esenciales para el desarrollo de la capacidad de asimilación, ya que proporcionan antecedentes sólidos y permiten contextualizar la investigación en el marco de los avances existentes. Los documentos científicos y las bases de datos especializadas son particularmente valiosos, pues ofrecen acceso a información actualizada y permiten identificar vacíos en el conocimiento, así como alternativas previamente exploradas. Sin embargo, los investigadores reconocen que la limitada disponibilidad de estas bases de datos puede representar un obstáculo significativo para la formulación de proyectos.

Además, las relaciones con colegas, las alianzas estratégicas con otras universidades y la colaboración con investigadores expertos en el tema son fuentes externas que enriquecen el proceso de formulación de proyectos. Estas interacciones no solo aportan conocimientos especializados, sino que también facilitan la identificación de enfoques novedosos y la integración de perspectivas diversas en el desarrollo de propuestas de investigación.

Por último, el análisis de literatura científica y el establecimiento de redes de colaboración permiten a los investigadores determinar las mejores estrategias para abordar los vacíos identificados en un área temática específica, contribuyendo así al diseño de proyectos bien fundamentados y orientados a generar soluciones relevantes para la sociedad.

4.2.2.8 Nuevo conocimiento. El nuevo conocimiento juega un papel bien importante en la identificación de hipótesis y en la validación del propio proceso investigativo. En esta etapa, se convierte en un factor determinante para evaluar la solidez y viabilidad del proyecto de investigación, al ofrecer un sustento teórico y práctico que permite avanzar con mayor certeza. La formulación de objetivos y la definición de hipótesis constituyen un ejercicio de confrontación entre el conocimiento previo disponible y las expectativas generadas a partir del nuevo conocimiento, lo cual enriquece la comprensión del problema investigativo y direcciona la búsqueda de soluciones innovadoras.

Asimismo, este nuevo conocimiento permite afinar y evolucionar las ideas iniciales hacia una formulación más robusta y alineada con propósitos novedosos. De este modo, se promueve la construcción de proyectos de investigación que no solo aborden los vacíos existentes, sino que también planteen contribuciones significativas al avance del conocimiento en su campo.

4.2.2.9 Interacción externa. La interacción externa desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la capacidad de asimilación, ya que permite enriquecer la formulación de proyectos de investigación mediante el intercambio de conocimientos y experiencias. Los investigadores destacan que las redes de conocimiento son plataformas clave para acceder a expertos que ofrecen asesoría valiosa para los proyectos. Estas redes, construidas a través de procesos de formación avanzada y colaboraciones previas, se convierten en una fuente importante para identificar enfoques innovadores y recursos estratégicos.

Las alianzas con universidades y docentes experimentados también juegan un rol esencial, pues facilitan el acceso a conocimientos especializados que contribuyen a definir objetivos claros y enfoques metodológicos adecuados. De manera similar, establecer relaciones con asociaciones externas, empresas y otros actores interesados en la problemática investigada permite trabajar conjuntamente y fortalecer los proyectos desde una perspectiva interdisciplinaria.

Además, las interacciones directas con las comunidades y posibles beneficiarios resultan determinantes para formular proyectos alineados con las necesidades reales. A través de entrevistas y consultas, se identifican objetivos relevantes que no solo guían la investigación, sino que también promueven la apropiación del conocimiento emergente por parte de las comunidades. Este enfoque participativo asegura que los proyectos estén contextualizados y respondan a los retos específicos del entorno.

Sin embargo, los investigadores señalan que, aunque las redes de conocimiento facilitan numerosos aspectos del proceso, la falta de claridad en la interacción con ciertos sectores de la comunidad puede ser un desafío. A pesar de ello, los esfuerzos por interactuar con actores externos interesados en las problemáticas investigadas contribuyen significativamente a pulir las ideas y estructurar proyectos más sólidos y pertinentes.

4.2.2.10 Interacción interna. La interacción interna desempeña un papel muy importante en el proceso de formulación de proyectos, ya que fomenta un intercambio continuo de ideas, perspectivas y conocimientos entre los miembros del equipo de investigación. Según los investigadores, las discusiones internas son fundamentales, pues permiten complementar y enriquecer las ideas iniciales, logrando una mayor claridad y solidez en la formulación del proyecto.

Los seminarios internos se destacan como espacios de diálogo amplio, donde se reciben aportes valiosos y se alcanzan consensos que fortalecen la estructura del proyecto. Estas dinámicas de discusión favorecen la identificación de enfoques estratégicos y aseguran que todos los participantes compartan una visión unificada sobre los objetivos y alcances del trabajo.

La lluvia de ideas dentro del grupo es otro mecanismo clave que impulsa la creatividad y permite generar criterios bien definidos para la formulación del problema de investigación. Este enfoque colaborativo garantiza que las perspectivas individuales se integren, dando lugar a propuestas más completas y bien fundamentadas.

El trabajo en equipo emerge como un factor esencial, no solo para pulir las ideas iniciales, sino también para fortalecer cada etapa del proyecto, desde la identificación del problema hasta la estructuración de la metodología y los objetivos. La colaboración interna asegura que el proyecto cuente con el respaldo y las contribuciones de todos los miembros, promoviendo una formulación más robusta y alineada con las capacidades del equipo.

La capacidad de asimilación, según lo expresado por los investigadores, constituye un proceso dinámico en el que convergen lineamientos externos, condiciones institucionales, motivaciones personales y prácticas colaborativas que influyen tanto positiva como negativamente en la formulación de proyectos de investigación. Por un lado, las políticas públicas, las convocatorias de financiación y los sistemas de acreditación impulsan la especialización y orientan los esfuerzos hacia temas prioritarios. Sin embargo, también generan tensiones derivadas de la dependencia de agendas externas y de la limitada infraestructura institucional, los procesos administrativos complejos y la insuficiencia de estímulos y recursos internos.

En este contexto, la experiencia acumulada, los conocimientos previos, las fuentes externas de información y la interacción interna y externa se convierten en mecanismos clave que permiten transformar insumos dispersos en proyectos concretos, pertinentes y alineados con el entorno. Así, la asimilación se configura como un punto de articulación entre la identificación de problemas y la formulación de propuestas, en el que la motivación personal y el trabajo colaborativo potencian la capacidad de la IES para estructurar iniciativas con impacto. En coherencia con el modelo de Zahra y George (2002), este proceso refleja la manera en que el conocimiento adquirido se internaliza y se traduce en proyectos que alimentan la dinámica innovadora del sistema.

4.2.3 Capacidad de transformación

4.2.3.1 Activadores externos. La capacidad de transformación, entendida como la posibilidad de convertir los resultados de investigación en publicaciones científicas, enfrenta importantes desafíos que dificultan su desarrollo. Los investigadores señalan que los procesos de revisión por parte de las revistas científicas son prolongados, lo que genera demoras significativas en la divulgación del conocimiento generado.

Adicionalmente, las crecientes exigencias de calidad y rigor por parte de las revistas científicas, si bien tienen el beneficio de elevar los estándares de las investigaciones, también

representan una barrera considerable. La infraestructura limitada con la que cuentan algunas instituciones dificulta la realización de investigaciones sólidamente soportadas, lo cual es un requisito indispensable para cumplir con los altos estándares establecidos por las revistas.

Estas limitaciones subrayan la necesidad de fortalecer los recursos y las capacidades institucionales que permitan a los investigadores no solo generar conocimiento, sino también publicarlo de manera eficiente y con la calidad requerida para su difusión en el ámbito científico.

4.2.3.2 Activadores institucionales. Las políticas internas de las instituciones juegan un papel determinante en el desarrollo de capacidad de transformación, ya que determinan los recursos y apoyos destinados a la publicación de los resultados de investigación. Sin embargo, los investigadores destacan que la falta de claridad y consistencia en estas políticas afecta negativamente este proceso.

Un factor recurrente es la insuficiencia de incentivos, tanto económicos como de dedicación de tiempo, para impulsar la publicación de artículos científicos. Aunque en el pasado se contaba con la revista de la facultad como un medio accesible para divulgar el conocimiento, su discontinuidad ha dificultado significativamente el proceso de publicación para los académicos.

Además, el apoyo institucional para la publicación de artículos científicos es esporádico y no responde a una política sostenida, lo que crea incertidumbre en los investigadores. En contraste, se percibe mayor respaldo para la publicación de libros, lo cual, aunque positivo, no cubre completamente las necesidades de divulgación científica en revistas especializadas.

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de implementar políticas internas más claras, sostenidas y orientadas a fortalecer la capacidad de transformación, asegurando así que los resultados de investigación puedan tener un mayor impacto en el ámbito académico y social.

4.2.3.3 Activadores personales. Las motivaciones personales desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la capacidad de transformación, ya que impulsan a los investigadores a divulgar el conocimiento generado en sus proyectos. Los profesores destacan que uno de los mayores incentivos es el reconocimiento que obtienen cuando otros investigadores citan y consultan sus publicaciones.

Esta satisfacción personal no solo refuerza su compromiso con la investigación, sino que también confirma el valor del conocimiento producido y su impacto en el ámbito académico. Para

ellos, ver que sus aportes son utilizados y apreciados en otros contextos es una señal de que están contribuyendo al avance del conocimiento y al desarrollo de nuevas ideas.

Publicar, por lo tanto, no es solo un requisito académico, sino un acto que conecta su trabajo con una comunidad más amplia, generando un ciclo virtuoso de conocimiento que beneficia tanto a los investigadores como a la sociedad.

4.2.3.3 Experiencia. La experiencia desempeña un papel clave en el desarrollo de la capacidad de transformación, particularmente en el proceso de publicación de documentos científicos. Aunque los investigadores no aluden específicamente a este aspecto, es ampliamente reconocido que la experiencia acumulada contribuye significativamente a la mejora de los resultados y la eficiencia en los procesos de investigación y publicación.

A medida que los investigadores ganan experiencia, adquieren un conocimiento más profundo sobre los estándares y las exigencias de las revistas científicas, lo que les permite estructurar sus trabajos con mayor claridad y rigor. La experiencia también facilita la identificación de las revistas adecuadas para sus publicaciones y el manejo de los procesos de revisión por pares, reduciendo los tiempos y aumentando la probabilidad de éxito en la aceptación de los artículos.

Además, la experiencia proporciona herramientas para abordar de manera estratégica los desafíos asociados con la publicación, como la justificación de los hallazgos, la selección de metodologías sólidas y la argumentación basada en evidencia. En este sentido, la experiencia no solo optimiza los procesos, sino que también eleva la calidad de las contribuciones científicas, fortaleciendo así el impacto del conocimiento generado.

En resumen, la experiencia se convierte en un activo indispensable para transformar los esfuerzos de investigación en productos académicos de alta calidad, promoviendo una mayor difusión y aprovechamiento del conocimiento en diversos contextos.

La capacidad de transformación, entendida como la posibilidad de convertir los resultados de investigación en publicaciones científicas y desarrollos tecnológicos, aparece en el discurso de los investigadores como un proceso complejo marcado por tensiones entre limitaciones estructurales y motivaciones personales. Factores externos, como la prolongada duración de los procesos de revisión editorial y las crecientes exigencias de calidad de las revistas, imponen barreras significativas que retrasan la divulgación del conocimiento. A esto se suman restricciones institucionales asociadas con la falta de incentivos claros, la discontinuidad de medios propios de

publicación y el apoyo esporádico en la financiación de artículos y prototipos, lo que genera un escenario de incertidumbre que frena la consolidación de esta dimensión.

No obstante, la transformación también encuentra dinamismo en activadores internos y personales que impulsan el ciclo de publicación y el avance tecnológico. La motivación que otorga el reconocimiento académico y social, junto con la experiencia acumulada en la elaboración de artículos, el diseño de prototipos y el desarrollo de innovaciones, actúa como un motor que compensa parcialmente las restricciones externas e institucionales. La práctica investigativa muestra que, a medida que los profesores adquieren mayor experticia, logran optimizar tanto los procesos de publicación como los de validación tecnológica, configurando un círculo virtuoso que fortalece el impacto del conocimiento generado. En consonancia con el modelo de Zahra y George (2002), esta dimensión refleja la tensión entre las dificultades para difundir y aplicar los resultados, y las capacidades emergentes que permiten transformar la investigación en productos científicos y tecnológicos de alto valor.

4.2.4 Capacidad de explotación.

4.2.4.1 Activadores institucionales. La capacidad de explotación, entendida como la habilidad de utilizar conocimientos para generar valor, enfrenta importantes desafíos en las instituciones según la percepción de los investigadores. Un aspecto crítico señalado es la ausencia de mecanismos institucionales sólidos para promover los procesos de transferencia de tecnología. Esta carencia limita la posibilidad de llevar el conocimiento generado hacia aplicaciones prácticas que impacten positivamente en la sociedad o en el sector productivo.

Además, los procesos destinados a la explotación de conocimientos suelen depender en gran medida de iniciativas individuales, lo que refleja una debilidad estructural dentro de las organizaciones. Este enfoque personalista, aunque valioso en algunos casos, no garantiza la sostenibilidad ni la sistematicidad de los esfuerzos por transferir y aplicar el conocimiento de manera efectiva.

La fragilidad de los mecanismos institucionales para la transferencia de conocimiento y tecnología también se presenta como un obstáculo significativo. Esta debilidad implica que, aunque se desarrollen ideas y avances prometedores, el potencial de generar valor a partir de ellos se ve

limitado por la falta de estructuras que faciliten la conexión entre el conocimiento académico y su aplicación práctica en contextos productivos o sociales.

Abordar estas limitaciones requiere fortalecer los marcos institucionales que apoyen la transferencia tecnológica y los procesos de explotación del conocimiento. Esto incluye la creación de políticas, recursos y espacios que permitan convertir los hallazgos y desarrollos en soluciones prácticas y beneficios tangibles para la comunidad.

4.2.4.2 Régimen de apropiabilidad. La protección del conocimiento es una condición fundamental para garantizar su adecuada explotación y evitar que sea utilizado de manera inconveniente o contraria a los intereses de quienes lo generan. Sin embargo, los investigadores destacan que este es un aspecto débil dentro de la mayoría de las instituciones, lo que compromete la capacidad de maximizar el valor del conocimiento producido.

Una de las principales preocupaciones es la ausencia de políticas claras y estructuradas que respalden la protección del conocimiento. Los mecanismos existentes en este ámbito son descritos como insuficientes, lo que refleja un vacío institucional que dificulta la consolidación de estrategias efectivas para salvaguardar los avances y desarrollos generados en el marco de la investigación.

En muchos casos, las acciones relacionadas con la protección del conocimiento han sido iniciativas individuales de los investigadores, quienes, ante la falta de apoyo institucional, asumen por cuenta propia las gestiones necesarias. Sin embargo, este enfoque personalista no solo limita el alcance de la protección, sino que también expone a los investigadores a riesgos legales y administrativos, especialmente en contextos de colaboración interinstitucional o internacional.

Fortalecer este aspecto requiere que las instituciones diseñen y adopten políticas que regulen la propiedad intelectual, promuevan la capacitación en temas de protección del conocimiento, y brinden el apoyo necesario para registrar patentes, derechos de autor u otros instrumentos legales. De este modo, no solo se protege el conocimiento, sino que también se sientan las bases para su explotación estratégica, en beneficio tanto de los investigadores como de la sociedad.

4.2.4.3 Apropiación social del conocimiento. La apropiación social del conocimiento emerge como un elemento clave para garantizar que los avances derivados de la investigación no solo se queden en el ámbito académico, sino que lleguen a los actores interesados y contribuyan

directamente al bienestar de la sociedad. Sin embargo, los investigadores coinciden en señalar que este aspecto enfrenta importantes desafíos en términos de implementación y estructuración dentro de las instituciones.

Una de las principales carencias identificadas es la inexistencia de un ente regulador o de una reglamentación específica para los procesos de transferencia de tecnología que facilite el desarrollo de la capacidad de explotación del conocimiento. Sin estos mecanismos, el conocimiento producido queda confinado en gran medida a publicaciones científicas y a círculos académicos, lo que limita su potencial impacto en la sociedad.

Los investigadores subrayan la necesidad de que el conocimiento científico trascienda las publicaciones y eventos académicos. Aunque estos espacios son importantes para la difusión entre la comunidad científica, no son suficientes para garantizar que los actores locales interesados en la problemática puedan asimilarlo y utilizarlo para resolver problemas concretos.

Aunque se han desarrollado iniciativas como producciones audiovisuales para promover la apropiación social del conocimiento, estas no parecen ser suficientes para generar un impacto significativo en la sociedad local. Esto pone en evidencia la falta de estrategias integrales y efectivas para facilitar que la sociedad no solo acceda al conocimiento, sino que también lo utilice de manera práctica y sostenible.

4.2.3.4 Interacción externa. La interacción con el sector externo constituye un componente fundamental para el desarrollo de la capacidad de explotación de conocimientos, ya que permite que los resultados de la investigación sean aplicados de manera efectiva en contextos prácticos que contribuyan al bienestar social. Sin embargo, los investigadores destacan que existen diversas situaciones que dificultan este proceso, lo que limita el impacto del conocimiento generado en las universidades.

La capacidad de explotación, entendida como la habilidad de utilizar el conocimiento para generar valor económico, social o ambiental, se presenta en el discurso de los investigadores como la dimensión más frágil del modelo. Su desarrollo se ve obstaculizado por la ausencia de mecanismos institucionales sólidos de transferencia tecnológica, por la debilidad del régimen de apropiabilidad y por la falta de políticas claras de protección de la propiedad intelectual. Esta situación provoca que gran parte de los esfuerzos investigativos permanezcan confinados en publicaciones académicas sin llegar a convertirse en soluciones prácticas para el sector productivo

o la sociedad. La dependencia de iniciativas individuales refuerza el carácter fragmentado y poco sostenible de los procesos de transferencia, lo que refleja una debilidad estructural en la capacidad de las instituciones para apoyar la explotación del conocimiento.

Al mismo tiempo, los investigadores señalan la apropiación social del conocimiento y la interacción con actores externos como ámbitos aún en construcción, donde se evidencian avances puntuales (como la producción de materiales de divulgación) pero que carecen de estrategias integrales y sostenidas. Si bien existe conciencia sobre la necesidad de trascender la esfera académica y conectar los hallazgos con problemas sociales y productivos, el impacto real sigue siendo limitado por la ausencia de marcos regulatorios, recursos y estructuras que fortalezcan la relación entre la universidad y el entorno. En consonancia con el modelo de Zahra y George (2002), la explotación aparece entonces como el eslabón crítico en el que confluyen las tensiones entre producción de conocimiento y su efectiva aplicación, lo que plantea la urgencia de consolidar políticas y prácticas que favorezcan una transferencia y apropiación más efectiva.

La adaptación del modelo de Zahra y George (2002) al contexto de las IES permite comprender cómo estas instituciones desarrollan, median y proyectan su capacidad de absorción. Este ejercicio conceptual ofrece un marco que orienta el análisis y facilita la definición de indicadores pertinentes para evaluar el papel de las IES en la transición hacia un modelo de innovación agrícola más dinámico y articulado.

4.3 Construcción de indicadores y variables de la capacidad de absorción

Este componente corresponde a la Fase 2 de la metodología, vinculada al segundo objetivo específico: establecer los indicadores que permitan identificar y evaluar los componentes de la capacidad de absorción de acuerdo con el modelo de Zahra y George (2002), en el marco de las IES que participan en el SIA.

La construcción de indicadores en ciencias sociales no se reduce a un ejercicio técnico de medición, sino que implica un problema epistemológico: son representaciones parciales de fenómenos complejos, elaboradas a partir de la tensión entre la realidad empírica y las categorías teóricas que la explican (Gutiérrez, 2009). En este sentido, los indicadores permiten no solo medir, sino también interpretar y comprender procesos, constituyéndose en herramientas que median entre lo empírico y lo conceptual.

En este estudio, los indicadores de la capacidad de absorción se han formulado desde una aproximación cualitativa, con base en el análisis del discurso de los investigadores. Para cada dimensión se propuso un nombre, una definición operacional, un conjunto de subindicadores y una forma de medición sugerida (Arias, 2021). Sin embargo, se trata de una propuesta conceptual y metodológica que no avanza aún hacia la construcción de indicadores sintéticos ni métricas cuantitativas. Por tanto, los indicadores presentados deben entenderse como herramientas exploratorias, con potencial para ser operacionalizadas en fases posteriores mediante metodologías cualitativas, cuantitativas o mixtas, según los objetivos y recursos disponibles.

En la Tabla 6 se muestran los indicadores de la capacidad de absorción y sus identificadores

Tabla 6
Indicadores de la capacidad de absorción

Dimensión de la capacidad de absorción	Nombre del indicador	Identificación del indicador
Capacidad de adquisición	Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Adquisición de Conocimiento	NDCAC
Capacidad de asimilación	Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Asimilación de Conocimiento	NDCAsC
Capacidad de transformación	Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Transformación del Conocimiento	NDCTC
Capacidad de explotación	Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Explotación de Conocimiento	NDCEC

A partir de las consideraciones teóricas y metodológicas previamente expuestas, en las siguientes secciones se presentan los indicadores propuestos para cada una de las dimensiones que componen la capacidad de absorción: adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento. Para cada una de estas dimensiones se identificaron los componentes clave a partir del análisis de las percepciones de los investigadores, y con base en estos se definió un indicador general, su respectiva definición operacional, los subindicadores asociados y una forma de medición sugerida. Esta propuesta busca estructurar una base sólida para futuras estrategias de evaluación y fortalecimiento de la capacidad de absorción en instituciones académicas y contextos

territoriales específicos, contribuyendo así a una comprensión más precisa y contextualizada del proceso de gestión del conocimiento en las IES en el contexto de un SIA.

4.3.1 Indicador para la capacidad de adquisición

La capacidad de adquisición de conocimiento constituye la primera dimensión del modelo de capacidad de absorción propuesto por Zahra y George (2002). Esta dimensión hace referencia a la habilidad de una organización para identificar, reconocer y adquirir conocimiento externo que sea relevante y útil para sus procesos de innovación. En el contexto de una IES, esta capacidad se torna fundamental, ya que determina en gran medida la habilidad de los investigadores para incorporar nuevos saberes y tecnologías que potencien la productividad, sostenibilidad y competitividad del SIA.

El análisis de las entrevistas realizadas a investigadores permitió identificar una serie de factores que inciden de manera directa en el desarrollo de esta capacidad, agrupados en diferentes categorías que reflejan tanto condiciones internas como externas a las instituciones involucradas. La funcionalidad de estos factores varía de acuerdo con su papel específico en la adquisición de conocimiento, lo que permite un análisis diferenciado y preciso para el diseño del indicador.

4.3.1.1 Componentes clave identificados. A partir del análisis cualitativo y de la síntesis narrativa realizada en la fase anterior de esta investigación, se identificaron los siguientes componentes clave que estructuran la capacidad de adquisición:

4.3.1.1.1 Activadores externos (positivos y negativos). Factores del entorno institucional y político que influyen en la orientación de la investigación y en la motivación de los investigadores para adquirir nuevo conocimiento. Estos activadores pueden actuar como impulsores cuando alinean intereses académicos con prioridades sociales o estatales, o como barreras cuando generan tensiones, desconfianza o dificultades en el acceso a oportunidades.

4.3.1.1.2 Activadores institucionales (positivos y negativos). Conjunto de condiciones estructurales, políticas y operativas al interior de las IES que pueden facilitar o limitar el desarrollo de la capacidad de adquisición de conocimiento. Incluyen tanto incentivos (como tiempo asignado,

convocatorias internas y alineación con el PEI), como restricciones (acceso limitado a información, falta de claridad estratégica, y escasos recursos humanos y financieros para investigación).

4.3.1.1.3 Activadores personales. Comprenden las motivaciones internas, vocación y disposición del investigador para explorar problemas del entorno y buscar conocimiento pertinente.

4.3.1.1.4 Conocimiento previo. Abarca la formación, trayectoria académica y experiencia docente que sirven de base para reconocer nuevas oportunidades de investigación.

4.3.1.1.5 Experiencia acumulada. Hace referencia al conocimiento derivado de la trayectoria investigativa que permite identificar problemas relevantes y definir caminos de búsqueda efectivos.

4.3.1.1.6 Fuentes externas de conocimiento. Alude a la diversidad, frecuencia y accesibilidad del investigador a fuentes como bases de datos, redes científicas, publicaciones y expertos externos.

4.3.1.1.7 Nuevo conocimiento captado desde el entorno. Conocimiento emergente que se obtiene a partir de la observación directa, la interacción con comunidades y sectores productivos y el análisis del contexto local.

4.3.1.1.8 Interacción interna. Mecanismos de conversación, discusión e intercambio dentro de grupos de investigación que contribuyen a visualizar temas relevantes y viables.

4.3.1.1.9 Interacción externa. Procesos de colaboración con comunidades, productores, asociaciones o redes externas que permiten detectar problemáticas reales y convertirlas en oportunidades de investigación.

Cada uno de estos componentes recoge elementos que fueron mencionados por los investigadores y que, desde una perspectiva sistémica, configuran las condiciones necesarias para una adecuada adquisición de conocimiento en entornos académicos y productivos relacionados con el sector agrícola.

4.3.1.2 Propuesta de indicador global. Para desarrollar la propuesta del indicador se procede establecer un nombre de indicador que muestre que es lo que se mide y cómo se interpreta el resultado en términos de cualidad o cantidad. Posteriormente se hace una definición operacional con el fin de delimitar que es lo que se va a medir, a quien se le aplica la medición y como se hace esa medición. Finalmente, con una matriz de operacionalización se complementa la información para establecer el indicador.

De esta manera se tiene:

4.3.1.2.1 Nombre del indicador. Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Adquisición de Conocimiento (NDCAC)

4.3.1.2.2 Definición operacional. El NDCAC refleja el grado en el que los investigadores, como actores clave del SIA, identifican, buscan, reconocen y adquieren conocimiento externo pertinente para el desarrollo de procesos de investigación orientados a la innovación agrícola. Este indicador evalúa la presencia y la calidad de los factores que facilitan dicha adquisición, considerando tanto elementos estructurales como personales y contextuales propios del ámbito universitario.

4.3.1.3 Matriz de operacionalización. En la Tabla 7 se muestra los componentes identificados por los investigadores, los subindicadores y la forma de hacer la medición.

Tabla 7
Matriz de operacionalización capacidad de adquisición

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Activadores externos	Alineación temática entre convocatorias y líneas de investigación	Análisis documental de convocatorias, entrevistas a investigadores sobre afinidad temática
	Acceso y participación en oportunidades de financiación externa	Registro institucional de participación, resultados en convocatorias
	Percepción sobre utilidad y confiabilidad de las fuentes externas	Encuestas con escala de Likert, entrevistas cualitativas.

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Activadores institucionales	Disponibilidad de recursos institucionales para investigación	Revisión de asignación de tiempo docente, acceso a bases de datos, recursos para proyectos
	Existencia y funcionamiento de políticas institucionales de fomento	Análisis documental (PEI, reglamentos, convocatorias internas), entrevistas.
	Percepción de apoyo institucional por parte de los investigadores	Encuestas de percepción (escala Likert), entrevistas cualitativas.
Activadores personales	Nivel de motivación y vocación para investigar sobre problemas contextuales	Autoevaluaciones, entrevistas, trayectorias personales
Conocimiento previo	Grado de pertinencia del conocimiento acumulado para detectar oportunidades de investigación	Análisis de perfil profesional, revisión de publicaciones anteriores
Experiencia acumulada	Diversidad de campos y profundidad de experiencia aplicada a la identificación de problemas	Estudio de casos, revisión curricular
Fuentes externas de conocimiento	Frecuencia de uso y diversidad de fuentes externas consultadas en etapas iniciales del proceso	Registro de bases de datos, redes de contacto, entrevistas
Nuevo conocimiento captado del entorno	Número y calidad de ideas generadas a partir de la interacción con el context	Revisión de bitácoras, entrevistas, análisis de proyectos formulados
Interacción interna	Nivel de contribución de las discusiones internas en la identificación de problemas investigativos	Encuestas a equipos de investigación, análisis de actas de reuniones
Interacción externa	Nivel de articulación con comunidades o sectores externos en la etapa de identificación	Estudios de caso, entrevistas, revisión de alianzas o redes activas

4.3.1.4 Forma de evaluación sugerida. Cada subindicador será evaluado de forma cualitativa y, cuando sea posible, cuantitativa. La triangulación entre entrevistas, revisión documental y observación directa permitirá elaborar perfiles individuales y colectivos del desarrollo de esta capacidad. La información obtenida podrá clasificarse en los siguientes niveles: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto.

4.3.1.5 Justificación de la importancia del indicador. La capacidad de adquisición de conocimiento es la puerta de entrada al ciclo de la innovación, y su desarrollo efectivo garantiza que los procesos de investigación partan de una comprensión profunda y contextualizada de los problemas. Medir esta capacidad permite identificar fortalezas y limitaciones del entorno institucional, personal y externo en el que operan los investigadores, y orientar acciones estratégicas para fortalecer la exploración e inicio de nuevos proyectos que respondan a las necesidades del SIA.

4.3.2 *Indicador para la capacidad de asimilación*

La capacidad de asimilación, de acuerdo con Zahra y George (2002), se refiere a la habilidad de una organización para analizar, procesar, interpretar y comprender la información proveniente del entorno externo. Esta dimensión permite que el conocimiento adquirido sea interiorizado y articulado en función de las necesidades estratégicas de la organización.

En el contexto de una IES, esta capacidad es clave para formular proyectos pertinentes, diseñar estrategias de intervención y generar conocimiento contextualizado que responda a las necesidades reales de los territorios. La capacidad de asimilación implica una comprensión profunda del entorno, así como de las demandas de los actores sociales, las dinámicas académicas y las tendencias globales, permitiendo así una estructuración rigurosa de los procesos investigativos.

4.3.2.1 Componentes clave identificados. A partir del análisis narrativo de las entrevistas, se identifican los siguientes componentes funcionales que estructuran la capacidad de asimilación de conocimiento:

4.3.2.1.1 *Activadores externos.* Corresponden a las condiciones estructurales del entorno (convocatorias, políticas públicas, lineamientos de acreditación, y control de calidad) que orientan y modelan la forma en que los investigadores estructuran, formulan y organizan sus proyectos. Estos factores determinan qué tipo de conocimiento debe ser interiorizado y cómo debe organizarse para responder a exigencias externas, influyendo así en la forma y calidad de la formulación de proyectos.

4.3.2.1.2 Activadores institucionales. Son las condiciones, recursos y lineamientos que la institución ofrece para facilitar y fortalecer la formulación de proyectos. Incluyen el Proyecto Educativo Institucional (PEI), convocatorias internas, franjas horarias para investigación y estructuras administrativas de apoyo. Estos activadores permiten institucionalizar la investigación como una función misional, facilitando su articulación con problemáticas regionales.

4.3.2.1.3 Activadores personales. Se refieren a las motivaciones, intereses y disposiciones individuales que impulsan al investigador a formular proyectos coherentes con sus áreas de conocimiento. Estas motivaciones pueden incluir la pasión por investigar, el deseo de resolver problemáticas de la región, el reto personal de superarse, o la intención de proyectarse profesionalmente. Funcionan como motor interno que alinea el esfuerzo individual con los propósitos de la investigación.

4.3.2.1.4 Conocimientos previos. Son los saberes acumulados a partir de la formación académica, la experiencia docente o la lectura especializada. Funcionan como punto de partida para identificar vacíos, orientar la búsqueda de fuentes externas y establecer los objetivos de un proyecto. Los conocimientos previos también permiten valorar la pertinencia y viabilidad de participar en determinadas convocatorias.

4.3.2.1.5 Experiencia acumulada. Hace referencia a la trayectoria en formulación, ejecución y evaluación de proyectos de investigación. Esta experiencia permite estructurar propuestas más sólidas, con metodologías ajustadas y metas bien definidas. También facilita la gestión eficiente de recursos y tiempos, y la articulación con aliados estratégicos.

4.3.2.1.6 Fuentes externas de conocimiento. Incluyen documentos científicos, bases de datos, redes académicas, alianzas estratégicas y expertos temáticos. Proveen insumos relevantes para construir marcos teóricos, identificar tendencias investigativas y formular preguntas de investigación pertinentes. Su uso fortalece la calidad conceptual y metodológica del proyecto.

4.3.2.1.7 Nuevo conocimiento captado del entorno. Se refiere a los aprendizajes que surgen durante la formulación del proyecto como resultado de la revisión de literatura, el análisis del

contexto y la interacción con actores del entorno. Este conocimiento permite ajustar hipótesis, refinar objetivos y generar innovaciones en el diseño del proyecto.

4.3.2.1.8 Interacción externa. Comprende el contacto con comunidades, productores, asociaciones, empresas u otros actores interesados. Aporta insumos valiosos para contextualizar los problemas investigativos, validar objetivos y enriquecer la formulación con enfoques inter y transdisciplinarios. También facilita la apropiación social del conocimiento generado.

4.3.2.1.9 Interacción interna. Hace referencia a las dinámicas colaborativas entre los miembros del grupo de investigación. A través de discusiones, seminarios, lluvias de ideas y trabajo en equipo se consolidan propuestas más robustas y se alinean las capacidades del equipo con las exigencias del proyecto. Favorece la cohesión conceptual y metodológica.

Cada componente describe mecanismos diferenciados que, en conjunto, configuran el potencial de los investigadores para formular proyectos con bases sólidas, alineados con los problemas reales, con enfoques metodológicos pertinentes y proyección científica y social.

4.3.2.2 Propuesta de indicador global. Para desarrollar la propuesta del indicador se procede establecer un nombre de indicador que muestre que es lo que se mide y cómo se interpreta el resultado en términos de cualidad o cantidad. Posteriormente se hace una definición operacional con el fin de delimitar que es lo que se va a medir, a quien se le aplica la medición y como se hace esa medición. Finalmente, con una matriz de operacionalización se complementa la información para establecer el indicador.

De esta manera se tiene:

4.3.2.2.1 Nombre del indicador. Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Asimilación de Conocimiento (NDCAsC)

4.3.2.2.2 Definición operacional. El NDCAsC refleja el grado en el que los investigadores son capaces de interiorizar el conocimiento adquirido, transformándolo en formulaciones claras de problemas de investigación, objetivos, hipótesis y metodologías coherentes. Evalúa la articulación entre conocimiento previo, fuentes externas y dinámicas institucionales, para estructurar propuestas de investigación pertinentes y viables.

4.3.2.3 Forma general de medición. Se propone una medición basada en una escala de valoración cualitativa, que permita clasificar el nivel de desarrollo de la capacidad de adquisición en cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

En etapas posteriores del proyecto, esta medición cualitativa podrá complementarse con herramientas cuantitativas como encuestas, escalas Likert o índices compuestos.

4.3.2.4 Matriz de operacionalización. En la Tabla 8 a los componentes identificados por los investigadores se les asocian subindicadores y la forma de hacer la medición.

Tabla 8
Matriz de operacionalización capacidad de asimilación

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Activadores externos	Grado de alineación temática con convocatorias externas	Análisis documental de proyectos presentados y su correspondencia con los lineamientos externos
	Nivel de influencia de políticas públicas y acreditación en la formulación	Encuestas y entrevistas a investigadores sobre la incidencia de estas normativas
	Frecuencia de participación en convocatorias de financiación	Registro institucional de participación y seguimiento a convocatorias externas
Activadores institucionales	Disponibilidad de recursos institucionales para formular proyectos	Revisión presupuestal, número de docentes con horas asignadas a investigación, acceso a laboratorios
	Claridad y aplicación de lineamientos institucionales en investigación	Análisis documental (PEI, planes de desarrollo), entrevistas sobre percepción de claridad estratégica
	Eficiencia administrativa para apoyar la formulación y ejecución	Encuestas sobre trámites administrativos, tiempos de respuesta, procesos de adquisición
Activadores personales	Nivel de motivación e iniciativa personal para estructurar propuestas	Entrevistas, análisis de trayectorias investigativas
Conocimiento previo	Utilización efectiva del saber acumulado en la formulación de proyectos	Revisión de proyectos previos, entrevistas, análisis curricular
Experiencia acumulada	Capacidad para identificar variables, objetivos, métodos y aliados estratégicos	Evaluación de portafolios de proyectos, entrevistas

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Fuentes externas de información	Diversidad, profundidad y pertinencia de las fuentes empleadas	Revisión de bibliografía, entrevistas, bases de datos consultadas
Nuevo conocimiento captado del entorno	Nivel de integración del conocimiento emergente del entorno en las propuestas	Análisis de coherencia entre diagnóstico y formulación
Interacción externa	Grado de integración de aportes externos (comunidades, aliados, expertos)	Revisión de procesos participativos, entrevistas, redes de colaboración
Interacción interna	Calidad del diálogo académico en la formulación de proyectos	Análisis de actas de reuniones, entrevistas, observación de dinámicas grupales

4.3.2.5 Forma de evaluación sugerida. Cada subindicador debe ser valorado a partir de análisis documentales, entrevistas a profundidad, revisión de evidencias y triangulación metodológica. Esta evaluación debe centrarse exclusivamente en investigadores, como actores clave en el fortalecimiento de la dimensión asimilativa dentro del SIA.

4.3.2.6 Justificación de la importancia del indicador. La medición de la capacidad de asimilación permite evaluar con precisión hasta qué punto los investigadores logran transformar el conocimiento adquirido en propuestas concretas, pertinentes y alineadas con los desafíos del territorio. Es una dimensión central para transitar desde la adquisición de insumos hacia la estructuración efectiva de estrategias y proyectos que articulen las demandas sociales con los avances del conocimiento.

Este indicador es clave para identificar cuellos de botella, definir rutas de fortalecimiento institucional y diseñar estrategias de formación en formulación de proyectos, análisis de contexto y gestión de redes de conocimiento. De este modo, se potencia la transición de un modelo centrado en la explotación del conocimiento hacia uno que fomente su exploración crítica y propositiva, en beneficio del desarrollo del sistema agrícola y científico regional.

4.3.3 *Indicador para la capacidad de transformación.*

La capacidad de transformación corresponde a una de las dimensiones intermedias de la capacidad de absorción según Zahra y George (2002), y se refiere a la habilidad de una organización para desarrollar y refinar rutinas que faciliten combinar el conocimiento previamente

adquirido y asimilado con el conocimiento nuevo. En el contexto universitario, esta capacidad se expresa de manera concreta en la posibilidad de convertir los hallazgos de la investigación en productos científicos y tecnológicos validados, tales como publicaciones en revistas indexadas, libros, prototipos, innovaciones y desarrollos tecnológicos que circulan en la comunidad académica y productiva.

En un SIA, la capacidad de transformación de las IES es fundamental para que el conocimiento generado se consolide, tenga validez científica y tecnológica, y esté disponible para otros actores que podrán explotarlo o adaptarlo. Esta etapa representa una bisagra entre la generación de conocimiento y su futura aplicación o apropiación social, vinculando así la producción académica con el desarrollo de soluciones prácticas que fortalecen el sistema de innovación.

4.3.3.1 Componentes clave identificados. A partir del análisis narrativo de los testimonios de los investigadores, se identificaron los siguientes componentes estructurales de la capacidad de transformación:

4.3.3.1.1 Activadores externos. Son los factores del entorno que condicionan el proceso de publicación, como los requerimientos de las revistas científicas (revisión por pares, estándares metodológicos, tiempos de evaluación) y la infraestructura científica disponible. Aunque estos activadores pueden elevar la calidad, también representan barreras si no existen los medios para cumplir con sus exigencias.

4.3.3.1.2 Activadores institucionales. Se refieren a las políticas, incentivos y apoyos ofrecidos por la institución para facilitar la publicación de los resultados de investigación. Su presencia (o ausencia) incide directamente en la continuidad, frecuencia y calidad de la producción académica. Cuando existen líneas editoriales claras, incentivos económicos o tiempo destinado a publicar, se incrementa la probabilidad de transformar el conocimiento en publicaciones científicas.

4.3.3.1.3 Activadores personales. Son las motivaciones individuales que impulsan a los investigadores a convertir los resultados de sus proyectos en productos científicos. Incluyen el

deseo de reconocimiento académico, el compromiso con el avance del conocimiento, y la satisfacción personal al contribuir con aportes relevantes. Estos activadores fortalecen la disposición para enfrentar los desafíos del proceso de publicación.

4.3.3.1.4 Experiencia acumulada. La experiencia acumulada en investigación y publicación permite a los investigadores adaptar sus productos a los formatos y estándares requeridos por las revistas científicas. Facilita la elección de medios de divulgación adecuados, mejora la calidad de redacción y análisis, y optimiza los tiempos del proceso editorial. La experiencia también aporta estrategias para responder adecuadamente a los comentarios de evaluadores.

Cada uno de estos componentes ejerce una influencia diferenciada sobre la posibilidad de transformar el conocimiento generado en resultados tangibles de alta calidad científica.

4.3.3.2 Propuesta de indicador global. Para desarrollar la propuesta del indicador se procede establecer un nombre de indicador que muestre que es lo que se mide y cómo se interpreta el resultado en términos de cualidad o cantidad. Posteriormente se hace una definición operacional con el fin de delimitar que es lo que se va a medir, a quien se le aplica la medición y como se hace esa medición. Finalmente, con una matriz de operacionalización se complementa la información para establecer el indicador.

De esta manera se tiene:

4.3.3.2.1 Nombre del indicador. Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Transformación del Conocimiento (NDCTC)

4.3.3.2.2 Definición operacional. El NDCTC expresa el grado en que un investigador o grupo de investigación es capaz de convertir el conocimiento generado en productos científicos validados, como artículos, libros, capítulos, patentes u otras formas de comunicación académica indexada. Este indicador recoge la influencia de factores estructurales, institucionales y personales sobre dicho proceso.

4.3.3.3 Forma general de medición. Se propone una clasificación cualitativa del NDCTC con base en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Esta valoración podrá ser

aplicada a individuos, grupos o instituciones, mediante herramientas como entrevistas, análisis documental de productos, trayectorias investigativas y registros de productividad científica.

4.3.3.4 Matriz de operacionalización. En la Tabla 9 a los componentes identificados por los investigadores se les asocian subindicadores y la forma de hacer la medición.

Tabla 9

Matriz de operacionalización capacidad de transformación

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Activadores externos	Nivel de dificultad en los procesos editoriales externos	Encuestas, entrevistas, tiempos de publicación promedio
Activadores institucionales	Grado de apoyo institucional para la publicación de productos científicos	Revisión de políticas, entrevistas, análisis de incentivos disponibles
Activadores personales	Motivación personal por publicar y divulgar conocimiento	Entrevistas en profundidad, escalas de percepción
Experiencia acumulada	Nivel de experiencia en publicación y conocimiento del proceso editorial	Revisión de publicaciones previas, entrevistas, trayectoria investigativa

4.3.3.5 Forma de evaluación sugerida. La evaluación podrá hacerse a partir de una matriz que combine la valoración cualitativa de cada subindicador, junto con una puntuación ponderada si se desea construir un índice compuesto. También es posible utilizar el análisis de trayectorias de publicación como evidencia objetiva del desarrollo de esta capacidad.

4.3.3.6 Justificación de la importancia del indicador. La capacidad de transformación representa el paso que convierte el conocimiento generado en un producto validado y visible para el mundo académico. Su medición permite identificar cuellos de botella institucionales, barreras estructurales o factores motivacionales que inciden en la baja productividad científica. Al establecer un indicador diferenciado para esta dimensión, se contribuye al diseño de estrategias que mejoren el flujo de conocimiento desde su generación hasta su divulgación y aprovechamiento.

4.3.4 Indicador para la capacidad de explotación

La capacidad de explotación, según Zahra y George (2002), hace referencia a la habilidad de una organización para incorporar el conocimiento transformado en sus rutinas, procesos y actividades productivas. Esta dimensión implica no solo la aplicación de los resultados investigativos, sino también la generación de impactos tangibles que reflejen la apropiación del conocimiento por parte de actores clave.

En el marco de un SIA, esta capacidad se materializa en la utilización efectiva del conocimiento generado por los investigadores, su transferencia a los productores, y su integración en prácticas productivas sostenibles y contextualizadas.

4.3.4.1 Componentes clave identificados. Con base en el análisis narrativo de las entrevistas y en la sistematización previa de las otras dimensiones de la capacidad de absorción, se identifican los siguientes componentes fundamentales que estructuran la capacidad de explotación:

4.3.4.1.1 Activadores institucionales. Condiciones internas que facilitan o dificultan la transferencia del conocimiento, como el respaldo institucional, recursos asignados y políticas de apoyo a la explotación del conocimiento.

4.3.4.1.2 Régimen de apropiabilidad. Conjunto de mecanismos institucionales para proteger el conocimiento generado, como normas de propiedad intelectual y apoyo al registro de patentes o derechos de autor.

4.3.4.1.3 Estructuras de transferencia de conocimiento y tecnología. Comprenden las oficinas, programas reglamentos y recursos dedicados a la transferencia tecnológica y de conocimientos

4.3.4.1.4 Apropiación social del conocimiento. Estrategias y acciones para asegurar que el conocimiento llegue a la sociedad, sea comprendido por los actores sociales y utilizado en la solución de problemas reales.

4.3.4.1.5 Interacción externa. Relaciones con actores externos que permiten validar, adaptar y aplicar el conocimiento en contextos sociales y productivos, fortaleciendo su impacto.

4.3.4.2 Propuesta de indicador global. Para desarrollar la propuesta del indicador se procede establecer un nombre de indicador que muestre que es lo que se mide y cómo se interpreta el resultado en términos de cualidad o cantidad. Posteriormente se hace una definición operacional con el fin de delimitar que es lo que se va a medir, a quien se le aplica la medición y como se hace esa medición. Finalmente, con una matriz de operacionalización se complementa la información para establecer el indicador.

De esta manera se tiene:

4.3.4.2.1 Nombre del indicador. Nivel de Desarrollo de la Capacidad de Explotación de Conocimiento (NDCEC)

4.3.4.2.2 Definición operacional. El NDCEC refleja el grado en que los investigadores y sus instituciones logran transferir y aplicar los conocimientos generados hacia actores externos, comunidades o sectores productivos, mediante mecanismos institucionales, estructuras de protección del conocimiento, procesos de apropiación social y vínculos estratégicos con actores externos.

4.3.4.3 Forma general de medición. Se sugiere una evaluación cualitativa en cinco niveles (muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto), complementada con métricas e indicadores secundarios según el componente analizado.

4.3.4.4 Matriz de operacionalización. En la Tabla 10 a los componentes identificados por los investigadores se les asocian subindicadores y la forma de hacer la medición.

Tabla 10

Matriz de operacionalización capacidad de explotación

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Activadores institucionales	Existencia de estructuras de apoyo a la transferencia de tecnología	Revisión documental (oficinas, reglamentos), entrevistas institucionales
	Nivel de dependencia de iniciativas individuales para la explotación del conocimiento	Encuestas a investigadores, análisis de casos de transferencia

Componente funcional	Subindicador propuesto	Forma de medición sugerida
Régimen de apropiabilidad	Coherencia entre política institucional y acciones de explotación	Análisis estratégico de lineamientos institucionales
	Existencia y uso de mecanismos de protección de propiedad intelectual	Registro de patentes, derechos de autor, entrevistas con oficinas de transferencia
	Nivel de conocimiento institucional sobre protección del conocimiento	Encuestas a investigadores, oferta de capacitaciones
Estructuras de transferencia de tecnología y conocimientos	Grado de acompañamiento institucional en procesos de protección	Revisión de apoyos brindados, entrevistas a investigadores
	Existencia y funcionamiento de oficinas de transferencia de tecnología y conocimientos	Revisión documental (estatutos, reglamentos, informes de gestión)
	Nivel de articulación entre las estructuras de transferencia y los grupos de investigación	Entrevistas a investigadores y gestores de transferencia
Apropiación social del conocimiento	Resultados obtenidos por las estructuras	Registros institucionales, análisis de resultados
	Estrategias institucionales de apropiación más allá de publicaciones académicas	Revisión de productos de divulgación (audiovisuales, cartillas, eventos comunitarios)
	Nivel de impacto de productos de apropiación en comunidades locales	Estudios de caso, entrevistas con beneficiarios
Interacción externa	Existencia de un marco normativo o de gobernanza para la apropiación del conocimiento	Revisión documental y análisis normativo
	Frecuencia y calidad de vínculos con sectores sociales y productivos	Registro de convenios, entrevistas a aliados externos, estudios de interacción
	Aplicación efectiva del conocimiento en contextos reales	Análisis de resultados aplicados (ej. tecnologías implementadas, soluciones adoptadas)
	Obstáculos percibidos para la interacción externa	Entrevistas, análisis de barreras estructurales

4.3.4.5 Forma de evaluación sugerida. Se propone una combinación metodológica que incluya entrevistas a investigadores, actores del sistema (especialmente usuarios finales), análisis documental de productos institucionales y revisión de proyectos ejecutados. La triangulación permitirá establecer un perfil confiable sobre el nivel de explotación de conocimiento alcanzado por los equipos investigadores.

4.3.4.6 Justificación de la importancia del indicador. La capacidad de explotación constituye el puente final entre la generación de conocimiento y su impacto real en el entorno. Medir esta capacidad permite identificar cuánto del conocimiento transformado realmente se traduce en soluciones utilizadas, en innovaciones adoptadas y en cambios significativos en las prácticas productivas y sociales. En un IES, fortalecer esta dimensión es fundamental para garantizar que la investigación no se quede en el plano teórico, sino que incida efectivamente en el bienestar de las comunidades y en la sostenibilidad del sector agrícola.

Este indicador puede emplearse como herramienta de evaluación para orientar planes institucionales, reformular estrategias de transferencia, y monitorear la eficacia de las intervenciones en diferentes contextos territoriales.

La definición de indicadores y variables constituye un avance metodológico que permite operacionalizar el modelo de capacidad de absorción en las IES. Estos indicadores, construidos desde la articulación conceptual y contextual, abren la posibilidad de realizar un seguimiento más preciso del papel de las IES en la transición entre procesos de explotación y exploración del conocimiento al interior del SIA.

4.4 Modelado computacional de la capacidad de absorción

Este componente corresponde a la Fase 3 de la metodología, asociada al tercer objetivo específico: desarrollar un modelo computacional que permita analizar las dinámicas de interacción entre componentes y factores de la capacidad de absorción en las IES para el desarrollo del ambidiestrismo en un SIA.

Una vez definidos los indicadores para las distintas dimensiones de la capacidad de absorción (a partir del análisis de las entrevistas a los investigadores, la identificación de componentes clave, la formulación de indicadores, subindicadores y formas sugeridas de medición), el siguiente paso metodológico se enfoca en la construcción de un modelo computacional. Este modelo busca analizar de manera sistémica cómo interactúan dichas dimensiones y factores, y cómo estas interacciones inciden en el desarrollo de la capacidad de absorción de una IES para promover el ambidiestrismo en un SIA.

En este sentido, los indicadores definidos no solo han permitido estructurar conceptualmente las capacidades de adquisición, asimilación, transformación y explotación, sino

que también sirven como base para el diseño de un modelo dinámico que represente sus relaciones causales, retroalimentaciones y comportamientos en el tiempo. A partir de ello, se ha abordado el desarrollo del modelo computacional siguiendo una serie de actividades específicas: diseño conceptual del modelo con enfoque en dinámica de sistemas, construcción del modelo en software especializado, calibración del modelo, simulación de escenarios relevantes y análisis de resultados orientados a comprender las condiciones que favorecen o dificultan la transición entre procesos de explotación a exploración del conocimiento.

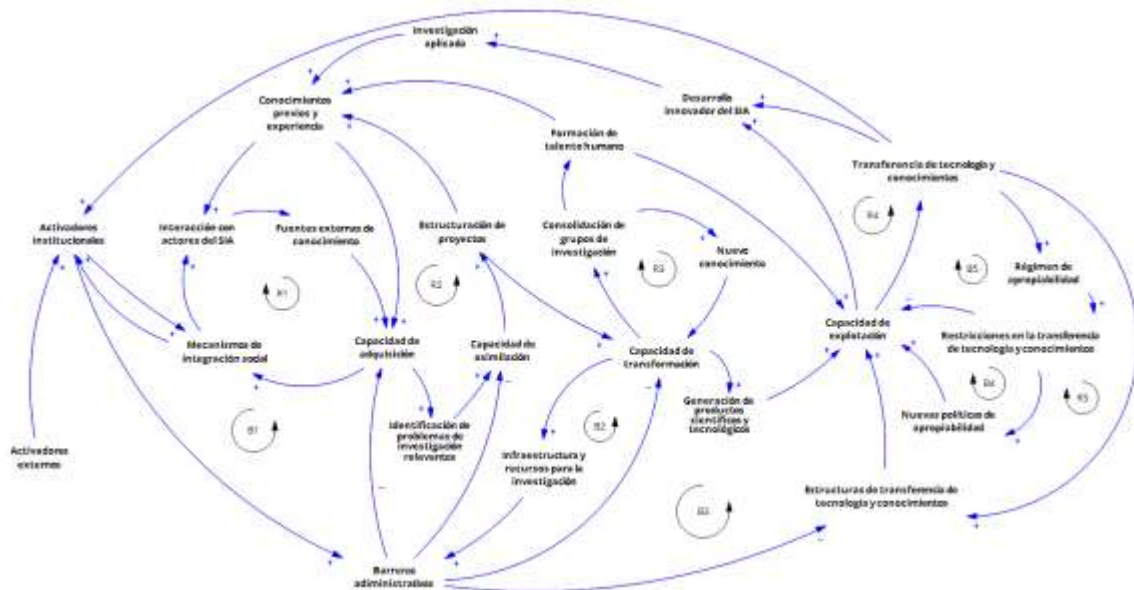
A continuación, se presentan los principales avances y hallazgos derivados del desarrollo de estas actividades.

4.4.1 Diseño conceptual del modelo con enfoque en dinámica de sistemas

El diseño conceptual del modelo computacional se fundamenta en un enfoque de dinámica de sistemas y se estructura a partir del análisis cualitativo realizado con investigadores de la IES en el contexto del SIA. Como resultado, se identificaron las variables clave, sus relaciones causales y los bucles de retroalimentación que configuran la dinámica de la capacidad de absorción en el marco del desarrollo del ambidiestrismo.

Producto de este proceso se construyó un diagrama de lazos causales, el cual sintetiza las influencias entre variables y representa gráficamente la lógica del modelo. En la Figura 8 se presenta el diagrama de lazos causales, el cual constituye un insumo clave para la posterior construcción del modelo computacional, permitiendo visualizar las interacciones, acumulaciones y retroalimentaciones que caracterizan el sistema bajo estudio.

El modelo conceptual propuesto está conformado por las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción: adquisición, asimilación, transformación y explotación, cada una de las cuales está influenciada por factores activadores, condiciones institucionales y dinámicas internas del sistema. Estas dimensiones no se presentan como elementos aislados, sino como componentes interrelacionados que generan procesos acumulativos y dependencias circulares, tal como lo evidencian los bucles de retroalimentación positiva (refuerzo) y negativa (balanceo) identificados en el diagrama.

Figura 8*Diagrama de lazos causales*

Entre los bucles de refuerzo, destacan aquellos que fortalecen la trayectoria del conocimiento al interior del sistema. Por ejemplo, la formación de talento humano y la consolidación de grupos de investigación (R2 y R3) refuerzan la generación de nuevo conocimiento, el cual incrementa la capacidad del sistema para producir resultados científicos y tecnológicos. Esto, a su vez, retroalimenta la transformación del conocimiento y consolida el desarrollo innovador del SIA. También se identifica un bucle de refuerzo inicial (R1) en la capacidad de adquisición, donde la interacción con fuentes externas de conocimiento y actores del SIA incrementa la experiencia acumulada, facilitando nuevas adquisiciones de conocimiento.

De igual forma, se reconocen diversos bucles de balanceo (B1 a B5), que actúan como mecanismos de contención dentro del sistema. Por ejemplo, los mecanismos de integración social pueden verse limitados por barreras institucionales o administrativas (B1), afectando la capacidad de adquisición. De manera similar, la transferencia de tecnología y conocimientos puede verse restringida por condiciones institucionales adversas, como un régimen de apropiabilidad poco favorable o la ausencia de estructuras de transferencia (B4 y B5). Estos bucles de balanceo regulan y, en algunos casos, frenan los efectos acumulativos generados por los bucles de refuerzo.

El diseño conceptual, por tanto, no solo permite representar las relaciones causales entre los factores que componen la capacidad de absorción, sino que también posibilita la simulación de

escenarios para analizar cómo estas interacciones pueden favorecer o dificultar la transición entre procesos de explotación del conocimiento existente y exploración de nuevos conocimientos, lo cual es fundamental para el desarrollo del ambidiestrismo en el SIA.

4.4.2 Construcción del modelo en software especializado

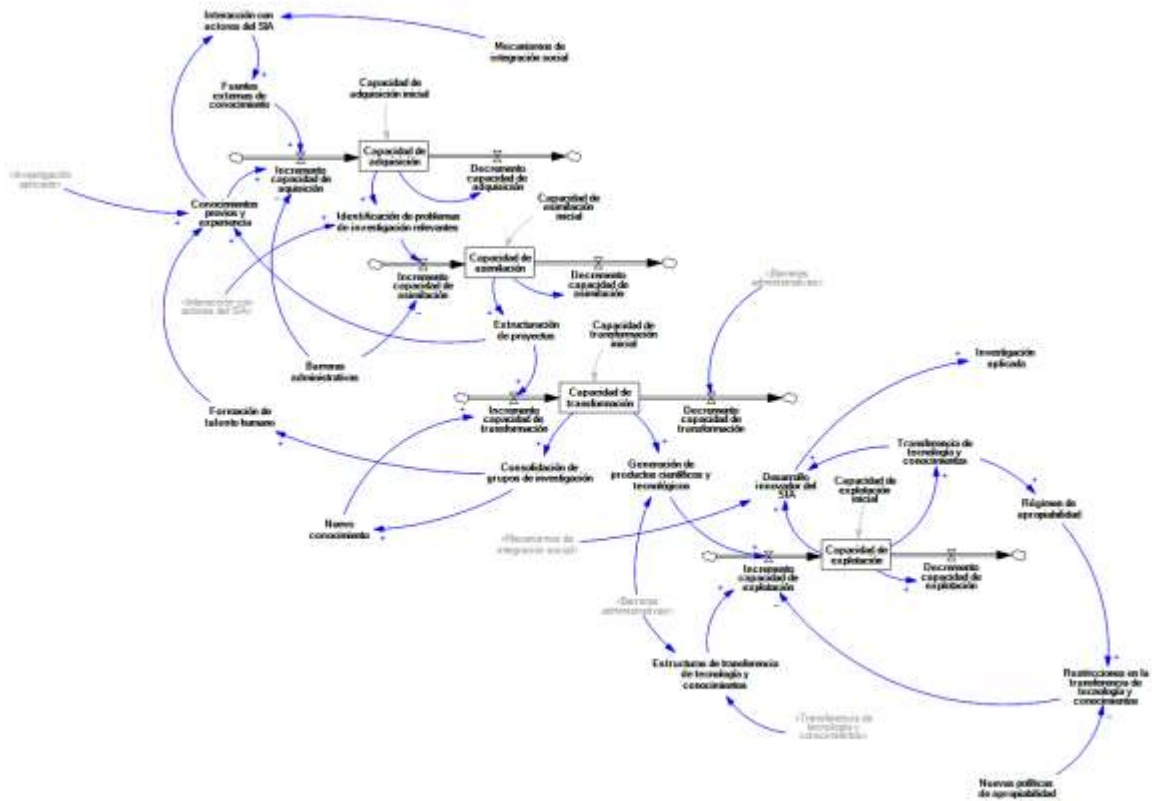
Con base en el diseño conceptual previamente elaborado, se procedió a la implementación del modelo computacional utilizando Vensim, un software especializado en modelado y simulación de sistemas dinámicos. Esta herramienta permitió traducir el diagrama de lazos causales en un diagrama de Forrester el cual es una estructura formal compuesta por niveles (stocks), flujos, variables auxiliares y conectores, facilitando la representación cuantitativa y dinámica de las relaciones identificadas.

Cada una de las dimensiones de la capacidad de absorción (adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento) fue representada como una variable de nivel, debido a su carácter acumulativo. Los flujos asociados modelan los procesos que permiten el incremento de estas capacidades, en interacción con factores como la identificación de problemas, la formulación de proyectos, la generación de resultados de investigación y la apropiación social del conocimiento.

En el modelo también se integraron variables que representan factores activadores (institucionales y personales), mecanismos de integración social y el régimen de apropiabilidad. Estas variables operan como moduladores del sistema, influyendo sobre las tasas de cambio mediante funciones lineales, de acuerdo con la naturaleza de las relaciones identificadas en el análisis conceptual.

La Figura 9 muestra la estructura resultante del modelo implementado en Vensim, donde se puede observar la articulación entre los distintos procesos que configuran la capacidad de absorción en el contexto de la gestión del conocimiento en un SIA.

Figura 9
Diagrama de Forrester



Una de las características más relevantes del modelo es la presencia de múltiples bucles de retroalimentación, tanto de refuerzo como de balanceo. Entre los bucles de refuerzo, destacan aquellos que amplifican el efecto positivo de la generación de nuevos conocimientos sobre la formulación de nuevos proyectos, y de estos sobre la adquisición continua de conocimiento. Así, el sistema reproduce ciclos virtuosos donde la capacidad de absorción se fortalece progresivamente, siempre que existan condiciones institucionales y sociales adecuadas.

Por su parte, los bucles de balanceo permiten representar restricciones internas y externas, como las dificultades para la integración social o los límites impuestos por un régimen de apropiabilidad poco favorable. Estos bucles introducen mecanismos de estabilización que pueden frenar el crecimiento de ciertas capacidades, haciendo visible la necesidad de intervenciones estratégicas para superar tales cuellos de botella.

La transición del diagrama causal al diagrama de Forrester (implementado en Vensim) exige una serie de consideraciones metodológicas que permiten ajustar la representación

conceptual del sistema a una estructura formal apta para la simulación. En primer lugar, se identificaron variables exógenas que, si bien influyen en el comportamiento del sistema, presentan una variabilidad muy lenta y no dependen directamente de las condiciones institucionales. Estas variables, como los factores externos, no se incluyeron en el diagrama de Forrester debido a su carácter exógeno y a su baja sensibilidad a las dinámicas internas del sistema.

En segundo lugar, se procedió a la fusión de algunas variables que en el diagrama causal estaban desagregadas, pero que en la práctica representan componentes de un mismo proceso. Esta agregación permite simplificar la estructura del modelo sin perder coherencia conceptual, facilitando así su implementación en herramientas de simulación.

Con el propósito de mantener la trazabilidad del razonamiento causal original y recuperar detalles relevantes de los procesos agregados, fue necesario incorporar nuevas variables que no estaban presentes en el diagrama causal inicial. Estas variables cumplen una función de enlace o de control dentro de los procesos dinámicos y son esenciales para preservar la lógica interna del sistema representado.

Finalmente, la construcción del modelo requirió la formulación de ecuaciones que expresan las relaciones causales identificadas en el modelo conceptual. Estas ecuaciones, en su mayoría, adoptan una forma lineal del tipo:

$$Y = A * X_1 + B * X_2 + C \quad (1)$$

donde Y representa la variable dependiente (por ejemplo, un flujo), X_1 y X_2 son variables independientes que influyen sobre ella, A y B son coeficientes que determinan el peso relativo de cada influencia, y C es un valor base o constante inicial. Esta estructura matemática permite representar de forma sencilla las relaciones causales dentro del sistema. Además, esta ecuación permite ajustar los parámetros A, B y C con el fin de abordar más adelante el proceso de calibración del modelo.

En la Tabla 11 se muestran las variables del modelo, su definición operativa y las variables influyentes, el signo + indica una influencia directa y el signo – indica una influencia inversa.

Tabla 11
Variables del sistema y sus influencias

Variable	Definición operacional	Variables que influyen
Interacción con actores del SIA	Es el proceso mediante el cual las IES establecen vínculos con productores, asociaciones, empresas y entidades gubernamentales para intercambiar conocimientos, identificar problemáticas y proponer soluciones que impulsen la innovación en el sector agropecuario	Mecanismos de integración social (+) Conocimientos previos y experiencia (+)
Mecanismos de integración social	Son estructuras institucionales que facilitan el intercambio y aplicación del conocimiento tanto a nivel interno como externo. Internamente se manifiesta a través de reuniones de investigadores dentro de la IES y espacios de trabajo interdisciplinario, externamente promueven la interacción con los actores del SIA y la transferencia de experiencias con los actores y entidades del sector agropecuario	Es definido como un parámetro el cual puede tomar valores entre 0 y 100
Fuentes externas de conocimiento	Hace referencia al entorno directo en el que se desea intervenir dentro del SIA. Comprende la interacción con actores clave como productores, asociaciones, instituciones del sector agropecuario, autoridades locales y otros agentes territoriales. Estas fuentes permiten identificar necesidades, problemas y oportunidades relevantes para orientar la investigación aplicada desde la universidad	Interacción con actores del SIA (+)
Investigación aplicada	Es aquella orientada a resolver problemas concretos mediante el uso del conocimiento científico y tecnológico. En el SIA, busca desarrollar soluciones innovadoras para el sector agropecuario, facilitando la transferencia de tecnología, la optimización de procesos productivos y el fortalecimiento de la sostenibilidad agrícola	Desarrollo innovador del SIA (+)
Conocimientos previos y experiencia	Los conocimientos previos son la base teórica adquirida mediante formación académica, revisión de literatura y trabajos anteriores. La experiencia representa el aprendizaje práctico acumulado en la investigación, permitiendo identificar problemas, diseñar metodologías y aplicar el conocimiento de manera más efectiva	Investigación aplicada (+) Formación de talento humano (+) Estructuración de proyectos (+)
Identificación de problemas de investigación relevantes	Es el proceso mediante el cual se detectan necesidades y oportunidades de estudio con impacto académico y social. En el SIA, esto implica analizar el contexto agropecuario, interactuar con actores clave, revisar literatura científica y	Interacción con actores del SIA (+)

Variable	Definición operacional	Variables que influyen
	considerar tendencias sectoriales para formular investigaciones pertinentes y aplicables	
Formación de talento humano	Es el proceso de desarrollo de capacidades y competencias en investigadores, docentes y estudiantes para fortalecer la generación y aplicación del conocimiento, surge en el mismo proceso de interacción con actores del SIA, la participación en redes de conocimiento tanto internas como externas, la colaboración interdisciplinaria, la búsqueda de metodologías adecuadas y en general todo ese recorrido que implica la gestión de proyectos	Consolidación de grupos de investigación (+)
Barreras administrativas	Son obstáculos dentro de la gestión institucional que dificultan el desarrollo y aplicación de la investigación. Pueden incluir procesos burocráticos complejos, demoras en la asignación de recursos, falta de claridad en normativas y rigidez en la gestión de proyectos, limitando el desarrollo de las dimensiones de la capacidad de absorción	Es definida como un parámetro de control que varía entre 0 y 100
Estructuración de proyectos	Es el proceso de diseñar y planificar una investigación, definiendo objetivos, metodología, recursos y cronograma. En el SIA, implica alinear el proyecto con las necesidades del sector agropecuario, integrando conocimientos previos, fuentes externas y colaboración con actores clave para garantizar su relevancia y aplicabilidad	Capacidad de asimilación (+)
Nuevo conocimiento	Surge del proceso de adquisición y asimilación, resultado de la integración de conocimientos previos, experiencia, interacción con fuentes externas y análisis del contexto. En el SIA, este conocimiento permite formular nuevas hipótesis, desarrollar metodologías innovadoras y generar propuestas de investigación alineadas con las necesidades del sector agropecuario	Consolidación de grupos de investigación (+)
Consolidación de grupos de investigación	Es el fortalecimiento de equipos académicos que trabajan en líneas temáticas comunes, fomentando la colaboración interdisciplinaria, la producción científica y la vinculación con el sector externo. En el SIA, facilita la absorción y aplicación del conocimiento en la solución de problemáticas agropecuarias	Capacidad de transformación (+)
Generación de productos científicos y tecnológicos	Es el resultado del proceso de investigación, reflejado en publicaciones, prototipos, patentes y metodologías innovadoras. En el SIA, estos productos contribuyen a la	Capacidad de transformación (+)

Variable	Definición operacional	Variabes que influyen
	transferencia de conocimiento, fortaleciendo la innovación y el desarrollo del sector agropecuario	
Estructuras de transferencia de tecnología y conocimientos	Son mecanismos que facilitan la difusión y aplicación del conocimiento generado en la investigación. En el SIA, incluyen oficinas de transferencia, programas de extensión, alianzas con actores productivos y estrategias de divulgación, asegurando que la innovación llegue y beneficie a la sociedad y el sector agropecuario	Transferencia de tecnología y conocimientos (+) Barreras administrativas (-)
Desarrollo innovador del SIA	Es el resultado del proceso de apropiación, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en el entorno agropecuario. Se manifiesta en la transformación de prácticas productivas, organizativas o comerciales por parte de los actores del SIA, generando mejoras en productividad, sostenibilidad, calidad y acceso a mercados. Este desarrollo es impulsado por la interacción efectiva con la universidad y la capacidad del sistema para integrar e incorporar conocimiento nuevo en sus dinámicas territoriales	Mecanismos de integración social (+) Capacidad de explotación (+) Transferencia de tecnología y conocimientos (+)
Transferencia de tecnología y conocimientos	Es el proceso mediante el cual los desarrollos científicos y tecnológicos generados en la investigación se difunden y aplican en el sector productivo y la sociedad. En el SIA, implica la colaboración con productores, empresas y entidades para adaptar e implementar innovaciones que fortalezcan la productividad y sostenibilidad agropecuaria	Capacidad de explotación (+)
Régimen de apropiabilidad	Se refiere a las condiciones y mecanismos que regulan la protección, uso y explotación del conocimiento generado en la investigación. En el SIA, incluye políticas de propiedad intelectual, patentes, licenciamiento y estrategias de divulgación, asegurando que la innovación sea accesible y beneficie al sector agropecuario y la sociedad	Transferencia de tecnología y conocimientos (+)
Restricciones en la transferencia de tecnología y conocimientos	Son limitaciones que dificultan la difusión y aplicación de innovaciones en el sector productivo y la sociedad. En el SIA, pueden incluir la falta de políticas institucionales, escasos incentivos para la vinculación, barreras de propiedad intelectual y poca articulación entre la universidad y los actores agropecuarios	Régimen de apropiabilidad (+) Nuevas políticas de apropiabilidad (-)
Nuevas políticas de apropiabilidad	Son estrategias diseñadas para fortalecer la protección, gestión y uso del conocimiento generado en la investigación. En el SIA, buscan optimizar la transferencia de tecnología, fomentar la propiedad intelectual, facilitar	Constante

Variable	Definición operacional	Variabes que influyen
	licenciamientos y promover la apropiación social del conocimiento para maximizar su impacto en el sector agropecuario	

Para ilustrar la forma de las ecuaciones se toma como ejemplo la variable Desarrollo innovador del SIA, de acuerdo con la Tabla 11 sobre esta variable influyen de manera positiva las variables Mecanismos de integración social, Capacidad de explotación y Transferencia de tecnología y conocimientos. Siguiendo la estructura de la Ecuación 1:

$$\text{Desarrollo innovador del SIA} = A * X_1 * B * X_2 + C * X_3 + D \quad (2)$$

En este caso: X_1 corresponde a Mecanismos de integración social

X_2 corresponde a Capacidad de explotación

X_3 corresponde a Transferencia de tecnología

A, B y C son los coeficientes que determinan el peso relativo de cada componente

D es un valor inicial que puede tomar la variable

Al momento de hacer las calibraciones los factores de las ecuaciones se pueden modificar para hacer los ajustes correspondientes

4.4.3 Calibración del modelo

La calibración del modelo se hace en dos partes: una calibración preliminar y una calibración en la cual se utilizan datos empíricos. La calibración preliminar se realiza con el propósito de ajustar los parámetros de las ecuaciones estructurales del modelo y verificar que su comportamiento fuese coherente bajo condiciones extremas. Esta etapa es esencial en el enfoque de dinámica de sistemas, ya que permite identificar inconsistencias o resultados físicamente imposibles, y constituye una práctica recomendada por autores como Sterman (2000).

Para lograr una simulación coherente y útil en el contexto del modelo, fue necesario definir rangos de valores para las variables incluidas en el sistema. Esta decisión responde a dos razones fundamentales. En primer lugar, el establecimiento de límites permite identificar cuándo una

simulación cae en condiciones normales, extremas o inválidas, lo que facilita la interpretación de los resultados y evita caer en escenarios que carecen de sentido práctico o físico, como lo advierte Stermán (2000) en sus recomendaciones sobre validación estructural.

En segundo lugar, se requiere una base comparativa con los datos empíricos que serán usados para la calibración formal del modelo. Dado que los datos provenientes del OC y T (que se utilizarán como modos de referencia) se encuentran normalizados en un rango de 0 a 100, se estableció que todas las variables del modelo dinámico se manejarían también dentro de este mismo intervalo. Este rango ofrece una escala común que permite contrastar los valores simulados con los valores observados en la realidad, manteniendo la consistencia entre las unidades y evitando errores de interpretación durante la fase de análisis y comparación.

En el modelo propuesto para analizar la capacidad de absorción de las IES en el marco de un SIA, se han seleccionado las variables Mecanismos de integración social y Barreras administrativas como variables clave y parámetros de análisis en los escenarios de simulación. La elección de estas variables responde a que, según los investigadores, ambas constituyen factores estructurales y organizativos con alta incidencia sobre el proceso investigativo.

Los Mecanismos de integración social comprenden los procesos, prácticas y espacios que facilitan la interacción entre actores (universidades, centros de investigación, productores, gremios, instituciones gubernamentales). Estos mecanismos determinan el flujo y la calidad de la información compartida, la confianza entre actores y el grado de cooperación, todos ellos elementos esenciales para la transferencia y asimilación efectiva del conocimiento. La literatura en dinámica de sistemas y en gestión de la innovación (Zahra y George, 2002; Lane et al., 2006) señala que la cohesión social y la comunicación interinstitucional son catalizadores directos de la capacidad de absorción, ya que reducen la fricción en el intercambio de conocimiento y fomentan procesos colectivos de aprendizaje.

Las barreras administrativas se refieren a los obstáculos derivados de procedimientos, normativas, requisitos burocráticos o falta de claridad en procesos institucionales que ralentizan o dificultan la gestión de proyectos, la transferencia tecnológica y la apropiación social del conocimiento. Estas barreras pueden provocar retrasos, costos adicionales y desmotivación entre los actores del sistema. Estudios previos (Cohen & Levinthal, 1990; Muscio, 2007) evidencian que la existencia de cargas administrativas excesivas limita la agilidad en la adopción de innovaciones y reduce el impacto potencial de la investigación aplicada.

La inclusión simultánea de estas dos variables permite observar en el modelo el contraste entre un factor facilitador (Mecanismos de integración social) y un factor restrictivo (Barreras administrativas), lo que facilita la evaluación de escenarios combinados y la identificación de intervenciones prioritarias.

Para la calibración inicial del modelo es necesario asignar valores iniciales a estas dos variables lo cual se hace de la siguiente manera:

Mecanismos de integración social: 15 (en una escala de 0 a 100)

Este valor refleja una situación moderadamente baja de articulación entre actores. Los investigadores expresan que estas actividades responden a la iniciativa particular y no están integradas en una estrategia sistemática que responda a una política institucional.

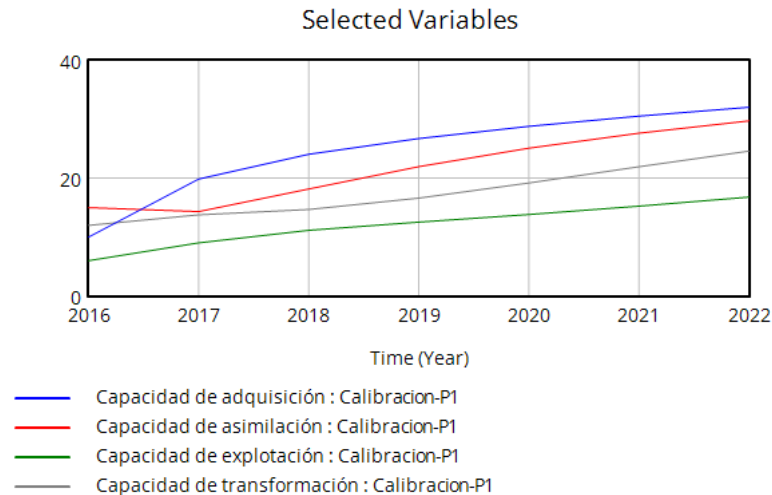
Barreras administrativas: 30 (en una escala de 0 a 100)

Este valor representa un nivel intermedio de restricciones burocráticas, evidenciado por los testimonios de investigadores que reportan procesos lentos de aprobación de proyectos, complejidad en la justificación de recursos y demoras en los pagos.

Con estos valores iniciales el siguiente paso es hacer simulaciones, ajustar los coeficientes de las ecuaciones de manera razonable, de forma que los valores simulados representen con la mayor fidelidad posible el comportamiento esperado del sistema. Este proceso no busca forzar resultados, sino establecer parámetros coherentes con la teoría, la evidencia empírica y el contexto de estudio, garantizando que el modelo mantenga validez conceptual y utilidad para el análisis de escenarios.

En el marco de la calibración preliminar, la Figura 10 muestra el comportamiento de las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción a lo largo del período 2016–2022, tras el ajuste inicial de los coeficientes de las ecuaciones.

Se observa que la capacidad de adquisición (línea azul) presenta un crecimiento más rápido en los primeros años, estabilizándose hacia 2022 en valores cercanos a 30–35. Esto sugiere que los ajustes realizados permiten que esta dimensión reaccione con relativa agilidad a las condiciones del sistema, probablemente debido a la influencia positiva de los mecanismos de integración social y a la baja restricción inicial de las barreras administrativas.

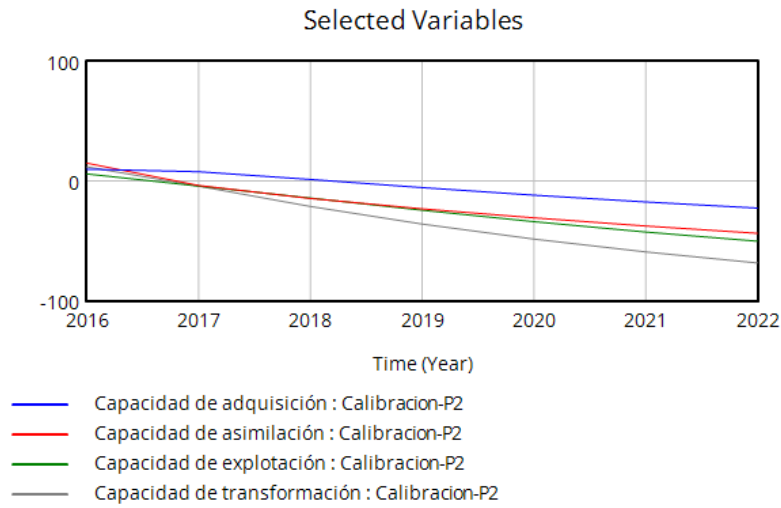
Figura 10*Respuesta del modelo después de la calibración inicial*

La capacidad de asimilación (línea roja) sigue una trayectoria similar, pero con valores ligeramente inferiores, lo que indica que, aunque existe un fortalecimiento progresivo, los procesos internos para asimilar el conocimiento adquirido avanzan a un ritmo menor.

En contraste, la capacidad de transformación (línea gris) y la capacidad de explotación (línea verde) muestran niveles iniciales más bajos y una pendiente de crecimiento más moderada. Esto es coherente con la naturaleza de estas dimensiones, que dependen de procesos más complejos y de la consolidación previa de las capacidades de adquisición y asimilación.

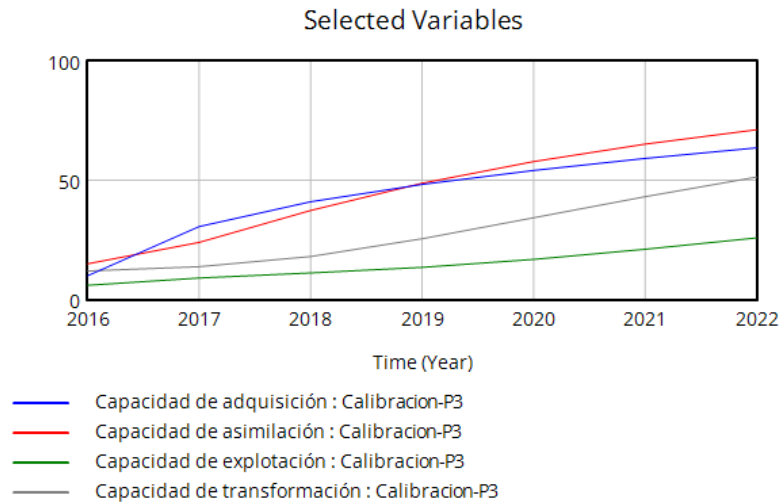
En conjunto, el comportamiento de las curvas indica que la calibración preliminar ha permitido obtener resultados realistas (sin valores extremos o físicamente imposibles) y con tendencias coherentes con la lógica del modelo de Zahra y George.

Posteriormente se hacen simulaciones considerando valores extremos de los parámetros. De esta manera se establece que el parámetro Barreras administrativas tiene un valor de 90 mientras el parámetro Mecanismos de integración social permanece constante. La Figura 11 muestra la respuesta del modelo a esta situación.

Figura 11*Respuesta del modelo ante situaciones extremas*

La simulación con un valor extremo de Barreras administrativas (90) muestra que la respuesta del modelo es prácticamente un colapso de las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción. Este resultado es coherente con lo que cabría esperar en la realidad: una institución que no logre mantener sus barreras administrativas en un nivel controlado termina viendo comprometida su capacidad para adquirir, asimilar, transformar y explotar conocimiento. En un escenario así, el sistema no solo pierde dinamismo, sino que entra en una trayectoria de deterioro progresivo que amenaza su sostenibilidad a largo plazo. La importancia de esta prueba radica en que, ante condiciones extremas, el modelo reproduce el comportamiento previsto validando su capacidad para representar situaciones límite y subrayando la necesidad de políticas que mantengan las barreras administrativas en niveles manejables.

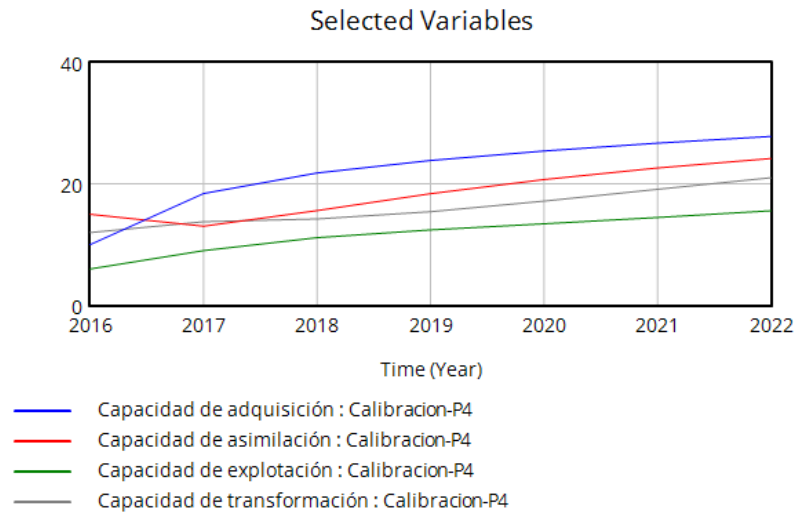
En la siguiente situación extrema se considera el parámetro Mecanismos de integración social con un valor de 90 y se deja el otro parámetro en su valor inicial. En la Figura 12 se observa la respuesta del modelo.

Figura 12*Respuesta del modelo ante situaciones extremas*

En esta situación extrema donde Mecanismos de integración social es igual a 90 y Barreras administrativas vale 30, el modelo proyecta un fortalecimiento sostenido y acelerado de las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción (adquisición, asimilación, transformación y explotación). La capacidad de adquisición (azul) y la de asimilación (rojo) son las que más crecen, superando valores de 60–70 hacia 2022, lo que evidencia que un ambiente institucional con una integración social altamente fortalecida facilita la conexión con fuentes externas de conocimiento y su rápida asimilación. Por su parte, la capacidad de transformación (gris) y la de explotación (verde) también muestran crecimiento importante, aunque a un ritmo más moderado, lo cual es coherente con la literatura que señala que estas fases requieren no solo redes sociales, sino también rutinas organizacionales estables y capacidades de gestión tecnológica.

Lo más relevante es que este escenario valida el modelo en condiciones extremas: cuando se maximizan los mecanismos de integración social, el sistema responde con un crecimiento exponencial positivo, en concordancia con la evidencia empírica y con las percepciones recogidas en las entrevistas, donde los investigadores señalaron que una fuerte articulación social y académica abre puertas a colaboraciones, facilita recursos y dinamiza la producción científica.

Finalmente se considera una tercera situación extrema en la cual Mecanismos de integración social se reducen a 5 y Barreras administrativas permanecen en un valor de 30. La Figura 13 muestra la respuesta a esta situación.

Figura 13*Respuesta del modelo ante situaciones extremas*

El escenario con integración social en un nivel muy bajo y barreras en 30 muestra trayectorias positivas pero limitadas en las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción. La adquisición de conocimiento logra crecer con cierta solidez, mientras que la asimilación presenta una dificultad inicial antes de retomar una tendencia ascendente. La transformación avanza de manera más lenta y la explotación es la dimensión más rezagada, lo que refleja que, aun cuando existen motores internos que permiten sostener algún progreso, la falta de vínculos externos y las barreras elevadas reducen de manera importante la posibilidad de convertir y aprovechar el conocimiento.

El modelo no colapsa, lo que indica estabilidad, pero sí evidencia ineficiencias que se expresan en retrasos en la asimilación, menor avance en la transformación y un uso muy limitado del conocimiento adquirido. En términos prácticos, esto sugiere que existe un umbral mínimo de integración social a partir del cual es posible obtener mejoras significativas en la transformación y la explotación sin necesidad de reducir inmediatamente las barreras.

Estas pruebas permitieron verificar que el modelo responde de manera adecuada ante condiciones extremas en variables clave, sin generar valores imposibles ni comportamientos inestables. La retroalimentación empírica obtenida de los investigadores fue esencial para identificar estas variables críticas y orientar los ajustes estructurales en esta fase.

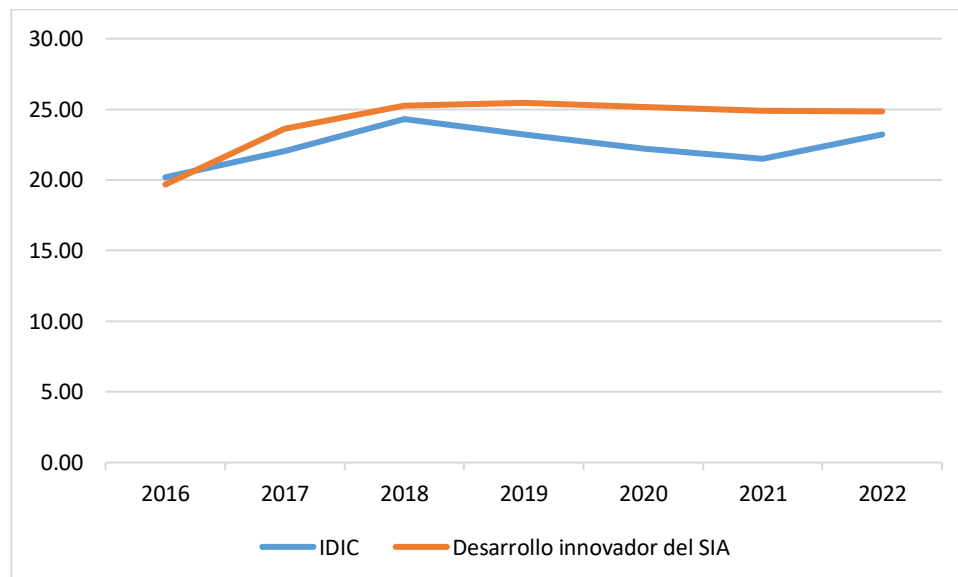
Una vez asegurada la coherencia estructural del modelo y ajustados los parámetros iniciales, se procedió a la siguiente etapa: la calibración con base en modos de referencia empíricos obtenidos del OC y T. Los indicadores empleados fueron: el Índice Departamental de Innovación para

Colombia (IDIC) y la Producción de conocimiento y tecnología. Estos indicadores constituyen series históricas, desde el año 2016 al año 2022, validadas y ampliamente utilizadas para medir el desempeño innovador y la generación de resultados científicos y tecnológicos a nivel regional.

En el modelo propuesto, dichas métricas encuentran correspondencia conceptual con las variables Desarrollo innovador del SIA y Generación de productos científicos y tecnológicos, respectivamente. Si bien las definiciones no son idénticas, existe una relación funcional que permite utilizar los datos del OC y T como referencia para contrastar y ajustar el comportamiento simulado, garantizando así que el modelo reproduzca dinámicas cercanas a las observadas en la realidad.

Para llevar a cabo el proceso de calibración se graficaron los datos correspondientes a la serie de tiempo del IDIC del OC y T, en el modelo se hicieron simulaciones, variando los coeficientes de la ecuación y se extrajeron los datos correspondientes a la variable Desarrollo innovador del SIA. La Figura 14 muestra las series de tiempo del IDIC suministrada por el OC y T y la serie de tiempo de la variable Desarrollo innovador del SIA resultado de la simulación una vez echa la calibración.

Figura 14
IDIC y Desarrollo innovador del SIA



El grado de ajuste del modelo frente a los datos del OC y T se evaluó calculando el error relativo y el error relativo promedio para cada serie.

El error relativo permite estimar la desviación porcentual entre los valores simulados y observados, normalizando las diferencias respecto a la magnitud de los datos reales. El error relativo absoluto, calculado como el promedio de los errores relativos absolutos para cada punto de la serie, proporciona una medida global del ajuste independiente del signo de la desviación. Este enfoque permite cuantificar de manera objetiva la cercanía de las trayectorias simuladas respecto a las observadas y facilita la interpretación de los resultados en términos porcentuales, apoyando así la validación preliminar del modelo.

El uso del error relativo y del error relativo absoluto es una práctica común en la calibración de modelos de dinámica de sistemas, ya que permite evaluar la bondad del ajuste en términos normalizados y comparables entre variables. Diversos autores recomiendan estas métricas por su facilidad de interpretación y su pertinencia en contextos donde los datos se encuentran en escalas porcentuales o normalizadas (Barlas, 1994; Sterman J, 2000).

En primer lugar, el proceso de calibración del modelo se realizó utilizando información empírica proveniente del Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC), disponible en el OC y T, la cual se contrastó con la variable de desarrollo innovador definida en el SIA. En la Tabla 12 se muestra los datos del IDIC, los datos simulados de la variable Desarrollo innovador del SIA el cálculo del error relativo y el error relativo absoluto.

Tabla 12

Métricas de comparación IDIC vs Desarrollo innovador del SIA

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
IDIC	20,19	22,06	24,31	23,20	22,23	21,50	23,22
Desarrollo innovador del SIA	19,68	23,63	25,24	25,46	25,19	24,91	24,86
Error relativo (%)	2,53	7,12	3,83	9,74	13,32	15,86	7,06
Error relativo absoluto (%)	8,49						

Esta comparación permitió evaluar la capacidad explicativa del modelo frente a una referencia consolidada y reconocida en el contexto nacional. Después de aplicar los ajustes correspondientes y calcular el error relativo, se obtuvo un Error Relativo Absoluto de 8,49%. Este resultado es metodológicamente aceptable, ya que se encuentra dentro de los márgenes considerados adecuados para modelos de simulación en dinámica de sistemas, en los cuales un error inferior al 10% suele ser indicador de una buena aproximación empírica. En este sentido, el

modelo logra reproducir de manera consistente el comportamiento de la variable observada, lo que respalda su validez y lo habilita para ser utilizado en el análisis prospectivo de la capacidad de absorción en el marco del SIA.

Después de hacer todo el proceso de simulación y ajuste de coeficientes la ecuación que corresponde a la variable Desarrollo innovador del SIA quedó de la siguiente manera:

$$\text{Desarrollo innovador del SIA} = 0,5 * \text{Capacidad de explotación} + 0,3 * \text{Transferencia de tecnología y conocimientos} + 0,2 * \text{Mecanismos de integración social}$$

(3)

Un proceso similar se hizo entre las variables Producción de conocimiento y tecnología y Generación de productos científicos y tecnológicos, la primera son datos del OC y T y la segunda es una variable del modelo. En la Figura 15 se muestran las gráficas de las dos variables y en la Tabla 13 se muestran los resultados de la simulación y los parámetros de validación.

Figura 15

Producción de conocimiento científico y tecnológico y Generación de productos científicos y tecnológicos

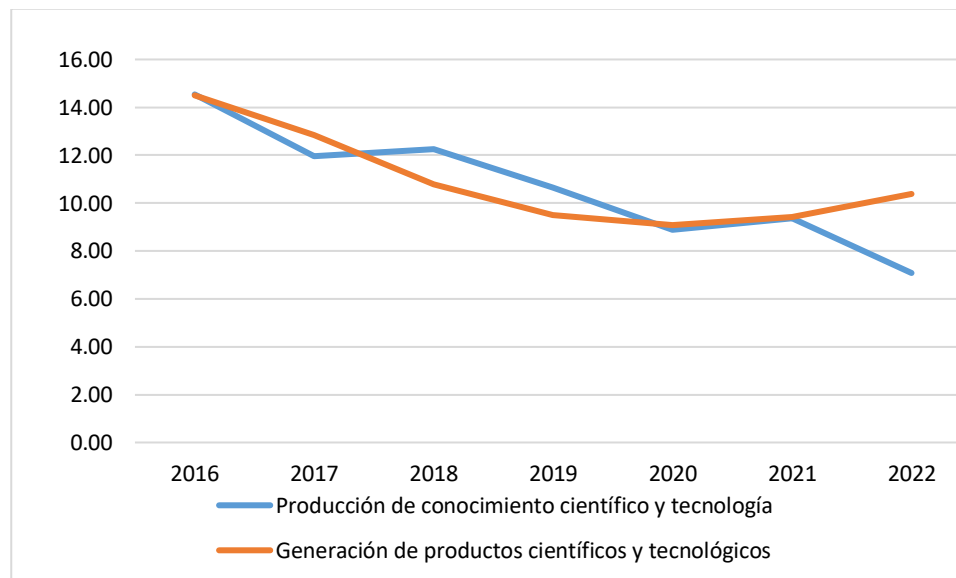


Tabla 13

Métricas de comparación Producción de conocimiento científico y tecnológico vs Generación de productos científicos y tecnológicos

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Producción de conocimiento científico y tecnología	14,54	11,96	12,25	10,65	8,89	9,37	7,08
Generación de productos científicos y tecnológicos	14,50	12,83	10,78	9,51	9,08	9,41	10,38
Error relativo (%)	0,28	7,27	12,00	10,70	2,14	0,43	46,61
Error relativo absoluto (%)	11,35						

El error relativo absoluto obtenido fue de 11,35%, lo cual indica un nivel de ajuste aceptable entre los datos observados y los valores simulados. Este resultado sugiere que el modelo logra capturar de manera adecuada la dinámica de producción de conocimiento, reflejando patrones coherentes con la realidad empírica, aunque con un margen de diferencia que puede explicarse por la simplificación inherente al modelo y la naturaleza de las fuentes de información utilizadas.

Después de hacer todo el proceso de simulación y ajuste de coeficientes la ecuación que corresponde a la variable Generación de productos científicos y tecnológicos quedó de la siguiente manera:

$$\text{Generación de productos científicos y tecnológicos} = 0,7 * \text{Capacidad de transformación} - 0,5 * \text{Barreras administrativas} + 12$$

(4)

En términos prácticos, este nivel de error es consistente con lo esperado en procesos de simulación con datos sociales y de innovación, donde influyen múltiples factores externos no siempre observables o cuantificables. Por tanto, puede afirmarse que el modelo presenta un grado de validez suficiente para ser empleado en la exploración de escenarios y en la formulación de políticas orientadas al fortalecimiento de la generación de productos científicos y tecnológicos.

En términos comparativos, los resultados de calibración muestran que la variable Desarrollo innovador frente al IDIC presentó un error relativo absoluto del 8,49%, mientras que la variable Generación de productos científicos y tecnológicos frente a la Producción de conocimiento científico y tecnológico alcanzó un 11,35%. Ambos valores se ubican en un rango considerado aceptable para modelos de dinámica de sistemas aplicados a fenómenos sociales y de innovación,

en los que es esperable cierto margen de discrepancia debido a la complejidad de los procesos involucrados y a las limitaciones de los indicadores disponibles.

No obstante, el hecho de que la primera variable presente un menor error sugiere que el modelo logra una mejor representación de la dimensión asociada al desarrollo innovador, en comparación con la dimensión vinculada a la producción de conocimiento. Esta diferencia puede deberse a la mayor estabilidad y consolidación de los indicadores de innovación institucional (medidos por el IDIC), mientras que la producción científica y tecnológica suele estar más influenciada por factores coyunturales, tales como políticas de fomento, financiamiento, dinámicas de colaboración y condiciones externas no controladas. En conjunto, los resultados validan la coherencia del modelo, a la vez que resaltan áreas donde pueden introducirse ajustes o mayor refinamiento de las variables para fortalecer su capacidad explicativa.

El proceso de calibración del modelo permitió verificar su consistencia y robustez en diferentes condiciones. En una primera etapa se realizó una calibración preliminar que evidenció un comportamiento adecuado del sistema tanto en situaciones normales como en condiciones extremas, garantizando la coherencia interna de la estructura planteada. Posteriormente, se efectuó una segunda calibración utilizando datos del OC y T, con el propósito de demostrar la capacidad del modelo para recrear una realidad empírica y ajustarse a dinámicas observadas en el contexto regional.

A partir de estas calibraciones, se establecieron de manera definitiva las ecuaciones del sistema, de esta manera en la Tabla 14 se presentan las ecuaciones de las variables auxiliares, en la Tabla 15 las variables de flujo, en la Tabla 16 las variables de nivel y en la Tabla 17 los parámetros.

Tabla 14
Ecuaciones de las variables auxiliares

Ítem	Nombre de la variable	Identificación reducida	Ecuación
1	Interacción con actores del SIA	I-SIA	$I-SIA = 0.6*Mis + 0.3*Cpe + 5$
2	Fuentes externas de conocimiento	Fec	$Fec = 0.5*I-SIA + 10$
3	Conocimientos previos y experiencia	Cpe	$Cpe = 0.5*Epr + 0.3*Iap + 0.2*Fth + 10$
4	Identificación de problemas relevantes	Ipr	$Ipr = 0.6*Cad + 0.3*I-SIA + 10$

Ítem	Nombre de la variable	Identificación reducida	Ecuación
5	Estructuración de proyectos	Epr	$Epr = 0.7 * Cas + 10$
6	Formación de talento humano	Fth	$Fth = 0.8 * Cgi + 10$
7	Nuevo conocimiento	Ncn	$Ncn = 0.6 * Cgi + 10$
8	Consolidación de grupos de investigación	Cgi	$Cgi = 0.8 * Ctr + 10$
9	Generación de proyectos científicos y tecnológicos	Gpct	$Gpct = 0.7 * Ctr - 0.3 * Bad + 10$
10	Estructuras de transferencia de tecnología y conocimientos	Ettc	$Ettc = 0.8 * Ttc - 0.2 * Bad + 10$
11	Desarrollo innovador del SIA	D-SIA	$D-SIA = 0.5 * Cex + 0.3 * Ttc + 0.2 * Mis$
12	Transferencia de tecnología y conocimientos	Ttc	$Ttc = 0.7 * Cexp$
13	Investigación aplicada	Iap	$Iap = 0.7 * D-SIA$
14	Régimen de apropiabilidad	Rap	$Rap = 0.5 * Ttc$
15	Restricciones transferencia de tecnología y conocimientos	Rttc	$Rttc = 0.6 * Rap - 0.1 Npa$
16	Nuevas políticas de apropiabilidad	Npa	$Npa = 2$

Tabla 15*Ecuaciones de las variables de flujo*

Ítem	Nombre de la variable	Identificación reducida	Ecuación
1	Incremento capacidad de adquisición	Icad	$Icad = 0.5 * Cpe + 0.4 * Fec - 0.2 * Bad$
2	Decremento capacidad de adquisición	Dcad	$Dcad = 0.6 * Cad$
3	Incremento capacidad de asimilación	Icas	$Icas = 0.7 * Ipr - 0.3 * Bad$
4	Decremento capacidad de asimilación	Dcas	$Dcas = 0.5 * Cas$
5	Incremento capacidad de transformación	Ictr	$Ictr = 0.5 * Epr + 0.3 * Ncn - 0.3 * Bad$
6	Decremento capacidad de transformación	Dctr	$Dctr = 0.5 * Ctr$
7	Incremento capacidad de transformación	Icex	$Icex = 0.5 * Ettc + 0.4 * Gpct - 0.2 * Rttc$
8	Decremento capacidad de transformación	Dcex	$Dcex = 0.7 * Cex$

El software especializado para implementar el modelo establece por defecto la forma de la ecuación de las variables de nivel de la siguiente manera:

$$Nivel = \int (Incremento\ de\ nivel - Decremento\ de\ nivel) dt + valor\ inicial$$

(5)

Tabla 16*Ecuaciones de las variables de nivel*

Ítem	Nombre de la variable	Identificación reducida	Ecuación
1	Capacidad de adquisición	Cad	$Cad = \int (Icad - Dcad) dt + 10$
2	Capacidad de asimilación	Cas	$Cas = \int (Icas - Dcas) dt + 15$

Ítem	Nombre de la variable	Identificación reducida	Ecuación
3	Capacidad de transformación	Ctr	$C_{tr} = \int (I_{ctr} - D_{ctr})dt + 12$
4	Capacidad de explotación	Cex	$C_{exp} = \int (I_{cex} - D_{cex})dt + 6$

Los parámetros son las variables que se han considerado determinantes porque afectan todos los procesos en el sistema por lo cual se utilizan para hacer variaciones en las simulaciones que permiten el análisis de escenarios.

Tabla 17
Parámetros del sistema

Ítem	Nombre de la variable	Identificación reducida	Rango de variación
1	Mecanismos de integración social	Mis	0 – 100
2	Barreras administrativas	Bad	0 – 100

En un modelo de dinámica de sistemas, las ecuaciones que relacionan las variables constituyen el elemento fundamental para comprender la dinámica del sistema. Estas ecuaciones representan las interdependencias causales entre los componentes del modelo y permiten traducir la estructura (definida por las variables y sus conexiones) en comportamiento. De este modo, el conjunto de ecuaciones determina cómo las variaciones en una o más variables se propagan a lo largo del sistema, generando los patrones de cambio observados en el tiempo. En consecuencia, la formulación rigurosa de las ecuaciones es esencial para interpretar adecuadamente la evolución del sistema y analizar los efectos de diferentes políticas o escenarios de intervención.

El siguiente paso corresponde a la ejecución de simulaciones orientadas al análisis de escenarios, lo que permitirá explorar las respuestas del modelo bajo diferentes condiciones y proyecciones de política.

4.4.4 *Simulación de escenarios relevantes*

El propósito del análisis de escenarios es explorar y comprender cómo la dinámica del SIA puede evolucionar bajo diferentes condiciones, con el fin de anticipar posibles resultados y diseñar estrategias que fortalezcan su capacidad de generar valor. Esta técnica permite examinar el impacto que ciertos parámetros y relaciones del modelo tienen sobre las variables clave, considerando tanto su evolución histórica como las proyecciones futuras. De esta manera, se facilita la identificación de políticas, acciones o intervenciones que contribuyan a mejorar el desempeño innovador del sistema y su capacidad de producir y transferir conocimiento.

Para este análisis se han seleccionado como variables centrales las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción: adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento. Estas dimensiones constituyen el núcleo conceptual del modelo y permiten evaluar, de forma integral, la habilidad del SIA para identificar, incorporar, adaptar y aplicar conocimiento de manera efectiva. Adicionalmente, se incluyen dos variables que reflejan resultados tangibles y que fueron ajustadas previamente con base en los modos de referencia: Desempeño innovador del SIA y Generación de productos científicos y tecnológicos. La primera mide la capacidad del sistema para transformar recursos y capacidades en innovaciones que aporten valor económico, social o ambiental; la segunda se enfoca en la producción de resultados de investigación con potencial de transferencia y apropiación.

El análisis toma como base modos de referencia contruidos a partir de series de datos correspondientes al período 2016–2022, lo que asegura que las simulaciones estén alineadas con el comportamiento histórico real de las variables. La simulación se extiende desde el año 2016 hasta el año 2028, con el propósito de evaluar tendencias futuras y anticipar posibles brechas o avances en las dimensiones de la capacidad de absorción y en los indicadores de resultados. Este horizonte temporal permite analizar tanto los efectos acumulados de las dinámicas internas del sistema como el impacto potencial de factores externos, tales como cambios en políticas, condiciones del mercado o disponibilidad de recursos.

Como parámetros de análisis se utilizan dos factores de carácter estructural: las Barreras administrativas y los Mecanismos de integración social. El primero de ellos se asocia a restricciones normativas, burocráticas o procedimentales que pueden ralentizar o limitar los procesos de investigación en las IES; el segundo, a las redes, prácticas y vínculos que facilitan la

articulación entre actores y el flujo de conocimiento. Ambos factores son determinantes para comprender el desempeño del SIA y su capacidad de absorción, y su inclusión en la simulación permitirá explorar cómo su variación influye en los resultados del sistema.

La simulación de escenarios con este conjunto de variables y parámetros posibilita analizar, de manera integrada, el papel de las capacidades internas, las dinámicas de generación de conocimiento y los factores externos que modulan su desempeño. Esta aproximación no solo ofrece una herramienta para la proyección de tendencias, sino también para la formulación de políticas y estrategias que fortalezcan el SIA en el mediano y largo plazo.

En la Tabla 18 se definen los diversos escenarios, los valores que toman los parámetros establecidos y la descripción cualitativa del escenario.

Tabla 18
Descripción de escenarios

Escenario	Mecanismos de integración social	Barreras administrativas	Descripción
Base/tendencial	15	30	Coincide con la calibración histórica del modelo y es la referencia de comparación
Mejora moderada	45	25	Aumenta la articulación con actores del SIA y aligera trámites sin reformas mayores
Mejora alta	70	15	Política institucional robusta de vinculación y simplificación administrativa sostenida
Crítico/riesgo	5	80	Desarticulación casi total y fuerte bloqueo burocrático
Extremo positivo	90	10	Integración al máximo operativo y barreras casi nulas

4.4.5 *Análisis de resultados*

Para el análisis de resultados se tuvo en cuenta un conjunto reducido de variables estratégicas que permiten evaluar el comportamiento del sistema sin perder su complejidad esencial. De esta manera se seleccionaron la capacidad de adquisición y la capacidad de asimilación como variables centrales del proceso de absorción de conocimiento, junto con la generación de productos científicos y tecnológicos, directamente asociada a la capacidad de transformación, y el

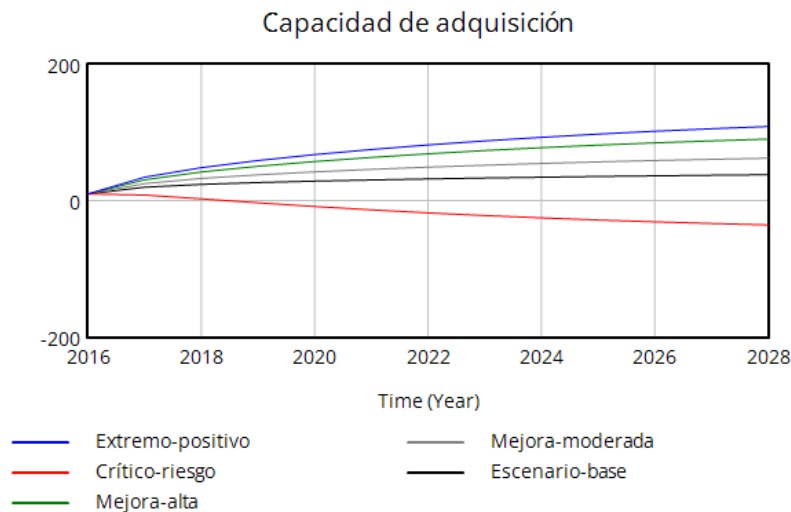
desarrollo innovador del SIA, estrechamente relacionado con la capacidad de explotación. Estas dos últimas variables, además, fueron utilizadas en la fase de calibración del modelo con base en los datos empíricos del OC y T, lo que asegura coherencia y validez en la representación del sistema.

La elección de estas cuatro variables responde a la necesidad de focalizar el análisis en los procesos clave de transición entre la adquisición y la explotación del conocimiento. Incluir la totalidad de variables no resultaría viable ni metodológicamente pertinente, por lo cual el análisis de escenarios con estas dimensiones es suficiente para ofrecer una visión representativa y robusta del funcionamiento del sistema.

4.4.5.1 Análisis de escenarios para la capacidad de adquisición. En la Figura 16 se muestra el resultado de la simulación de los diversos escenarios para la capacidad de adquisición.

Figura 16

Escenarios para la capacidad de adquisición



El escenario base se constituye en la línea de referencia del análisis, mostrando un crecimiento leve de la capacidad de adquisición, pero insuficiente para transformar de manera sustantiva la dinámica del sistema. Los resultados confirman que, de mantenerse las condiciones actuales, esta capacidad permanecería en niveles bajos y con incidencia limitada en el desarrollo de las demás dimensiones del sistema. En este sentido, el escenario base pone de manifiesto la necesidad de implementar ajustes estratégicos, pues sin intervenciones orientadas a fortalecer los

factores influyentes, la capacidad de adquisición se mantendría en niveles poco competitivos y con escaso aporte al desempeño global del SIA.

El escenario de mejora moderada refleja un crecimiento estable pero limitado de la capacidad de adquisición. Aunque se observa un desempeño superior al escenario base, el incremento proyectado no alcanza niveles suficientes para generar transformaciones profundas en la dinámica del sistema. Este escenario evidencia que intervenciones parciales o de bajo impacto permiten sostener cierta mejora, pero resultan insuficientes para consolidar un proceso robusto de absorción de conocimiento. En consecuencia, la capacidad de adquisición bajo esta condición se mantiene en un nivel intermedio, con un aporte moderado al fortalecimiento de las demás dimensiones de la capacidad de absorción.

El escenario de mejora alta proyecta un crecimiento significativo de la capacidad de adquisición, con una tendencia claramente superior frente al escenario base y al de mejora moderada. Bajo esta condición, el sistema logra consolidar un nivel de absorción de conocimiento más robusto, lo que sugiere que intervenciones de mayor alcance y efectividad permiten generar un impacto sustantivo en la dinámica del sistema. La trayectoria refleja un fortalecimiento sostenido que contribuye de manera importante a potenciar las demás dimensiones de la capacidad de absorción, favoreciendo procesos de investigación y desarrollo con mayor proyección.

El escenario extremo positivo representa la situación más favorable para la capacidad de adquisición, mostrando un crecimiento acelerado y sostenido a lo largo del periodo de simulación. Bajo estas condiciones, el sistema alcanza su mayor potencial, impulsado por un entorno altamente propicio caracterizado por un acceso fortalecido a fuentes externas de conocimiento, un entorno institucional dinámico y mecanismos de integración efectivos. La trayectoria ascendente evidencia que, con políticas y estrategias de alto impacto, es posible transformar de manera estructural la dinámica del sistema, generando un efecto multiplicador sobre las demás dimensiones de la capacidad de absorción. Este escenario ilustra el horizonte de posibilidades hacia el cual deberían orientarse las intervenciones estratégicas para consolidar un SIA más competitivo y sostenible.

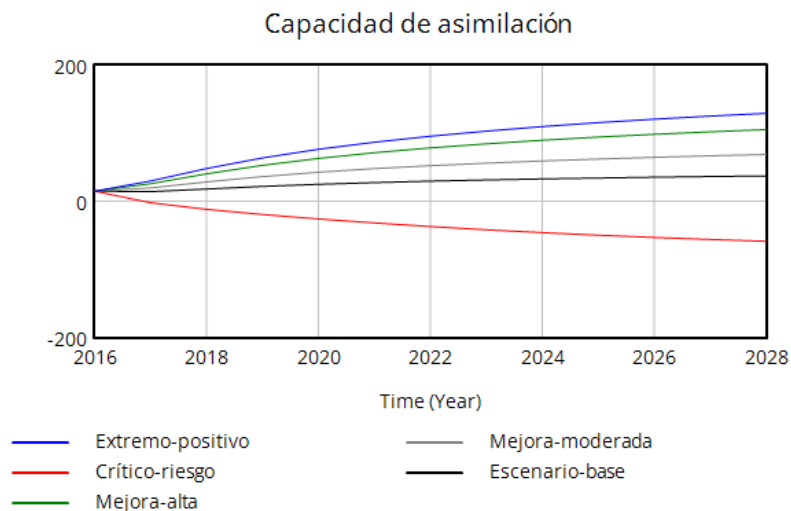
El escenario crítico-riesgo evidencia una trayectoria descendente de la capacidad de adquisición, llegando incluso a valores negativos en el periodo de simulación. Este comportamiento refleja la vulnerabilidad del sistema frente a condiciones adversas, tales como la disminución del acceso a fuentes externas de conocimiento, el debilitamiento institucional o la falta de articulación entre actores. Bajo este escenario, la capacidad de adquisición no solo se estanca,

sino que retrocede de manera progresiva, comprometiendo la posibilidad de generar procesos de investigación, desarrollo e innovación. En consecuencia, el escenario crítico constituye una alerta sobre los efectos que tendría la ausencia de políticas y estrategias de apoyo, mostrando cómo el sistema puede perder competitividad y limitar seriamente el desarrollo de las demás dimensiones de la capacidad de absorción.

4.4.5.2 Análisis de escenarios para la capacidad de asimilación. En la Figura 17 se muestra la respuesta del simulador para los diferentes escenarios para la capacidad de asimilación.

Figura 17

Escenarios para la capacidad de asimilación



El escenario base se configura como la línea de referencia del análisis, mostrando un crecimiento leve y sostenido de la capacidad de asimilación, pero insuficiente para transformar de manera estructural la dinámica del sistema. De mantenerse las condiciones actuales, esta capacidad alcanzaría un nivel ligeramente superior al nivel inicial sin lograr consolidar cambios profundos en la formulación de proyectos y en la articulación con procesos de investigación. En este sentido, el escenario base pone en evidencia la necesidad de fortalecer de manera estratégica los factores que impulsan la capacidad de asimilación, pues sin intervenciones adicionales, su aporte al desempeño global del SIA sería limitado.

El escenario de mejora moderada evidencia un incremento superior al del escenario base, mostrando un comportamiento más favorable y sostenido. Sin embargo, el crecimiento proyectado sigue siendo restringido y no alcanza niveles que permitan transformar de manera significativa la

dinámica de la asimilación de conocimiento. Este escenario refleja que intervenciones de impacto parcial, aunque positivas, no logran potenciar plenamente la formulación y consolidación de proyectos, dejando la capacidad en un nivel intermedio de desempeño.

El escenario de mejora alta proyecta un crecimiento más marcado y consistente de la capacidad de asimilación. Bajo esta condición, el sistema alcanza un fortalecimiento significativo que permite consolidar procesos de formulación de proyectos con mayor rigor y proyección. Su trayectoria muestra un desempeño robusto que impulsa de manera notoria la articulación con las demás dimensiones de la capacidad de absorción, favoreciendo la generación de investigación aplicada y el desarrollo de innovaciones agrícolas.

El escenario extremo positivo representa la trayectoria más favorable para la capacidad de asimilación, con un crecimiento acelerado y sostenido durante todo el periodo de simulación. Bajo estas condiciones, el sistema logra desplegar su máximo potencial, impulsado por un entorno altamente propicio en términos de formación de capital humano, integración entre actores y mecanismos institucionales de apoyo. La evolución ascendente refleja que políticas y estrategias de alto impacto pueden transformar estructuralmente la dinámica de asimilación, generando un efecto multiplicador en la formulación de proyectos y en la consolidación de procesos de investigación y desarrollo. Este escenario constituye la meta hacia la cual deberían orientarse las intervenciones estratégicas para lograr un SIA competitivo y sostenible.

El escenario crítico-riesgo muestra una tendencia descendente, llegando incluso a valores negativos de la capacidad de asimilación a lo largo del periodo de simulación. Este resultado refleja un retroceso progresivo de la capacidad del sistema para transformar el conocimiento adquirido en propuestas de investigación y proyectos estructurados, debido a condiciones adversas como la falta de integración institucional, el debilitamiento de las redes de colaboración o la ausencia de incentivos. Bajo este escenario, la capacidad de asimilación no solo se estanca, sino que compromete seriamente la posibilidad de generar procesos de innovación, constituyéndose en una alerta frente a los efectos de la inacción o de políticas inadecuadas que conduzcan a la pérdida de competitividad y sostenibilidad del sistema.

4.4.5.3 Análisis de escenarios para Generación de productos científicos y tecnológicos.

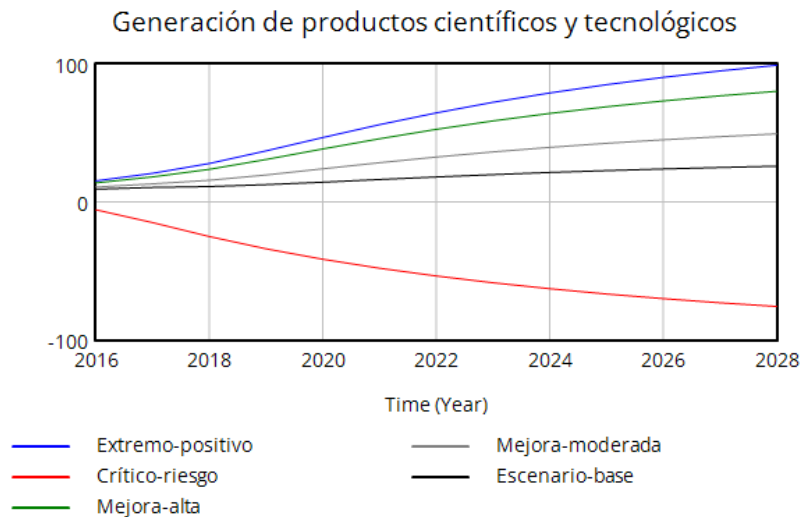
En la Figura 18 se muestra la respuesta del simulador de los diferentes escenarios para la Generación de productos científicos y tecnológicos.

El escenario base se establece como la línea de referencia para el análisis, evidenciando un crecimiento leve pero sostenido en la generación de productos científicos y tecnológicos. Sin embargo, dicho crecimiento resulta insuficiente para consolidar un proceso de transformación profunda en la dinámica del sistema. Bajo estas condiciones, la producción de artículos, patentes y desarrollos tecnológicos permanece en niveles bajos, con impacto limitado en el fortalecimiento de la capacidad de absorción y en la competitividad del SIA.

El escenario de mejora moderada refleja un incremento superior respecto al escenario base, con un desempeño más favorable en la producción de conocimiento científico y tecnológico. No obstante, este crecimiento aún es limitado y no logra alcanzar niveles que permitan consolidar procesos de investigación de alto impacto. Se evidencia que intervenciones parciales, como programas de estímulo o apoyos institucionales restringidos, contribuyen positivamente, pero resultan insuficientes para posicionar la generación de conocimiento como motor transformador del sistema.

Figura 18

Escenarios para Generación de productos científicos y tecnológicos



El escenario de mejora alta proyecta un aumento significativo en la producción científica y tecnológica, superando con claridad los niveles alcanzados en los escenarios base y moderado. Bajo esta condición, el sistema logra una consolidación más robusta de la capacidad investigativa, favoreciendo el desarrollo de publicaciones, innovaciones y productos tecnológicos con mayor visibilidad y relevancia. Esta trayectoria muestra un desempeño estable y sostenido que impacta de

manera directa en el fortalecimiento de la dinámica de absorción y en la articulación entre investigación y desarrollo.

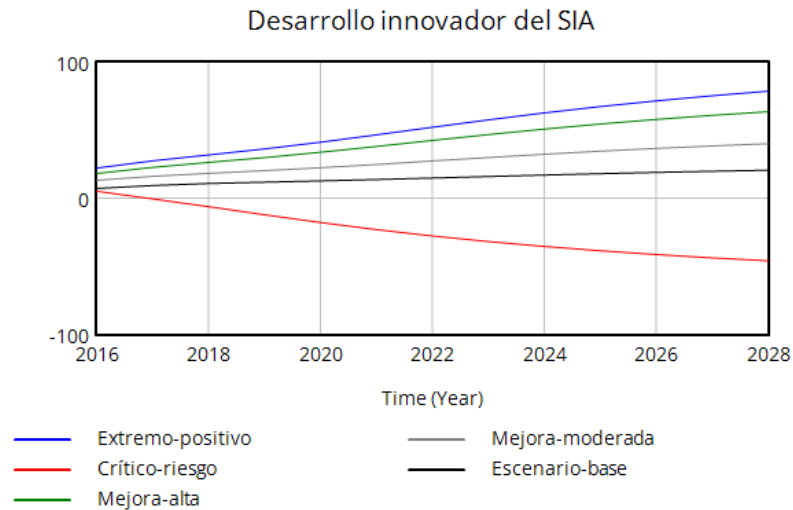
El escenario extremo positivo representa la situación más favorable, mostrando un crecimiento acelerado y continuo en la generación de productos científicos y tecnológicos. En este escenario, el sistema alcanza su mayor potencial, impulsado por políticas de alto impacto, un entorno institucional sólido, redes de colaboración dinámicas y un acceso eficiente a recursos y financiación. La trayectoria ascendente confirma que, bajo condiciones estratégicas de apoyo y articulación, es posible transformar estructuralmente la capacidad investigativa, generando un efecto multiplicador sobre las demás dimensiones de la capacidad de absorción y consolidando un SIA competitivo y sostenible.

El escenario crítico-riesgo muestra una trayectoria descendente que alcanza valores negativos en el periodo de simulación. Este resultado refleja una pérdida progresiva en la generación de productos científicos y tecnológicos, asociada a factores adversos como la disminución del apoyo institucional, la desarticulación entre actores, la fuga de talento humano o la falta de financiamiento para la investigación. Bajo este escenario, la capacidad de transformación no solo se estanca, sino que retrocede de manera alarmante, comprometiendo la producción de conocimiento y debilitando severamente el desempeño del SIA. En consecuencia, este escenario constituye una alerta sobre las consecuencias de la inacción o de decisiones institucionales desfavorables que limiten la sostenibilidad de la investigación y el desarrollo.

4.4.5.4 Análisis de escenarios para Desarrollo innovador del SIA. En la Figura 19 se muestra la respuesta del simulador para los diferentes escenarios para Desarrollo innovador del SIA.

El escenario base se constituye en la línea de referencia del análisis, mostrando un crecimiento leve pero sostenido en el desarrollo innovador del SIA. No obstante, este avance resulta limitado para impulsar cambios estructurales en la dinámica del sistema. Bajo estas condiciones, la innovación agrícola evoluciona de manera marginal, con un impacto moderado en la competitividad y sostenibilidad del sistema, lo que pone en evidencia la necesidad de intervenciones más estratégicas y de mayor alcance.

Figura 19
Escenarios para Desarrollo innovador del SIA



El escenario de mejora moderada refleja una trayectoria superior al escenario base, con un crecimiento más estable en la capacidad innovadora del sistema. Sin embargo, el aumento proyectado sigue siendo restringido y no logra generar transformaciones profundas. Este comportamiento muestra que acciones parciales o programas de bajo impacto permiten cierta consolidación del SIA, pero no alcanzan a posicionarlo como un motor robusto de desarrollo regional.

El escenario de mejora alta proyecta un crecimiento más sólido y sostenido, con un fortalecimiento notorio de los procesos de innovación en el sector agrícola. Bajo esta condición, el sistema logra consolidar dinámicas de mayor integración entre actores, traducidas en resultados innovadores de mayor alcance. Su trayectoria evidencia una capacidad innovadora más robusta que contribuye a dinamizar la absorción y aplicación del conocimiento en el SIA.

El escenario extremo positivo representa la situación más favorable para el desarrollo innovador del sistema, mostrando un crecimiento acelerado y continuo. En este contexto, el SIA despliega su máximo potencial, sustentado en políticas públicas de alto impacto, una institucionalidad dinámica, redes de colaboración sólidas y un ecosistema propicio para la generación y transferencia de conocimiento. La evolución ascendente refleja cómo intervenciones estratégicas y de amplio alcance pueden transformar estructuralmente la capacidad innovadora, generando un efecto multiplicador sobre el desarrollo agrícola sostenible y competitivo.

El escenario crítico-riesgo muestra una trayectoria descendente, alcanzando valores negativos a lo largo del periodo de simulación. Este resultado refleja la pérdida progresiva de la capacidad innovadora, como consecuencia de condiciones adversas tales como el debilitamiento institucional, la desarticulación entre actores, la escasez de recursos o la ausencia de incentivos. Bajo esta situación, el SIA no solo se estanca, sino que retrocede, comprometiendo seriamente la competitividad agrícola y limitando la posibilidad de generar procesos de innovación sostenibles. Este escenario constituye una alerta frente a los riesgos de inacción o de decisiones políticas inadecuadas que podrían frenar el desarrollo innovador regional.

4.4.6 Comparación transversal de escenarios

El análisis integrado de los escenarios permite observar cómo cada dimensión de la capacidad de absorción (adquisición, asimilación, generación de productos científicos y tecnológicos, y desarrollo innovador del SIA) responde de manera diferenciada frente a las condiciones simuladas, pero con una clara interdependencia entre ellas.

4.4.6.1 Escenario base. En las cuatro variables, el escenario base se mantiene como una línea de referencia con crecimiento leve pero insuficiente. Aunque se observan mejoras marginales en adquisición, asimilación y producción científica, estas no logran consolidar cambios estructurales que impulsen de manera significativa el desarrollo innovador del SIA. El sistema, bajo esta trayectoria, permanece en un nivel de desempeño limitado y con baja competitividad.

4.4.6.2 Escenario de mejora moderada. Este escenario refleja avances superiores al escenario base en todas las dimensiones, pero los incrementos siguen siendo modestos. La capacidad de adquisición y asimilación alcanzan niveles intermedios que permiten sostener cierto dinamismo, aunque no son suficientes para consolidar un proceso robusto de producción científica ni para detonar innovaciones de alto impacto en el sistema. La mejora moderada evidencia que intervenciones parciales contribuyen positivamente, pero no logran transformar la dinámica global.

4.4.6.3 Escenario de mejora alta. Aquí se observa un cambio más sustantivo en el desempeño de las cuatro variables. La adquisición y la asimilación muestran trayectorias sólidas, lo que se traduce en un fortalecimiento de la generación de productos científicos y tecnológicos y,

por lo tanto, en un mayor desarrollo innovador del SIA. Aunque este escenario no alcanza los valores del extremo positivo, sugiere que intervenciones estratégicas y de alcance medio-alto permiten consolidar un círculo virtuoso entre absorción, producción de conocimiento y aplicación innovadora.

4.4.6.4 Escenario extremo positivo. En todas las dimensiones, este escenario representa la trayectoria más favorable, con crecimientos acelerados y sostenidos. La adquisición de conocimiento se potencia gracias a un entorno propicio, la asimilación se consolida mediante la formulación de proyectos robustos, la generación científica y tecnológica se multiplica y el desarrollo innovador del SIA alcanza su máximo potencial. Este escenario muestra cómo políticas integrales, apoyo institucional fuerte, redes colaborativas dinámicas y financiamiento estratégico pueden transformar estructuralmente el sistema, generando un efecto multiplicador en todas sus dimensiones.

4.4.6.5 Escenario crítico-riesgo. En contraste, este escenario refleja trayectorias descendentes en todas las variables, llegando incluso a valores negativos en asimilación, generación de productos y desarrollo innovador. El estancamiento y retroceso en la adquisición compromete la posibilidad de asimilar y transformar el conocimiento, lo que repercute en la caída de la producción científica y en la pérdida progresiva de la capacidad innovadora del SIA. Este escenario constituye una alerta crítica, mostrando cómo la falta de políticas de apoyo, la desarticulación institucional y la escasez de recursos pueden debilitar todo el sistema y comprometer su sostenibilidad a largo plazo.

4.4.7 *Análisis de sensibilidad*

El análisis de sensibilidad se desarrollará sobre la variable Desarrollo innovador del SIA porque esta variable refleja de manera directa los efectos de las dinámicas de interacción entre los componentes y factores de la capacidad de absorción, lo que estaría alineado con el propósito de evaluar la capacidad de absorción como mecanismo endógeno para la transición explotación – exploración en un SIA.

De igual manera el análisis de escenarios muestra que las variables seleccionadas (capacidad de adquisición, capacidad de asimilación, generación de productos científicos y tecnológicos, y desarrollo innovador del SIA) muestran comportamientos de tendencia similares por lo que hacer el análisis sobre una sola variable evitaría redundancia.

Para realizar el análisis de sensibilidad es importante tener en cuenta la ecuación de esta variable:

$$\text{Desarrollo innovador del SIA} = A * \text{Capacidad de explotación} + B * \text{Transferencia de tecnología y conocimientos} + C * \text{Mecanismos de integración social}$$

(6)

Se ha mencionado anteriormente que los coeficientes representan el peso de la influencia sobre la variable. Después de los procesos de calibración los coeficientes se ajustaron y quedaron con los siguientes valores:

$$A = 0,5; B = 0,3 \text{ y } C = 0,2$$

Antes del proceso de calibración estos coeficientes se seleccionan de manera intuitiva o con base en estimaciones preliminares, en este orden de ideas el análisis de sensibilidad resulta fundamental porque, aunque estos valores permiten representar adecuadamente la dinámica del sistema, pueden variar dentro de un rango específico según las condiciones contextuales o los supuestos adoptados (Aracil, 2012). En este sentido, el análisis de sensibilidad permite evaluar cómo cambios en dichos coeficientes influyen en el comportamiento de la variable Desarrollo innovador del SIA identificando la robustez del modelo frente a posibles variaciones y aportando mayor confiabilidad en los resultados obtenidos. De esta manera las pruebas de sensibilidad se hacen variando los coeficientes de la ecuación en un rango establecido alrededor del valor de ajuste.

En la Figura 20 se muestra el resultado de la primera prueba de sensibilidad que consiste en establecer un rango de variación para todos los coeficientes de la siguiente manera:

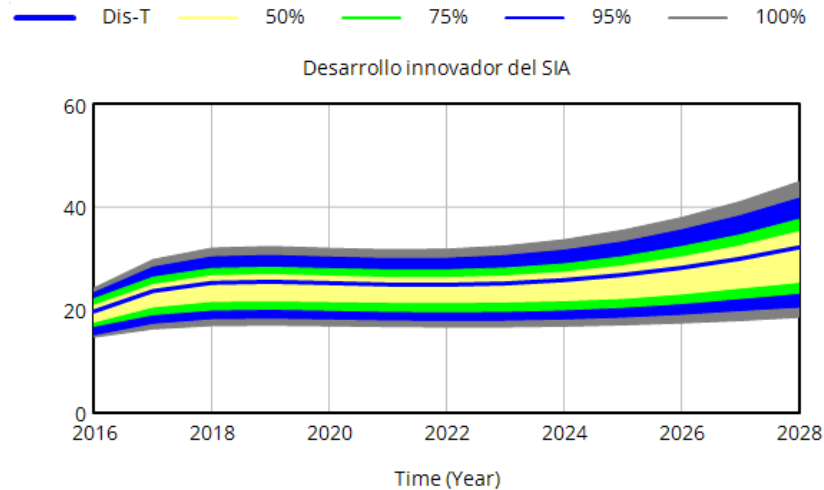
$$A = [0,2 - 0,8]; B = [0,0 - 0,6] \text{ y } C = [0,0 - 0,4].$$

La simulación de sensibilidad con variación simultánea de los coeficientes A, B y C muestra una trayectoria con tres fases nítidas: un ascenso inicial hasta 2018, una meseta corta entre 2019 y 2022 y una nueva aceleración sostenida a partir de 2023 que se prolonga hasta 2028. En términos de incertidumbre, las bandas correspondientes a variaciones entre 50% y 75% se mantienen relativamente compactas durante todo el horizonte, lo que indica robustez del comportamiento central frente a cambios moderados en los parámetros. A medida que se avanza hacia las

variaciones superiores (95%), las bandas se ensanchan de forma progresiva, especialmente desde 2025, evidenciando que la varianza crece con el tiempo y que combinaciones extremas de los coeficientes pueden impulsar trayectorias significativamente más altas o, en menor medida, más conservadoras.

Figura 20

Prueba de sensibilidad variando todos los coeficientes



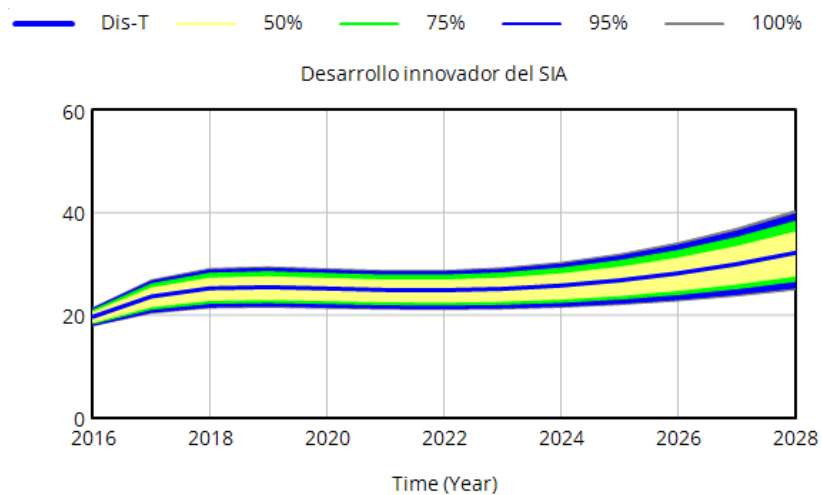
Este patrón sugiere la presencia de efectos no lineales y de interacción entre los tres factores: cuando coexisten ponderaciones relativamente altas para Transferencia de tecnología y conocimientos y Mecanismos de integración social, el sistema aprovecha mejor el capital acumulado en explotación y se desencadenan rendimientos crecientes sobre la innovación; por el contrario, combinaciones menos favorables atenúan esa aceleración y tienden a estabilizar el desempeño en el rango medio.

En síntesis, el modelo es estable en su tendencia central (Desarrollo innovador del SIA crece de forma persistente hasta 2028), pero sensible en los extremos ante configuraciones de parámetros que potencian o limitan los bucles de retroalimentación positivos. Desde una perspectiva de gestión, esto implica que, aun sin conocer con precisión los valores “verdaderos” de A, B y C, el SIA mantendría una senda ascendente bajo supuestos razonables; no obstante, la posibilidad de alcanzar los niveles superiores depende de combinaciones de parámetros que refuercen la transferencia y la articulación entre actores para capitalizar la explotación existente. Por ello, las políticas deberían enfocarse en reducir la dispersión (estandarizando prácticas de transferencia y fortaleciendo los mecanismos de integración) y en mover la mediana hacia la banda

superior mediante intervenciones de alto impacto que consoliden los flujos de conocimiento y su uso efectivo en el territorio.

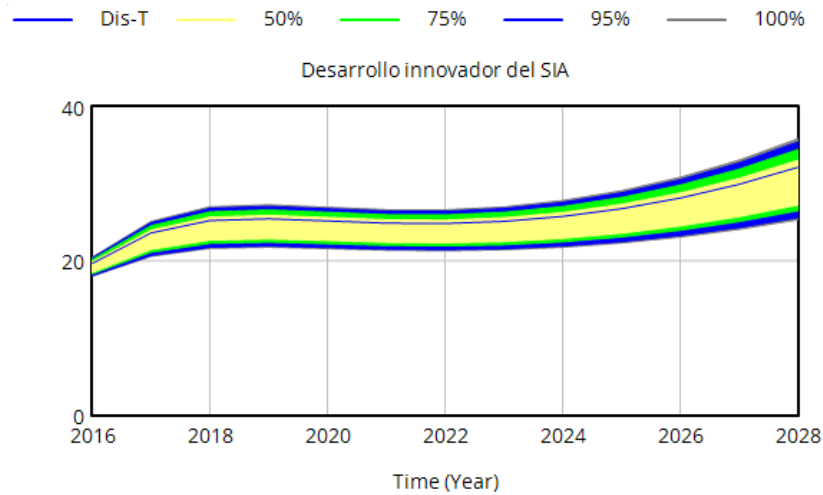
Para identificar el factor de mayor sensibilidad el siguiente paso es realizar la prueba de sensibilidad para A, B y C de manera independiente. La Figura 21 muestra el resultado cuando se varía el coeficiente A.

Figura 21
Prueba de sensibilidad variando coeficiente A



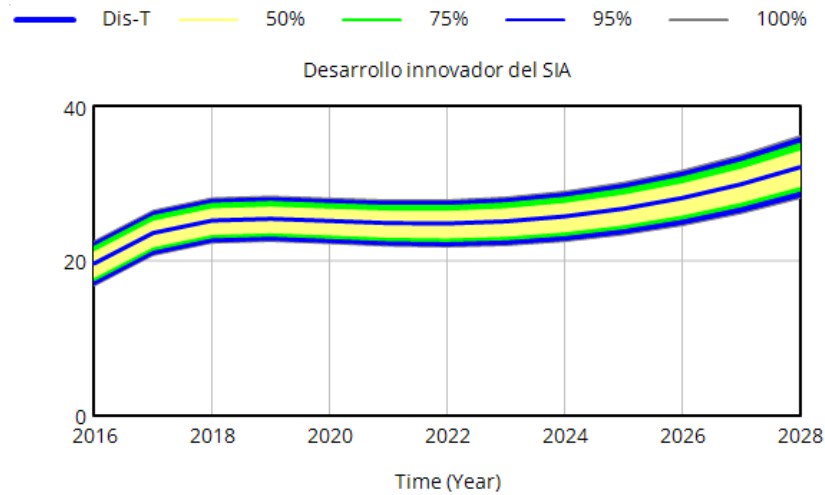
En este caso se examina la variación del coeficiente A, relacionado con la capacidad de explotación, se observa una dispersión relativamente amplia a lo largo del horizonte de simulación, lo que indica que este componente tiene un peso considerable en la trayectoria del sistema. Su sensibilidad se manifiesta en un ensanchamiento de las bandas de incertidumbre, particularmente a partir del año 2024, lo cual sugiere que cambios en este coeficiente pueden traducirse en un impacto significativo tanto en la aceleración como en la desaceleración del desarrollo innovador.

Por su parte, al analizar la variación del coeficiente B, asociado a transferencia de tecnología y conocimientos, (Figura 22) se aprecia que las bandas de sensibilidad muestran un ensanchamiento aún mayor respecto al caso de A, especialmente hacia el final del horizonte (2026-2028). Esto indica que la transferencia tecnológica constituye el factor con mayor incidencia en el desempeño innovador del sistema, siendo altamente sensible a cambios en su coeficiente. En otras palabras, ajustes en la intensidad con que este mecanismo es considerado en el modelo tienen el potencial de modificar de manera sustancial la capacidad del SIA para generar dinámicas innovadoras sostenidas.

Figura 22*Prueba de sensibilidad variando el coeficiente B*

Finalmente, en la Figura 23, se presenta la prueba de sensibilidad asociada a la variación del parámetro C (Mecanismos de integración social) presenta un comportamiento de menor dispersión en comparación con A y B. Si bien la curva proyectada mantiene una tendencia positiva y estable, el rango de incertidumbre es más estrecho, lo que sugiere que este factor, aunque relevante, ejerce un efecto más moderado sobre la dinámica global del sistema. Su contribución parece estar más asociada a la consolidación de un entorno estable y colaborativo que a generar cambios abruptos en la trayectoria innovadora.

En síntesis, los resultados evidencian que el factor de mayor sensibilidad corresponde a la transferencia de tecnología y conocimientos (B), seguido por la capacidad de explotación (A) y, en menor medida, los mecanismos de integración social (C). Esta jerarquía de influencia resulta coherente con el papel central que desempeña la apropiación y circulación de conocimiento en los procesos de innovación agrícola, así como con la necesidad de contar con capacidades internas que permitan absorber y aplicar dichos conocimientos de manera efectiva.

Figura 23*Prueba de sensibilidad variando el coeficiente C*

Los resultados obtenidos permiten dar cumplimiento a los tres objetivos específicos planteados en la investigación. En primer lugar, se caracterizaron los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción en el marco del modelo de Zahra y George (2002), adaptados a un SIA, lo que permitió reconocer los elementos clave que condicionan su desarrollo. En segundo lugar, se establecieron indicadores que facilitan la identificación y evaluación de dichos componentes, aportando criterios para comprender cómo la capacidad de absorción contribuye a la transición entre explotación y exploración del conocimiento. Finalmente, a partir de estos insumos, se construyó y validó un modelo computacional que permitió simular las dinámicas de interacción entre componentes y factores, ofreciendo una visión integral de los procesos que posibilitan el desarrollo del ambidiestrismo en sistemas agrícolas de innovación. De este modo, los hallazgos consolidan una base sólida para la discusión y proyección de estrategias orientadas a fortalecer la gestión del conocimiento y la innovación en este tipo de contextos.

Discusión

5.1 Discusión objetivo 1

Los hallazgos confirman que el desarrollo de la capacidad de absorción en una IES inserta en un SIA es un proceso complejo, multidimensional y situado, en el que intervienen tanto factores estructurales como motivaciones personales de los investigadores. De acuerdo con Zahra y George (2002), esta capacidad se articula en cuatro dimensiones (adquisición, asimilación, transformación y explotación), y la evidencia empírica muestra cómo cada una de ellas se ve modulada por la interacción entre activadores externos, institucionales y personales. La particularidad es que, aunque la capacidad de absorción es propia de la IES, esta se configura en estrecha relación con las dinámicas y tensiones del sistema agrícola en el que opera.

En la dimensión de adquisición, se observa que las políticas públicas (acreditación de alta calidad, decreto 1279, lineamientos del Ministerio de Ciencia y Tecnología) actúan como poderosos activadores externos, orientando la agenda investigativa hacia áreas priorizadas. Este hallazgo coincide con estudios previos que señalan cómo los marcos regulatorios y de financiamiento condicionan la dirección del conocimiento (Cohen & Levinthal, 1990; Vega-Jurado et al., 2008). Sin embargo, en contraste con la literatura, los investigadores entrevistados advierten que la excesiva dependencia de convocatorias externas y el sesgo hacia los intereses de las entidades financiadoras pueden restringir la autonomía académica y limitar la diversidad de temáticas exploradas, configurando una tensión entre la pertinencia social y la sostenibilidad financiera de la investigación.

Los activadores institucionales revelan una paradoja: mientras la universidad facilita tiempo docente, promueve convocatorias internas y reconoce la investigación como parte de su misión, los entrevistados perciben limitaciones estructurales como la falta de acceso a bases de datos, escasos recursos y la ausencia de un plan estratégico robusto en investigación. Este hallazgo sugiere que la capacidad de absorción de la IES se ve afectada por la coherencia institucional entre discurso y acción, siendo necesario fortalecer mecanismos de soporte más allá del cumplimiento formal de políticas.

En cuanto a los activadores personales, la motivación intrínseca de los investigadores (su vocación, pasión y compromiso con la región) aparece como un factor decisivo. Este aspecto no siempre es suficientemente valorado en los modelos de capacidad de absorción, pero en el caso agrícola adquiere centralidad, pues la investigación no solo busca publicaciones, sino contribuir a

la resolución de problemáticas territoriales. Aquí la investigación doctoral aporta un matiz al modelo de Zahra y George: la dimensión ética y territorial de la motivación investigadora como un activador que refuerza la adquisición y la asimilación del conocimiento.

El análisis de conocimientos previos y experiencia muestra que la acumulación de saberes (formación profesional, lectura científica, actividad docente y redes de conocimiento) constituye la base sobre la cual se formulan los proyectos. Esto coincide con la idea de Cohen y Levinthal (1990) de que el conocimiento previo es un “filtro” que permite reconocer, interpretar y valorar la información externa. Sin embargo, en este estudio se identifica un aporte adicional: la docencia y la interacción con estudiantes emergen como fuentes claves de nuevos problemas de investigación, ampliando el rol de la enseñanza como generadora de conocimiento.

En la dimensión de asimilación, los hallazgos revelan que las convocatorias externas funcionan como guías metodológicas que orientan la formulación de proyectos, pero también generan dependencia y reducen la flexibilidad investigativa. Los factores institucionales positivos (PEI, franjas de tiempo, convocatorias internas) y negativos (infraestructura limitada, procesos administrativos lentos) se contraponen, mostrando que la capacidad de asimilación depende en gran medida de la agilidad de la IES para facilitar recursos y simplificar procesos.

La transformación se ve condicionada por las dificultades de publicación en revistas científicas y la insuficiencia de políticas internas claras de estímulo. Si bien los investigadores poseen motivaciones personales y experiencia acumulada, la falta de soporte institucional limita la conversión del conocimiento en productos de alta visibilidad. Este hallazgo resalta la necesidad de articular mejor las motivaciones individuales con políticas sostenidas de apoyo a la publicación.

Finalmente, en la explotación, los resultados son contundentes: la debilidad de los mecanismos institucionales de transferencia de tecnología y apropiación social del conocimiento limita la posibilidad de generar valor a partir de la investigación. La ausencia de políticas de propiedad intelectual y de estrategias integrales de apropiación social refleja un vacío estructural que impide cerrar el ciclo de la capacidad de absorción en la IES. Aquí la discusión conecta con autores que advierten que en América Latina las universidades tienden a enfocarse en producción académica más que en transferencia (Arocena & Sutz, 2010), lo que refuerza la necesidad de construir institucionalidades intermedias que acerquen el conocimiento a productores, comunidades y empresas.

A la luz de estos hallazgos, la capacidad de absorción de la IES no puede entenderse solo como un conjunto de procesos lineales, sino como parte de un “ciclo de descubrimiento” en el que la exploración y la explotación se retroalimentan dialécticamente (Gilsing & Nooteboom, 2006). En este marco, los activadores personales e institucionales adquieren sentido cuando permiten mantener el delicado equilibrio entre aprovechar lo ya consolidado y abrirse a nuevas combinaciones. De manera complementaria, estudios recientes muestran que la capacidad de absorción actúa como mediadora en la relación entre la interacción universidad–empresa–investigación y el desempeño innovador (Meng et al., 2023), subrayando que la confianza y la comunicación entre actores son tan importantes como los recursos o las políticas externas. Estos aportes refuerzan la idea de que, en contextos agrícolas, donde las motivaciones territoriales y éticas son centrales, la capacidad de absorción de la IES depende tanto de la solidez institucional como de la calidad de las interacciones y la habilidad para gestionar tensiones entre exploración y explotación.

En conjunto, la evidencia confirma la pertinencia del modelo de capacidad de absorción de Zahra y George (2002) para comprender la dinámica investigativa en la universidad, pero también revela la necesidad de adaptaciones contextuales. Las dimensiones se encuentran moduladas por una interacción compleja entre factores externos, institucionales y personales, donde la docencia y la motivación territorial emergen como activadores diferenciales no suficientemente explorados en la literatura. Asimismo, la falta de políticas sólidas de apoyo a la transformación y explotación del conocimiento muestra que la capacidad de absorción no es un proceso lineal, sino frágil y dependiente de la coherencia entre motivaciones individuales, soporte institucional y articulación con actores externos. Este hallazgo abre la discusión para examinar las condiciones necesarias para fortalecer dichos mecanismos y superar las tensiones estructurales identificadas.

5.2 Discusión objetivo 2

La construcción de indicadores para evaluar la capacidad de absorción de una IES en el contexto de un SIA representa un desafío epistemológico y metodológico, que trasciende el mero diseño técnico para situarse en la tensión entre lo abstracto y lo concreto. Como plantea Gutiérrez (2009), los indicadores no son simples reflejos empíricos, sino representaciones parciales de realidades complejas que deben ser reconstruidas. Este estudio contribuye a ese debate al proponer

indicadores conceptualmente fundamentados para cada dimensión del modelo de Zahra y George (2002), adaptados al contexto agrícola e institucional latinoamericano.

En primer lugar, los resultados evidencian que los indicadores propuestos no se limitan a lo cuantitativo, sino que incorporan matrices de operacionalización que incluyen tanto subindicadores objetivos (registros de participación en convocatorias, productos de publicación, registros de propiedad intelectual) como subjetivos (percepción de apoyo institucional, motivación personal, impacto en comunidades). Este enfoque cualitativo-cuantitativo en construcción reconoce que la capacidad de absorción es un fenómeno multidimensional, que requiere herramientas flexibles para captar interacciones entre activadores externos, institucionales y personales.

Un hallazgo relevante es que los indicadores diseñados permiten visibilizar factores que tradicionalmente no son considerados en la medición de capacidades de innovación, como la motivación personal, la interacción con comunidades locales y la docencia como fuente de generación de problemas de investigación. En este sentido, la propuesta amplía el marco de Zahra y George (2002), incorporando dimensiones éticas, territoriales y pedagógicas que resultan decisivas en sistemas agrícolas. Esta es una contribución original al debate académico sobre cómo operacionalizar la capacidad de absorción en contextos no empresariales.

Asimismo, el trabajo muestra que la transición entre explotación y exploración (March, 1991) puede ser analizada mediante los indicadores construidos, en la medida en que cada dimensión (adquisición, asimilación, transformación y explotación) se traduce en métricas concretas que permiten observar los equilibrios y desbalances del sistema. Por ejemplo, el NDCTC (transformación) permite detectar cuellos de botella en la publicación y validación científica, mientras que el NDCEC (explotación) visibiliza la escasez de estrategias de apropiación social e interacción con actores productivos. Esto constituye una herramienta analítica poderosa para identificar en qué punto de la cadena de absorción se interrumpe el flujo de conocimiento.

Otro aspecto para destacar es la coherencia metodológica de los indicadores: todos se plantean en términos de niveles de desarrollo (muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto), lo que facilita su futura aplicación comparativa a individuos, grupos o instituciones. Esta gradación cualitativa abre la puerta a la construcción posterior de índices sintéticos mediante técnicas de ponderación y agregación, pero sin perder la riqueza interpretativa de las narrativas.

No obstante, el diseño de los indicadores también plantea limitaciones importantes. La propuesta se queda en el plano conceptual, sin avanzar hacia la validación empírica o la definición

de ponderaciones que permitan construir indicadores compuestos. Esto implica que su utilidad inmediata es exploratoria y depende de investigaciones posteriores para consolidar su aplicabilidad. Además, al basarse en el discurso de los investigadores, los indicadores pueden estar condicionados por sesgos de percepción y autorreferencia, lo que requiere complementar con datos objetivos (ej. métricas bibliométricas, registros administrativos).

Finalmente, cabe subrayar que los indicadores no solo cumplen una función de evaluación, sino también de orientación estratégica. Al operacionalizar la capacidad de absorción en términos concretos, ofrecen a las universidades y políticas públicas un marco para diseñar intervenciones focalizadas: desde mejorar el acceso a bases de datos (adquisición), fortalecer la gestión administrativa de proyectos (asimilación), incentivar publicaciones de calidad (transformación), hasta desarrollar estructuras de transferencia tecnológica y apropiación social (explotación).

En síntesis, los indicadores propuestos representan un aporte sustantivo a la medición de la capacidad de absorción de una IES, al integrar enfoques teóricos y prácticos, y al reconocer dimensiones frecuentemente invisibilizadas en las métricas tradicionales. Su mayor valor radica en que no reducen la complejidad del fenómeno a cifras, sino que ofrecen un marco flexible, interpretativo y situado para comprender cómo las IES gestionan el conocimiento en el contexto de un SIA.

5.3 Discusión objetivo 3

El desarrollo y simulación de un modelo computacional de dinámica de sistemas constituye un aporte fundamental para comprender la complejidad de la capacidad de absorción de una IES en el ámbito de un SIA. A diferencia de enfoques estáticos o meramente descriptivos, este modelo permite capturar las interacciones dinámicas entre las dimensiones de adquisición, asimilación, transformación y explotación, y proyectar su impacto en variables estratégicas como la Generación de productos científicos y tecnológicos y el Desarrollo innovador del SIA. La principal ventaja de este enfoque radica en su capacidad para mostrar comportamientos no lineales, dependientes de condiciones iniciales y bucles de retroalimentación, en línea con lo señalado por Aracil (1995) y Sterman (2000) sobre el valor de la simulación en contextos complejos.

Los resultados de los escenarios muestran, en primer lugar, que la capacidad de absorción de la IES no se comporta de manera lineal, sino que depende de la articulación entre factores

internos (infraestructura, políticas, motivaciones) y externos (convocatorias, redes, actores territoriales). Este hallazgo amplía el marco conceptual de Zahra y George (2002), al evidenciar que, en el contexto agrícola, la capacidad de absorción de la universidad está fuertemente mediada por barreras administrativas y mecanismos de integración social. El modelo, por tanto, visibiliza que el fortalecimiento o debilitamiento de la capacidad de absorción no es resultado de un solo factor, sino de interacciones múltiples que pueden amplificar o atenuar las trayectorias de la innovación.

En términos sustantivos, los escenarios permiten visualizar dos grandes tendencias. Por un lado, los círculos virtuosos (escenarios de mejora alta y extremo positivo), donde el fortalecimiento simultáneo de adquisición y asimilación impulsa la generación de productos científicos y tecnológicos, lo que a su vez dinamiza el desarrollo innovador del SIA. Este comportamiento refleja la importancia de intervenciones estratégicas y de amplio alcance (simplificación administrativa, políticas de vinculación, redes de colaboración) que refuercen la coherencia entre dimensiones.

Por otro lado, los círculos viciosos (escenario crítico-riesgo), donde la presencia de fuertes barreras administrativas y la ausencia de integración social generan retrocesos progresivos en todas las dimensiones, comprometiendo la sostenibilidad de la capacidad de absorción de la IES y, por ende, limitando su aporte al SIA. Este hallazgo constituye una alerta para la política pública y la gestión institucional, mostrando que la falta de acción no solo conduce al estancamiento, sino a un deterioro acumulativo.

El análisis transversal de escenarios aporta evidencia de que los cambios incrementales (escenario moderado) no son suficientes para transformar estructuralmente la dinámica de la IES dentro del SIA. Si bien generan mejoras parciales, estas no alcanzan para consolidar procesos de innovación de alto impacto. En este sentido, los resultados apoyan la tesis de March (1991) sobre la necesidad de balancear explotación y exploración: solo intervenciones de carácter integral y sostenido pueden desplazar al sistema hacia trayectorias virtuosas de innovación. Aquí la noción de “ciclo de descubrimiento” (Gilsing & Nooteboom, 2006) se hace visible en la simulación, mostrando cómo la exploración y la explotación se retroalimentan dialécticamente y cómo la capacidad de absorción de la IES se convierte en el motor que permite transitar entre ambas.

El análisis de sensibilidad constituye otro aporte clave, al demostrar que la variable de mayor influencia sobre el Desarrollo innovador del SIA es la transferencia de tecnología y

conocimientos, seguida por la capacidad de explotación y, en menor medida, por los mecanismos de integración social. Este hallazgo es coherente con estudios previos en América Latina (Arocena & Sutz, 2010), que señalan que el cuello de botella de los sistemas de innovación no radica únicamente en la generación de conocimiento, sino en su circulación, apropiación y uso efectivo por parte de actores productivos y sociales. Así, la investigación doctoral confirma que el factor crítico de la capacidad de absorción en la IES es la transferencia de conocimiento, y que su fortalecimiento requiere no solo infraestructura, sino también institucionalidad intermedia y políticas de articulación territorial.

Un aspecto novedoso del modelo es que permite observar cómo los efectos no lineales y las interacciones entre factores amplifican o atenúan las trayectorias del sistema. Por ejemplo, la simulación muestra que combinaciones favorables de transferencia tecnológica e integración social potencian rendimientos crecientes sobre la innovación, mientras que la ausencia de uno de estos factores reduce la eficacia de la explotación existente. Este hallazgo refuerza la necesidad de diseñar políticas sistémicas, que no se limiten a mejorar un componente aislado, sino que atiendan la coherencia e interdependencia entre todos los factores.

En síntesis, la simulación computacional confirma que la capacidad de absorción de la IES constituye un mecanismo endógeno que habilita la transición explotación–exploración dentro del SIA. Su fortalecimiento requiere superar barreras administrativas, consolidar mecanismos de integración social y, sobre todo, potenciar la transferencia de conocimientos. El modelo ofrece, por tanto, una herramienta no solo analítica para comprender la complejidad de las interacciones dinámicas, sino también estratégica para guiar la formulación de políticas públicas y decisiones institucionales hacia la construcción de sistemas agrícolas más competitivos, sostenibles y equitativos. En coherencia con el objetivo general, los resultados muestran que el tránsito entre explotación y exploración no ocurre de manera espontánea, sino a partir de la capacidad de la IES de articular sus dimensiones de absorción en diálogo con el entorno, lo que refuerza la pertinencia de adaptar y ampliar el marco de Zahra y George (2002) en contextos agrícolas específicos.

5.4 Síntesis de la discusión

En conjunto, la discusión de los tres objetivos confirma que la capacidad de absorción en una IES, inserta en un SIA, es un constructo dinámico, situado y relacional, que se expresa de

manera diferencial según los factores estructurales, institucionales y personales que intervienen en cada dimensión. El aporte de este estudio radica en tres niveles:

Conceptual: visibiliza motivaciones éticas y territoriales de la investigación agrícola, ampliando el marco de Zahra y George (2002).

Metodológico: propone indicadores que integran dimensiones frecuentemente invisibilizadas en la medición de la capacidad de absorción.

Prospectivo: demuestra, mediante simulación, que la transferencia de conocimientos y los mecanismos de integración social constituyen puntos críticos para la transición explotación–exploración.

De esta forma, la investigación no solo contribuye al debate académico sobre la capacidad de absorción y su adaptación a contextos agrícolas, sino que también ofrece insumos estratégicos para la política pública y la gestión institucional, orientados a fortalecer el papel de las universidades en la construcción de sistemas agrícolas más competitivos, sostenibles y equitativos.

Conclusiones e implicaciones

6.1 Limitaciones y restricciones

Pese a las limitaciones propias de todo proceso investigativo, este trabajo de investigación hace aportes significativos para la comprensión del SIA en torno a la producción de cafés especiales en el departamento de Nariño. En particular, contribuye a visibilizar las dinámicas que articulan el conocimiento científico con el saber productivo, y plantea interrogantes clave sobre las condiciones institucionales, sociales y territoriales que influyen en la transición hacia modelos de producción más innovadores y sostenibles. Asimismo, sienta bases sólidas para futuras investigaciones orientadas a profundizar en el análisis de datos productivos, financieros y organizativos vinculados a la caficultura de cafés especiales.

No obstante, es importante reconocer algunas limitaciones que condicionaron el alcance del estudio. Una de las principales dificultades fue la falta de información cuantitativa específica sobre la producción y comercialización de cafés especiales en Nariño. No existen registros sistemáticos que permitan conocer con precisión la cantidad producida anualmente ni los ingresos reales generados por este tipo de café, lo que restringe una caracterización más detallada de su impacto económico. Esta carencia se relaciona, en parte, con el bajo nivel de organización de algunos caficultores y con la fragmentación de los canales de comercialización. Durante el trabajo de campo también se identificó cierta desconfianza de algunos productores para compartir información financiera o productiva, lo que limitó la posibilidad de obtener estimaciones confiables directamente de los actores.

Otra limitación relevante está asociada al alcance territorial y temporal del estudio. Aunque se incluyó un número representativo de actores vinculados al sistema de innovación agrícola, las entrevistas y la información recolectada reflejan principalmente las dinámicas actuales, sin incorporar cambios de largo plazo ni abarcar de forma exhaustiva todas las subregiones productoras del departamento. Del mismo modo, el modelo computacional, si bien robusto en su estructura causal, depende en parte de supuestos derivados del análisis cualitativo y de la disponibilidad de datos públicos, por lo que su capacidad predictiva puede verse limitada ante variaciones abruptas o eventos no modelados.

Finalmente, el estudio evidencia que el nivel de articulación entre los actores del sistema sigue siendo insuficiente, reflejando una desconexión entre la investigación académica, las

políticas públicas y las necesidades reales de los productores. Esta situación, aunque constituye una debilidad estructural, abre una oportunidad para que investigaciones como esta contribuyan a reducir dichas brechas y fortalecer la integración y sostenibilidad del sector.

6.2 Respuesta a la pregunta de investigación y reflexión sobre la hipótesis

La investigación permite afirmar que las dinámicas de interacción entre los componentes y factores de la capacidad de absorción, entendida desde el modelo de Zahra y George (2002), se expresan en múltiples niveles que potencian la transición explotación–exploración en un SIA. En particular, se evidencia que la articulación simultánea de activadores externos (políticas públicas, convocatorias, marcos regulatorios), institucionales (estrategias, recursos, infraestructura) y personales (motivaciones éticas, compromiso territorial, acumulación de saberes) es la condición que habilita a la IES para movilizar sus dimensiones de adquisición, asimilación, transformación y explotación. Estas interacciones no son lineales ni uniformes, sino que generan círculos virtuosos o viciosos según la coherencia entre factores, confirmando que la capacidad de absorción se constituye en un mecanismo endógeno que dinamiza el tránsito entre aprovechar lo existente y abrirse a lo nuevo.

En relación con la hipótesis planteada, los hallazgos la fortalecen y amplían su alcance, al demostrar que la identificación de dichas dinámicas constituye un mecanismo interno clave para promover la transición explotación–exploración y, con ello, potenciar el ambidiestrismo en el sistema agrícola. Asimismo, la investigación profundiza y enriquece la hipótesis, al evidenciar que no basta con reconocer las dinámicas: es indispensable traducir ese conocimiento en acciones concretas de política pública, gestión institucional y articulación territorial. En otras palabras, la capacidad de absorción no es solo un recurso latente, sino una práctica situada que requiere soporte institucional, confianza entre actores y mecanismos efectivos de transferencia de conocimiento para desplegar todo su potencial. De este modo, la hipótesis no solo se confirma, sino que se consolida como un marco explicativo más robusto, al mostrar que los mecanismos endógenos producen efectos sostenidos únicamente cuando se integran en una estrategia amplia, coherente y de largo plazo.

6.3 Conclusiones

La caracterización de los componentes, factores y relaciones de la capacidad de absorción en una IES inserta en un SIA permitió confirmar la pertinencia del modelo de Zahra y George (2002), pero también evidenció la necesidad de adaptarlo a las condiciones contextuales y territoriales del ámbito agrícola. La investigación muestra que las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción se configuran en interacción dinámica con activadores externos, institucionales y personales, cuya coherencia determina la solidez de la capacidad de absorción. Entre estos, la motivación intrínseca y el compromiso territorial de los investigadores emergen como factores decisivos, aportando una nueva lectura ética y contextual del modelo.

Asimismo, se concluye que la docencia y el vínculo con los estudiantes constituyen fuentes activas de generación de conocimiento, ampliando la comprensión del aprendizaje organizacional dentro de la IES. Sin embargo, la limitada articulación institucional, la dependencia de convocatorias externas y la ausencia de políticas sostenidas de transferencia y apropiación del conocimiento restringen el cierre efectivo del ciclo de absorción. En consecuencia, fortalecer esta capacidad requiere alinear los incentivos institucionales con las motivaciones personales y territoriales, y consolidar mecanismos que conecten la investigación universitaria con las necesidades del sector agrícola.

La construcción de indicadores para identificar y evaluar los componentes de la capacidad de absorción en una IES inserta en un SIA constituye una contribución conceptual y metodológica significativa. Los indicadores diseñados, fundamentados en el modelo de Zahra y George (2002) y adaptados al contexto agrícola, permiten representar de manera integral las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción, incorporando tanto aspectos objetivos como percepciones subjetivas de los actores involucrados.

Estos indicadores amplían la perspectiva tradicional al incluir dimensiones éticas, territoriales y pedagógicas, visibilizando factores usualmente ausentes en las mediciones de innovación, como la motivación personal, la interacción con comunidades y la docencia como fuente de generación de conocimiento. De este modo, la propuesta no solo operacionaliza el concepto de capacidad de absorción, sino que enriquece el modelo teórico original, al situarlo en un marco de pertinencia social y territorial.

Asimismo, los indicadores diseñados ofrecen una herramienta analítica para observar los equilibrios y desbalances en la transición entre explotación y exploración, aportando una base para

evaluar en qué punto del proceso se interrumpe o debilita el flujo de conocimiento. Aunque su aplicación es aún exploratoria, su estructura cualitativa y su coherencia metodológica facilitan futuras validaciones empíricas y comparaciones entre grupos o instituciones.

En síntesis, la propuesta de indicadores fortalece la capacidad de análisis y gestión del conocimiento en las IES, al ofrecer un marco flexible, interpretativo y situado que puede orientar tanto la investigación académica como el diseño de políticas públicas orientadas al fortalecimiento de los sistemas de innovación agrícola.

El desarrollo y simulación del modelo computacional de dinámica de sistemas representa un avance sustantivo en la comprensión de la capacidad de absorción de las IES dentro de los SIA. A través de la formalización de las interacciones entre las dimensiones de adquisición, asimilación, transformación y explotación, el modelo permite evidenciar cómo las políticas, las motivaciones institucionales y las redes territoriales inciden de manera conjunta y no lineal sobre la trayectoria innovadora de una universidad.

El modelo demuestra que la capacidad de absorción no es una propiedad estática, sino un proceso dinámico de retroalimentaciones donde el fortalecimiento de una dimensión depende de la coherencia con las demás. De esta manera, la simulación visibiliza tanto los círculos virtuosos de generación y transferencia de conocimiento como los círculos viciosos asociados a barreras administrativas, desarticulación institucional o débil integración social.

Este hallazgo aporta evidencia empírica y conceptual a la discusión sobre la naturaleza endógena de la innovación, mostrando que el tránsito entre explotación y exploración depende directamente de la forma en que la IES gestiona su propia capacidad de absorción.

Asimismo, los resultados del análisis de sensibilidad identifican la transferencia de conocimiento como el factor de mayor influencia en el desarrollo innovador del SIA, lo que confirma que el principal desafío no radica en la producción de conocimiento, sino en su circulación y apropiación efectiva. De aquí se deriva una base sólida para orientar políticas institucionales y territoriales hacia el fortalecimiento de los mecanismos de transferencia y colaboración.

Finalmente, el modelo propuesto constituye una herramienta analítica y estratégica que trasciende el ámbito teórico, al posibilitar la exploración de escenarios y la evaluación de políticas de intervención en tiempo simulado. Su capacidad para capturar la complejidad, la no linealidad y las interdependencias entre factores convierte a la dinámica de sistemas en un enfoque pertinente

y poderoso para el estudio del ambidestramiento organizacional en contextos agrícolas. Con ello, la investigación no solo amplía el marco conceptual de Zahra y George (2002), sino que propone una versión adaptada y contextualizada, capaz de explicar cómo las universidades pueden activar procesos sostenibles de innovación mediante la gestión estratégica de su capacidad de absorción.

El análisis desarrollado en esta investigación permite afirmar que la capacidad de absorción constituye un mecanismo endógeno clave para impulsar la transición entre conocimiento explotatorio y conocimiento exploratorio dentro de un SIA. A partir de la adaptación del modelo de Zahra y George (2002) al contexto universidad-sector productivo, se evidencia que las cuatro dimensiones de la capacidad de absorción no operan de manera aislada, sino como un sistema dinámico de interacciones donde las condiciones internas y las relaciones externas determinan la trayectoria innovadora.

Los resultados derivados de las entrevistas, el análisis documental y la modelación dinámica demuestran que la universidad, en su papel de actor explorador del conocimiento, solo puede fortalecer su aporte al sector agrícola cuando logra articular sus capacidades internas con los flujos de conocimiento del entorno. En este sentido, la capacidad de absorción se revela como un proceso relacional y situado, que depende tanto de la existencia de mecanismos institucionales de aprendizaje como de la calidad de las interacciones con actores territoriales, tales como caficultores, gremios, agencias de fomento y gobiernos locales.

Asimismo, la investigación muestra que los factores activadores, los mecanismos de integración social y las estructuras de transferencia de tecnología y conocimiento actúan como mediadores decisivos entre las dimensiones del modelo, configurando bucles de retroalimentación positiva o negativa que pueden amplificar o debilitar el desempeño del sistema. Esta perspectiva sistémica permite superar las aproximaciones lineales y reconocer que el desarrollo de la innovación no es el resultado de una secuencia causa-efecto simple, sino de una red de interdependencias dinámicas que se refuerzan o contrarrestan mutuamente.

La simulación computacional complementa y fortalece estos hallazgos al mostrar que la transición explotación-exploración no ocurre de manera espontánea, sino como producto de procesos acumulativos y estratégicos orientados por políticas institucionales y territoriales coherentes. En los escenarios de mejora alta y extremo positivo, el fortalecimiento simultáneo de las capacidades de adquisición y asimilación impulsa la generación de conocimiento científico y tecnológico, lo que a su vez dinamiza la innovación agrícola. En contraste, los escenarios de riesgo

revelan cómo las barreras administrativas y la débil integración social pueden desencadenar círculos viciosos de desarticulación y pérdida de capacidades.

De manera integral, los resultados refuerzan la hipótesis de que la capacidad de absorción es el motor interno que posibilita el tránsito del conocimiento explotatorio al exploratorio, al tiempo que proponen una lectura ampliada del modelo de Zahra y George, ajustada a las particularidades del contexto agrícola latinoamericano. Este aporte teórico-práctico permite comprender la innovación no solo como producto final, sino como un proceso dinámico de aprendizaje colectivo que involucra la interacción constante entre universidad, territorio y actores productivos.

En síntesis, la investigación aporta una triple contribución: (1) teórica, al contextualizar y expandir el modelo de capacidad de absorción; (2) metodológica, al integrar el enfoque cualitativo con la simulación de dinámica de sistemas para explorar comportamientos no lineales; y (3) práctica, al ofrecer una herramienta analítica y prospectiva para orientar políticas y estrategias que fortalezcan la articulación universidad–sector agrícola. De este modo, la capacidad de absorción se consolida como una vía estratégica para construir sistemas agrícolas más innovadores, resilientes y sostenibles, donde el conocimiento se convierte en eje de desarrollo y equidad territorial.

6.4 Sugerencias de investigaciones futuras

A partir de los hallazgos de esta investigación, se identifican varias líneas para profundizar en estudios futuros.

En primer lugar, resulta pertinente explorar cómo la capacidad de absorción de las IES interactúa con otros actores del sistema de innovación agrícola, particularmente asociaciones de productores, empresas agroindustriales y entidades de extensión, con el fin de comprender mejor los mecanismos interinstitucionales de transferencia y apropiación del conocimiento.

En segundo lugar, sería valioso desarrollar estudios comparativos entre diferentes universidades y regiones, que permitan identificar patrones comunes y especificidades territoriales en el desarrollo de la capacidad de absorción.

En tercer lugar, se recomienda avanzar en la construcción y validación de métricas dinámicas que capten no solo los resultados estáticos de la investigación, sino también los procesos de retroalimentación, dependencia de trayectoria y no linealidad que caracterizan a los sistemas agrícolas.

Finalmente, la profundización en metodologías mixtas que integren la simulación computacional con estudios de caso cualitativos ofrecería una visión más completa de cómo la capacidad de absorción puede contribuir al fortalecimiento de la transición explotación–exploración y a la construcción de sistemas de innovación agrícola más sostenibles y equitativos.

Referencias

- Amit, R., Schoemaker, P. J. H., & Schoemaker, P. J. H. (1993). Amit e Schomaker, 1993 STRATEGIC ASSETS AND ORGANIZATIONAL RENT.pdf. *STRATEG Management Journal*, 14(1), 33–46.
- Andriopoulos, C. (2009). *Exploitation-Exploration Tensions and Organizational Ambidextrousness: Managing Paradoxes of Innovation*.
- Anton, J. J., & Yao, D. A. (2000). *Little Patents and Big Secrets: Managing Intellectual Property* *.
- Antonelli, C. (1999). The evolution of the industrial organisation of the production of knowledge. *Cambridge Journal of Economics*, 23(2), 243–260. <https://doi.org/10.1093/cje/23.2.243>
- Apriliyanti, I., & Alon, I. (2017). Bibliometric analysis of absorptive capacity. *International Business Review*, 896–907.
- Aracil, J. (1995). *DINÁMICA DE SISTEMAS por Javier Aracil Otros títulos publicados: 1. Ingeniería de Sistemas*.
- Arocena, R., & Sutz, J. (2010). Weak knowledge demand in the South: Learning divides and innovation policies. *Science and Public Policy*, 37(8), 571–582. <https://doi.org/10.3152/030234210X12767691861137>
- Asiedu, M. A., Anyigba, H., & Doe, J. K. (2023). Absorptive capacity and innovation generation in higher education institutions: the mediating role of inter-functional coordination. *Learning Organization*, 30(4), 385–405. <https://doi.org/10.1108/TLO-11-2022-0128>
- Assefa, A., Waters-Bayer, A., Fincham, R., & Mudahara, M. (2009). Comparison of frameworks for studying grassroots innovation: Agricultural Innovation Systems (AIS) and Agricultural Knowledge and Information Systems (AKIS). In *Innovation Africa: Enriching farmers livelihoods* (pp. 35–56).
- Atuahene-Gima, K., & Murray, J. Y. (2007). Exploratory and Exploitative Learning in New Product Development: A Social Capital Perspective on New Technology Ventures in China ABSTRACT. In *Journal of International Marketing* © (Vol. 15, Issue 2). American Marketing Association.
- Baden-fuller, C. (1995). *Strategic Innovation , Corporate Entrepreneurship and Matching Outside-in to Inside-out Approaches to Strategy Research* '. 6(December).
- Barlas, Y. (1994). *Model validation in system dynamics Formal aspects of model validity and validation in system dynamics*. <https://www.researchgate.net/publication/291996188>
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

- Bathelt, H. (2003). Geographies of production: Growth regimes in spatial perspective 1 - Innovation, institutions and social systems. *Progress in Human Geography*, 27(6), 763–778. <https://doi.org/10.1191/0309132503ph462pr>
- Benner, M. J., & Tushman, M. L. (2001). *EXPLOITATION, EXPLORATION, AND PROCESS MANAGEMENT: THE PRODUCTIVITY DILEMMA REVISITED*.
- Bergek, A., Jacobsson, S., & Hekkert, M. (2006). *Functions in innovation systems : and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers RIDE / IMIT Working Paper No . 84426-008 Functions in innovation systems : A framework for analysing energy system dynamics and ident. 84426*.
- Bertoglio, N., Lamperti, G., Zanella, M., & Zhao, X. (2020). Temporal-Fault Diagnosis for Critical-Decision Making in Discrete-Event Systems Temporal-Fault Diagnosis for Critical-Decision Making in Discrete-Event Systems. *Procedia Computer Science*, 521–530.
- Birkinshaw, J., & Gibson, C. (2004). *Center for Effective Organizations BUILDING AN AMBIDEXTROUS ORGANIZATION*. <http://www.marshall.usc.edu/ceo>
- Blanchard, B., & Fabrycky, W. (1990). *Systems Engineering and Analysis*.
- Boisot, M., & Griffiths, D. (1999). Possession is nine tenths of the law: Managing a firm's knowledge base in a regime of weak appropriability. *International Journal of Technology Management*, 17: 662-676., 17, 662–676.
- Boly, V., Morel, L., Assielou, N. D. G., & Camargo, M. (2014). Evaluating innovative processes in french firms: methodological proposition for firm innovation capacity evaluation. *Res. Policy* , 608–622.
- Bonilla-García, M. Á., & López-Suárez, A. D. (2016). Ejemplificación del proceso metodológico de la teoría fundamentada. *Cinta de Moebio*, 57, 305–315. <https://doi.org/10.4067/s0717-554x2016000300006>
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools . *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*,.
- Bower, J., & Christensen, C. 1995. (1995). Disruptive technologies: Catching the wave. *Harvard Business Review*, 73(1), 43–53.
- Brix, J. (2017). Exploring knowledge creation processes as a source of organizational learning: A longitudinal case study of a public innovation project. *Scandinavian Journal of Management*, 33(2), 113–127. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2017.05.001>
- Brunori, G., Barjolle, D., Dockes, A. C., Helmle, S., Ingram, J., Klerkx, L., Moschitz, H., Nemes, G., & Tisenkopfs, T. (2013). CAP reform and innovation: The role of learning and innovation networks. *EuroChoices*, 12(2), 27–33. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12025>

- Burbano, T. I., Criollo Escobar, H. I., García Alzate, J. I., Muñoz Belalcazar, J. I., & López Gómez Iaf Viviana Benavides Arteaga Iaf Javier Dulce Delgado Cartilla Divulgativa, J. I. (2019). *EL CULTIVO DEL CAFÉ (Coffea arabica L.) EN NARIÑO*.
- Burgelman, R., Maidique, M., & Wheelwright, S. (2004). *Strategic Management of Technology and Innovation*.
- Burt, R. S. (1987). Social Contagion and Innovation: Cohesion versus Structural Equivalence. *American Journal of Sociology*, 92(6), 1287–1335. <https://doi.org/10.1086/228667>
- Camisón, C. (n.d.). *CAPACIDAD DE ABSORCIÓN: ANTECEDENTES Y RESULTADOS (*)*.
- Cao, Q. (2009). *Unpacking organizational ambidexterity: dimensions, contingencies, and synergistic effects*.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002a). Innovation systems: analytical and methodological issues. In *Research Policy* (Vol. 31).
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002b). Innovation systems: analytical and methodological issues. In *Research Policy* (Vol. 31).
- Chaudhuri, S., & Tabrizi, B. (1999). *Capturing the Real Value in High-Tech Acquisitions*.
- Choi, T., & Chandler, S. M. (2015). Exploration, Exploitation, and Public Sector Innovation: An Organizational Learning Perspective for the Public Sector. *Human Service Organizations Management, Leadership and Governance*, 39(2), 139–151. <https://doi.org/10.1080/23303131.2015.1011762>
- Christensen, C. (1998). Why great companies lose their way. *Across the Board*, 35(9), 36–41.
- Cofré-Bravo, G., Klerkx, L., & Engler, A. (2019). Combinations of bonding, bridging, and linking social capital for farm innovation: How farmers configure different support networks. *Journal of Rural Studies*, 69, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.04.004>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. In *Administrative Science Quarterly* (Vol. 35, Issue 1).
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1994). Fortune Favors the Prepared Firm. *Management Science*, 40(2), 227–251. <https://doi.org/10.1287/mnsc.40.2.227>
- Conner, K. (1991). Theory of the firm: firm resources and other economic theories. *Journal of Management*, 17, 121–154.
- Crossan, M. M., Lane, H. W., & White, R. E. (1999). An Organizational Learning Framework: From Intuition to Institution. In *Source: The Academy of Management Review* (Vol. 24, Issue 3).
- DANE. (2025a, September 18). *Anexos estadísticos PIB departamental 2005-2024 preliminar. Resultados Por Actividad Económica*.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>

- DANE. (2025b, September 18). *Información Censo nacional de población y vivienda 2018*. NBI. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>
- DANE. (2025c, September 18). *PIB departamental 2005 - 2024*. PIB Total Por Departamentos. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- David, P. A. (1985). Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review*, 75, 332–337.
- Davies, A., & Brady, T. (2016). *Explicating the dynamics of project capabilities*.
- De Boer, M., Van Den Bosch, F., & Volberda, H. (1999). Managing organizational knowledge integration in the emerging multimedia complex. *Journal of Management Studies*, 36(3), 379–398.
- Dedieu, B., Darnhofer, I., Bellon, S., de Greef, K., Casabianca, F., Madureira, L., Milestad, R., Paine, M., Steyaert, P., Stobbelaar, D. J., & Zasser-Bedoya, S. (2009). Special issue: Innovations in farming systems approaches. *Outlook on Agriculture*, 38(2), 108–110. <https://doi.org/10.5367/000000009788632403>
- Dhanaraj, C., & Parkhe, A. (2006). Orchestrating innovation networks. *Academy of Management Review*, 31(3), 659–669.
- Diaz, I. (2009). Enfoque de Porter y de la teoría basada en los recursos en la identificación de la Ventaja Competitiva: ¿contraposición o conciliación? *Economía y Desarrollo*, 144(1), 101–114.
- Doe, J. K., & Asiedu, M. A. (2022). To cite this article: Mercy Asaa Asiedu, Jesse Kwaku Doe. Conceptualization of Absorptive Capacity Dimensions in Higher Education Institutions: A Qualitative View. *Education Journal*, 11(6), 326–336. <https://doi.org/10.11648/j.edu.20221106.13>
- Douthwaite, B., Alvarez, S., Thiele, G., Mackay, R., Cordoba, D., & Tehelen, K. (2008). Participatory Impact Pathways Analysis: a practical method for project planning and evaluation. *Rethinking Impact: Understanding the Complexity of Poverty and Change*.
- Edquist, C. (2001). The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art. *DRUID Conference, Aalborg*, 12–15.
- Edquist, C. (2004). Science and Public Policy Final remarks Reflections on the systems of innovation approach. In *Science and Public Policy* (Vol. 31, Issue 6). Beech Tree Publishing. <https://academic.oup.com/spp/article/31/6/485/1684641>
- Edquist, C., & Rigby, J. (2005). *Innovation and Public Procurement. Review of Issues at Stake*.
- Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). DYNAMIC CAPABILITIES: WHAT ARE THEY? In *Strategic Management Journal Strat. Mgmt. J* (Vol. 21).

- Engel, P. (1997). *Social Organization of Innovation: a Focus on Stakeholder Interaction*.
- Fernández-Mesa, A., Olmos-Peñuela, J., García-Granero, A., & Oltra, V. (2022). The pivotal role of students' absorptive capacity in management learning. *International Journal of Management Education*, 20(3). <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100687>
- Forrester, J. W. (1958). Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review* 36 (4): 37–66., 36(4), 37–66.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1993). *Science for the post-normal age*.
- Garud, R., & Nayyar, P. (1994). Transformative capacity: Continual structuring by intertemporal technology transfer. . . *Strategic Management Journal*, 15, 365–385.
- Garvin, D. (1993). Building a learning organization. . *Harvard Business Review*, 73(4): 78-91., 73, 78–91.
- Gibson, C. B., & Birkinshaw, J. (2004). *THE ANTECEDENTS, CONSEQUENCES, AND MEDIATING ROLE OF ORGANIZATIONAL AMBIDEXTERITY*.
- Gilbert, N., Pyka, A., & Ahrweiler, P. (2001). Innovation networks - A simulation approach. *Jasss*, 4(3).
- Giller, K. E., Leeuwis, C., Andersson, J. A., Andriessse, W., Brouwer, A., Frost, P., Hebinck, P., Heitkönig, I., Van Ittersum, M. K., Koning, N., Ruben, R., Slingerland, M., Udo, H., Veldkamp, T., Van de Vijver, C., Van Wijk, M. T., & Windmeijer, P. (2008). Competing claims on natural resources: What role for science? *Ecology and Society*, 13(2). <https://doi.org/10.5751/ES-02595-130234>
- Gilsing, V., & Nooteboom, B. (2006). Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy*, 35(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.06.007>
- Gobernación de Nariño. (2025, September 18). *Mejor taza 2024*. <https://narino.gov.co/noticias/los-resultados-lo-confirman-la-mejor-taza-2024-rompio-record-en-ventas-de-cafe-en-usd100-libra-y-mas-de-9-000-millones-de-pesos-en-toda-su-oferta-comercial/>
- Grandori, A., & Soda, G. (1995). Inter-firm networks: Antecedents, mechanisms and forms. *Organization Studies*, 16(2), 183–214.
- Granovetter, M. (1978). Threshold Models of Collective Behavior. *American Journal of Sociology*, 83(6), 1420–1443. <https://doi.org/10.1086/226707>
- Grant, R. M. (1991). The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation. In *California Management Review* (Vol. 33, Issue 3, pp. 114–135). <https://doi.org/10.2307/41166664>
- Grant, R. M. (1996). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17(SUPPL. WINTER), 109–122. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171110>
- Gupta, A. K., Smith, K. G., & Shalley, C. E. (2006). The Interplay between Exploration and Exploitation. In *Source: The Academy of Management Journal* (Vol. 49, Issue 4).

- Gutiérrez, D. (2009). LA CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES COMO PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO THE CONSTRUCTION OF INDICATORS AS AN EPISTEMOLOGICAL PROBLEM. In *La Construcción de Indicadores como Problema Epistemológico Cinta Moebio* (Vol. 34). www.moebio.uchile.cl/34/gutierrez.html
- Hall, A. (2005). Capacity development for agricultural biotechnology in developing countries: An innovation systems view of what it is and how to develop it. *Journal of International Development*, 17(5), 611–630. <https://doi.org/10.1002/jid.1227>
- Hall, A., Bockett, G., Taylor, S., Sivamohan, M. V. K., & Clark, N. (2001). Why research partnership really matter: Innovation theory, institutional arrangements and implications for developing new technology for the poor. *World Development*, 29(5), 783–797. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00004-3)
- Hall, A., Janssen, W., Pehu, E., & Rajalahti, R. (2006). Enhancing Agricultural Innovation: How to go beyond the strengthening of research systems. In *World*. http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/Enhancing_Ag_Innovation.pdf
- Hartwich, F., & Negro, C. (2010). The role of collaborative partnerships in industry innovation: Lessons from New Zealand's dairy sector. *Agribusiness*, 26(3), 425–449. <https://doi.org/10.1002/agr.20231>
- He, Z. L., & Wong, P. K. (2004). Exploration vs. exploitation: An empirical test of the ambidexterity hypothesis. In *Organization Science* (Vol. 15, Issue 4, pp. 481–495). INFORMS Inst.for Operations Res.and the Management Sciences. <https://doi.org/10.1287/orsc.1040.0078>
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Herriot, S. R., Levinthal, D., & March, J. G. (1985). Learning from experience in organizations. *AEA Papers and Proceedings*, 75, 298–302.
- Hervas-Oliver, J. L., & Albors-Garrigos, J. (2009). The role of the firm's internal and relational capabilities in clusters: When distance and embeddedness are not enough to explain innovation. *Journal of Economic Geography*, 9(2), 263–283. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbn033>
- Hitt, M., Hoskisson, R., & Kim, H. (1997). Diversificación internacional: efectos sobre la innovación y el rendimiento de las empresas en empresas diversificadas de productos. *Academy of Management Journal*, 40(4), 767–798. <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/256948>
- Hoang, H., & Rothaermel, F. T. (2010). Leveraging internal and external experience: Exploration, exploitation, and R&D Project performance. *Strategic Management Journal*, 31(7), 734–758. <https://doi.org/10.1002/smj.834>

- Hughes P, T. (1987). The evolution of large technological systems. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, 51–82.
- Hurtado, A., De la Gala, B., & Ccorisapra, J. (2022). The interactive effect of innovation capability and potential absorptive capacity on innovation performance. *Journal of Innovation & Knowledge*.
- Jansen, J. (2005). *Ambidextrous organizations: a multiple-level study of absorptive capacity, exploratory and exploitative innovation and performance*.
- Jansen, J. J. P., Simsek, Z., & Cao, Q. (2012). Ambidexterity and performance in multiunit contexts: Cross-level moderating effects of structural and resource attributes. *Strategic Management Journal*, 33(11), 1286–1303. <https://doi.org/10.1002/smj.1977>
- Johnson, D. (2001). What is innovation and entrepreneurship? Lessons for larger organisations to look elsewhere? Is your competition sufficiently respectful. *Industrial and Commercial Training*, 33(4), 135–140.
- Kim, L. (1997). The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors. *S. California Management Review*, 39(3): 86-100., 39(3), 86–100.
- Kim, M., Shapiro, V. B., Ozer, E. J., Stone, S., Villa, B., Schotland, M., & Kohashi, C. (2023). University's absorptive capacity for collaborative research: examining challenges and opportunities for organizational learning to engage in research with community partners. *Journal of Community Practice*, 31(3–4), 397–409. <https://doi.org/10.1080/10705422.2023.2273912>
- Kim, T.-Y., Oh, H., & Swaminathan, A. (2006). Framing Interorganizational Network Change: A Network Inertia Perspective. *Academy of Management Review*, 31(3), 704–720. <https://doi.org/10.5465/amr.2006.21318926>
- Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation: The what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901>
- Klerkx, L., Van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (pp. 457–483). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20
- Kneller, R. (2005). Frontier technology, absorptive capacity and distance. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(1), 1-23., 67(1), 1–23.
- Knierim, A., Boenning, K., Caggiano, M., Cristóvão, A., Dirimanova, V., Koehnen, T., Labarthe, P., & Prager, K. (2015). The AKIS concept and its relevance in selected EU member states. *Outlook on Agriculture*, 44(1), 29–36. <https://doi.org/10.5367/oa.2015.0194>
- Kogut, B., & Zander, U. (1996). What do firms do? Coordination, identity y, and learning. . . *Organization Science*, 7: 50, 7, 502–518.

- Lane, P. J., Koka, B. R., & Pathak, S. (2006). The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. *Academy of Management Review*, 31(4), 833–863. <https://doi.org/10.5465/AMR.2006.22527456>
- Lane, P. J., & Lubatkin, M. (1998). Relative absorptive capacity and interorganizational learning. *Strategic Management Journal*, 19(5), 461–477. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0266\(199805\)19:5<461::aid-smj953>3.3.co;2-c](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0266(199805)19:5<461::aid-smj953>3.3.co;2-c)
- Lane, P. J., Salk, J. E., & Lyles, M. A. (2001). Absorptive capacity, learning, and performance in international joint ventures. *Strategic Management Journal*, 22(12), 1139–1161. <https://doi.org/10.1002/smj.206>
- Lascaux, A. (2019). Absorptive Capacity, Research Output Sharing, and Research Output Capture in University-Industry Partnerships. *Scandinavian Journal of Management*.
- Laureiro-Martínez, D., Brusoni, S., Canessa, N., & Zollo, M. (2015). Understanding the exploration-exploitation dilemma: An fMRI study of attention control and decision-making performance. *Strategic Management Journal*, 36(3), 319–338. <https://doi.org/10.1002/smj.2221>
- Levitt, B., & March, J. (1988). Organizational learning. *Annual Reviews, Inc*, 14, 319–340.
- Lewin, A. Y., Massini, S., & Peeters, C. (2011). Microfoundations of internal and external absorptive capacity routines. *Organization Science*, 22(1), 81–98. <https://doi.org/10.1287/orsc.1100.0525>
- Lin, H. E., McDonough, E. F., Lin, S. J., & Lin, C. Y. Y. (2013). Managing the exploitation/exploration paradox: The role of a learning capability and innovation ambidexterity. *Journal of Product Innovation Management*, 30(2), 262–278. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.00998.x>
- Liu, X., & White, S. (2001). Comparing innovation systems: A framework and application to China's transitional context. *Research Policy*, 30(7), 1091–1114. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00132-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00132-3)
- Lundvall, B. Å. (1992). National systems of Innovation: Toward a theory of Innovation and Interactive Learning. In *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning* (pp. 1–388). <https://doi.org/10.7135/UPO9781843318903>
- Macal, C., & North, M. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. . . *Journal of Simulation*, 151–162.
- Manning, S. (2010). The strategic formation of project networks: A relational practice perspective. *Human Relations*, 63(4), 551–573. <https://doi.org/10.1177/0018726709340954>
- March, J. (1991). *Exploration and exploitation in organizational learning*. 71–87.
- Mariotti, S., Buzzacchi, L., Colombo, M., Buzzacchi *'a, L., & Colombo, M. G. (1995). *Technological regimes and innovation in services: the case of the Italian banking industry* *Technological regimes and innovation in services: the case of the Italian banking industry* *.

- Markides, C. C. (2013). Business model innovation: What can the ambidexterity literature teach us? *Academy of Management Perspectives*, 27(4), 313–323. <https://doi.org/10.5465/amp.2012.0172>
- Martinkenaite, I., & Breunig, K. (2016). The emergence of absorptive capacity through micro–macro level interactions. *Journal of Business Research*, 700–708.
- Mascarenhas, C., Ferreira, J. J., & Marques, C. (2018). University-industry cooperation: A systematic literature review and research agenda. *Science and Public Policy*, 45(5), 708–718. <https://doi.org/10.1093/SCIPOL/SCY003>
- Matusik, S. F., & Hill, C. W. L. (1998). THE UTILIZATION OF CONTINGENT WORK, KNOWLEDGE CREATION, AND COMPETITIVE ADVANTAGE. In *Academy of Management Review* (Vol. 23, Issue 4).
- Mazon, G., Soares, T. C., Birch, R. S., Schneider, J., & Andrade Guerra, J. B. S. O. de A. (2023). Green absorptive capacity, green dynamic capabilities and green service innovation: a study in Brazilian universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(4), 859–876. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2021-0454>
- McCarthy, I., Lawrence, T., Wixted, B., & Gordon, B. (2010). A multidimensional conceptualization of environmental velocity. *Academy of Management Review*, 35(4), 604–626. <https://doi.org/10.5465/AMR.2010.53503029>
- McGrath, R. G., MacMillan, I. C., & Venkataraman, S. (1995). Defining and developing competence: A strategic process paradigm. *Strategic Management Journal*, 16, 251–275.
- Meng, X., Di, K., Su, H., Jin, X., Lv, W., Huang, X., Wu, C., & Fan, L. (2023). The relationship between the interactive behavior of industry–university–research subjects and the cooperative innovation performance: The mediating role of knowledge absorptive capacity. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1077614>
- Menguc, B., & Auh, S. (2008). The asymmetric moderating role of market orientation on the ambidexterity–firm performance relationship for prospectors and defenders. *Industrial Marketing Management*, 37(4), 455–470. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.05.002>
- Meyer-Krahmer, F., & Reger, G. (1999). New perspectives on the innovation strategies of multinational enterprises: lessons for technology policy in Europe. *Research Policy*, 28, 751–776.
- Minciencias. (2025, September 18). *Estadísticas generales grupos e investigadores*. La Ciencia En Cifras. <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/estadisticas-generales>
- Montresor, S. (2001). Techno-globalism, techno-nationalism and technological systems: organizing the evidence. In *Technovation* (Vol. 21). www.elsevier.com/locate/technovation
- Moorman, C., & Miner, A. S. (1996). The impact of organizational memory on new product development. *Journal of Marketing Research*, 34, 91–106.

- Muscio, A. (2007). The impact of absorptive capacity on smes' collaboration. *Economics of Innovation and New Technology*, 16(8), 653–668. <https://doi.org/10.1080/10438590600983994>
- Musiolik, J., Markard, J., & Hekkert, M. (2012). Networks and network resources in technological innovation systems: towards a conceptual framework for system building. *Technol. Forecasting Social Change*, 1032–1048.
- Muzamil, M., & Jasimuddin, S. (2022). The linkage between open innovation, absorptive capacity and managerial ties: A cross-country perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, 6(1), 36–76. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(77\)90029-4](https://doi.org/10.1016/0048-7333(77)90029-4)
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. In *Administrative Science Quarterly* (Vol. 32, Issue 2). <https://doi.org/10.2307/2393143>
- Newey, L. R., & Shulman, A. D. (n.d.). *Systemic absorptive capacity: creating early-to-market returns through R&D alliances*.
- Nooteboom, B. (2000). *Learning and Innovation in Organizations and Economies*. . Oxford University Press.
- Norman, B. D. W. (2002). the Farming Systems Approach : *Program*, 1–12.
- O', C. A., Iii, R., & Tushman, M. L. (2011). Organizational Ambidexterity in Action: HOW MANAGERS EXPLORE AND EXPLOIT. In *CALIFORNIA MANAGEMENT REVIEW* (Vol. 53, Issue 4).
- OC y T. (2025, July 23). *Históricos Índice Departamental*. Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/subdireccion-general-prospectiva-desarrollo-nacional/direccion-innovacion-desarrollo-empresarial/Paginas/historicos-IDIC.aspx
- OCDE. (2007). *Manual de Oslo. Directrices para la recogida e interpretación*. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001708.pdf>
- O'Reilly, C. A., & Tushman, M. L. (2013). Organizational ambidexterity: Past, present, and future. *Academy of Management Perspectives*, 27(4), 324–338. <https://doi.org/10.5465/amp.2013.0025>
- Palm, K., & Lilja, J. (2017). Key enabling factors for organizational ambidexterity in the public sector. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 9(1), 2–20. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-04-2016-0038>
- Pant, L. P., & Hambly-Odame, H. (2009). Innovations systems in renewable natural resource management and sustainable agriculture: A literature review1. *Challenges of African Transformation: Exploring Through Innovation Approach*, 52–79.
- Park, J. H., Suh, H. J., & Yang, H. D. (2007). Perceived absorptive capacity of individual users in performance of Enterprise Resource Planning (ERP) usage: The case for Korean

- firms. *Information and Management*, 44(3), 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.im.2007.02.001>
- Penrose, E. (1959). The theory of the growth of the firm. *Long Range Planning*, 29(4), 596. [https://doi.org/10.1016/s0024-6301\(96\)90295-2](https://doi.org/10.1016/s0024-6301(96)90295-2)
- Pérez Perdomo, S. A., Farrow, A., Trienekens, J. H., Omta, O. S. W. F., & van der Velde, G. (2017). Testing the effectiveness of network governance mechanisms to foster ambidexterity of agricultural innovation networks in East and Central Africa. *International Journal on Food System Dynamics*, 8(2), 81–95. <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v8i2.821>
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations Harvard Business Review*.
- Quintero, S., & Giraldo, P. (2018). *El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basado en agentes*.
- Quintero, S., Marín, B., Cubillos, S., Ruiz, W., & Giraldo, D. (2019). Avocado and Coffee Supply Chains Specialization in Colombia. *Procedia Computer Science*, 158, 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.091>
- Raff, D. M. G. (2000). SUPERSTORES AND THE EVOLUTION OF FIRM CAPABILITIES IN AMERICAN BOOKSELLING. In *Strategic Management Journal Strat. Mgmt. J* (Vol. 21).
- Raisch, S., Birkinshaw, J., Probst, G., & Tushman, M. L. (2009). Organizational ambidexterity: Balancing exploitation and exploration for sustained performance. *Organization Science*, 20(4), 685–695. <https://doi.org/10.1287/orsc.1090.0428>
- Renard, L., & St-Amant, G. (2003). Capacité, capacité organisationnelle et capacité dynamique: une proposition de définitions, . *Les Cahiers Du Management Technologique* , 13(1).
- Robertson, M., Keating, B. A., Walker, D., Bonnett, G., & Hall, A. (2016). Five ways to improve the agricultural innovation system in Australia. *Farm Policy*, 15(1), 1–13.
- Robledo Velásquez, J. (2017). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación*.
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations*.
- Röling, N. (2009). Pathways for impact: Scientists' different perspectives on agricultural innovation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(2), 83–94. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0043>
- Rooks, G., Szirmai, A., & Sserwanga, A. (2012). Network structure and innovative performance of African entrepreneurs: The case of Uganda. *Journal of African Economies*, 21(4), 609–636. <https://doi.org/10.1093/jae/ejs011>
- Roper, S., & Love, J. (2006). Innovation and regional absorptive capacity: the labour market dimension. *The Annals of Regional Science*, 40, 437–477., 40, 437–477.
- San, D., & Cantero, M. (2014). *Revista Electrónica de Investigación Educativa Teoría fundamentada y Atlas.ti: recursos metodológicos para la investigación educativa*

- Grounded Theory and Atlas.ti: Methodological Resources for Educational Research* (Vol. 16). <http://redie.uabc.mx/vol16no1/contenido-sanmartin.html>
- Scaringella, L., Miles, R., & Truong, Y. (2017). Customers involvement and firm absorptive capacity in radical innovation: The case of technological spin-offs. *Technological Forecasting & Social Change*, 144–162.
- Schut, M., Rodenburg, J., Klerkx, L., Kayeke, J., van Ast, A., & Bastiaans, L. (2015). RAAIS: Rapid Appraisal of Agricultural Innovation Systems (Part II). Integrated analysis of parasitic weed problems in rice in Tanzania. *Agricultural Systems*, 132, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.09.004>
- Schut, M., van Paassen, A., Leeuwis, C., & Klerkx, L. (2014). Towards dynamic research configurations: A framework for reflection on the contribution of research to policy and innovation processes. *Science and Public Policy*, 41(2), 207–218. <https://doi.org/10.1093/scipol/sct048>
- Selnes, F., & Sallis, J. (2003). Promoting Relationship Learning. In *Journal of Marketing* (Vol. 80).
- Sen, F. K., & Egelhoff, W. G. (2000). *Innovative capabilities of a firm and the use of technical alliances*. 47(2), 174–183.
- Serrano, J., & Robledo, J. (2013). Variables para la medición de las capacidades de innovación tecnológica en instituciones universitarias. *Revista Ciencias Estratégicas*, 22, 267–284.
- Sheremata, W. A. (2000). CENTRIFUGAL AND CENTRIPETAL FORCES IN RADICAL NEW PRODUCT DEVELOPMENT UNDER TIME PRESSURE. In *Academy of Management Review* (Vol. 25, Issue 2).
- Smart, P., Bessant, J., & Gupta, A. (2007). Towards technological rules for designing innovation networks: a dynamic capabilities view. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, 1069–1092.
- Smith, E., & Umans, T. (2015). Organizational Ambidexterity at the Local Government Level: The effects of managerial focus. *Public Management Review*, 17(6), 812–833. <https://doi.org/10.1080/14719037.2013.849292>
- Smith, W. K., & Tushman, M. L. (2005). Managing strategic contradictions: A top management model for managing innovation streams. In *Organization Science* (Vol. 16, Issue 5, pp. 522–536). <https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0134>
- SNIES. (2025, September 18). *Perfiles departamentales de Educación Superior*. Informe Nacional de Educación Superior. <https://snies.mineduacion.gov.co/portal/Informes-e-indicadores/Perfiles-departamentales-de-Educacion-Superior/>
- Solís-Molina, M., Hernández-Espallardo, M., & Rodríguez-Orejuela, A. (2018). Performance implications of organizational ambidexterity versus specialization in exploitation or exploration: The role of absorptive capacity. *Journal of Business Research*, 91, 181–194. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.06.001>

- Soneira, A. J. (2006). La teoría fundamentada en los datos (grounded theory) de Glaser y Strauss. *Estrategias de Investigación Cualitativa*, 153–173.
- Spender, J.-C. (1996). MAKING KNOWLEDGE THE BASIS OF A DYNAMIC THEORY OF THE FIRM. In *Strategic Management Journal* (Vol. 17).
- Stadler, C., Rajwani, T., & Karaba, F. (2014). Solutions to the exploration/exploitation dilemma: Networks as a new level of analysis. *International Journal of Management Reviews*, 16(2), 172–193. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12015>
- Stata, R. 1989. (1989). Organizational learning-the key to management innovation. *Sloan Management Review*, 30(3), 63–74.
- Sterman J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin/McGraw-Hill.
- Szulanski, G. (1996). Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*, 17(SUPPL. WINTER), 27–43. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171105>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). DYNAMIC CAPABILITIES AND STRATEGIC MANAGEMENT. In *Strategic Management Journal* (Vol. 18).
- Ter Wal, A. L. J., Alexy, O., Block, J., & Sandner, P. G. (2016). The Best of Both Worlds: The Benefits of Open-specialized and Closed-diverse Syndication Networks for New Ventures' Success. *Administrative Science Quarterly*, 61(3), 393–432. <https://doi.org/10.1177/0001839216637849>
- Todorova, G., & Durisin, B. (2007). *ABSORPTIVE CAPACITY: VALUING A RECONCEPTUALIZATION*.
- Tsai, W. (2001). Knowledge Transfer in Intraorganizational Networks: Effects of Network Position and Absorptive Capacity on Business Unit Innovation and Performance. In *The Academy of Management Journal* (Vol. 44, Issue 5).
- Tsai, W., & Ghoshal, S. (1998). Social capital and value creation: The role of intrafirm networks. *Academy of Management Journal*, 41(4), 464–476. <https://doi.org/10.2307/257085>
- Turner, J. A., Klerkx, L., White, T., Nelson, T., Everett-Hincks, J., Mackay, A., & Botha, N. (2017). Unpacking systemic innovation capacity as strategic ambidexterity: How projects dynamically configure capabilities for agricultural innovation. *Land Use Policy*, 68, 503–523. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.054>
- Tushman, M. L. and C. A. O. (1996). *Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change*.
- Uotila, J., Maula, M., Keil, T., & Zahra, S. A. (2009). Exploration, exploitation, and financial performance: Analysis of S&P 500 corporations. *Strategic Management Journal*, 30(2), 221–231. <https://doi.org/10.1002/smj.738>
- Van Den Bosch, F. A. J., Volberda, H. W., & De Boer, M. (1999). Coevolution of Firm Absorptive Capacity and Knowledge Environment: Organizational Forms and

- Combinative Capabilities. *Organization Science*, 10(5), 551–568. <https://doi.org/10.1287/orsc.10.5.551>
- van Mierlo, B., Regeer, B., Amstel, M. v., Arkesteijn, M. C. M., Beekman, V., Bunders, J. F. G., Cock Buning, T. d., Elzen, B., Hoes, A. C., & Leeuwis, C. (2010). *Reflexive Monitoring in Action: a Guide for Monitoring System Innovation Projects*.
- Van Wijk, R., Van den Bosch, F., & Volberda, H. (2001). *The impact of knowledge depth and breadth of absorbed knowledge on levels of exploration and exploitation*.
- Vega-Jurado, J., Gutiérrez-Gracia, A., & Fernández-De-Lucio, I. (2008). Analyzing the determinants of firm's absorptive capacity: Beyond R&D. *R and D Management*, 38(4), 392–405. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2008.00525.x>
- Vermeulen, F., & Barkema, H. (2001). Learning through acquisitions. *Academy of Management Journal*, 44, 457–476.
- Volberda, H., Van Den Bosch, F., Flier, B., & Gedajlovic, E. (2001). Following the herd or not? Patterns of renewal in the Netherlands and the UK. *Long Range Planning*, 34(2), 209–229.
- Walsh, J. P., & Ungson, G. R. (1991). Organizational memory. *Academy of Management Review*, 16: 57-9, 16, 57–91.
- Wei, Z., Zhao, J., & Zhang, C. (2014). Organizational ambidexterity, market orientation, and firm performance. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 33, 134–153. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2014.06.001>
- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39(1), 74–87. <https://doi.org/10.1093/scipol/scr008>
- Winter, S. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic Management Journal*, 21: 981-996., 21, 981–996.
- Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. In *Academy of Management Review* (Vol. 27, Issue 2, pp. 185–203). Academy of Management. <https://doi.org/10.5465/AMR.2002.6587995>
- Zahra, S. A., Ireland, R. D., & Hitt, M. A. (2000). International Expansion by New Venture Firms: International Diversity, Mode of Market Entry, Technological Learning, and Performance. *Academy of Management Journal*, 43(5), 925–950. <https://doi.org/10.5465/1556420>

Anexos

Anexo 1. Guiones de las entrevistas semiestructuradas para investigadores, caticultores y habilitadores del SIA.

Guion entrevista semiestructurada para investigadores

Propósito.

Las entrevistas se estructuraron con base en el modelo de capacidad de absorción de Zahra y George (2002), y se orientaron a indagar cómo se desarrollan los procesos de adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento dentro de sus dinámicas investigativas. Se busca comprender cómo se identifican los problemas de investigación, cómo se articula el conocimiento externo al contexto local, cómo se transforman las ideas en productos científicos y cómo estos resultados pueden llegar a tener un impacto efectivo en el entorno productivo.

Aproximación a un problema de investigación

En una primera aproximación a un problema de investigación, a través de la exploración y la percepción, el investigador utiliza sus habilidades automáticas, corazonadas, intuiciones, seguramente guiado por la intención de resolver un problema y apoyado en sus conocimientos previos.

1. ¿Desde su experiencia, cual ha sido el mecanismo o mecanismos para detectar un problema de investigación?
2. ¿Qué puede facilitar la detección de problemas de investigación?
3. ¿Qué puede obstaculizar la detección de problemas de investigación?

Formulación de un proyecto de investigación

La formulación de un proyecto de investigación ya implica analizar, procesar, interpretar y comprender la información existente alrededor del problema de investigación.

4. ¿Para la formulación del proyecto de investigación Ud. aplica el método científico o utiliza alguna metodología diferente?
5. ¿Qué obstáculos encuentra en la formulación de proyectos de investigación?
6. ¿Qué puede facilitar la formulación de proyectos de investigación?

Fuentes externas de conocimiento:

Las fuentes externas de conocimiento se encuentran en las relaciones inter organizativas, en las alianzas, en las capacitaciones, en las actividades de interacción social, etc. y son importantes para detectar problemas de investigación

7. ¿Cómo promueve la institución las actividades de interacción con fuentes externas de conocimiento?

Experiencia

La experiencia pasada define el foco de la búsqueda de información. En general se busca información en áreas donde se ha tenido buenos resultados y eso permite detectar nuevas oportunidades de investigación. La experiencia se adquiere como resultado de la exploración del entorno, la comparativa, las interacciones y las alianzas con diferentes actores, permite enfocar un problema de investigación. La experiencia también representa el depósito de conocimientos y la memoria organizativa del proceso investigativo.

8. ¿Cómo ha contribuido su experiencia en el proceso investigativo?

Factores de activación

Los factores de activación son acontecimientos que animan u obligan a un grupo de investigación o a un investigador a responder a determinados estímulos internos o externos para desarrollar proyectos de investigación. Los estímulos externos son acontecimientos que influyen en el sector educativo, por ejemplo, la política de acreditación de alta calidad, la política nacional

de ciencia y tecnología y entre los estímulos internos para desarrollar la investigación se pueden considerar las motivaciones personales y el PEI.

9. ¿Ud. considera que la política nacional de acreditación de alta calidad y la política nacional de ciencia y tecnología son estímulos para promover la investigación?
10. ¿Ud. considera que el PEI es un estímulo para promover la investigación?
11. ¿Las motivaciones personales constituyen un estímulo para desarrollar proyectos de investigación?
12. ¿Qué hace la institución para estimular el desarrollo de proyectos de investigación?

Productos resultados de las actividades de grupo de investigación:

Generación de nuevo conocimiento: publicaciones científicas

Productos de desarrollo tecnológico: nuevos productos, nuevos procesos

Productos de ASC y divulgación pública de la ciencia

Productos relacionados con la formación de recurso humano en CTI

13. ¿Cómo la institución apoya la gestión de las publicaciones científicas?
14. ¿Cómo la institución apoya la protección de conocimientos asociados a los nuevos productos y procesos?
15. ¿Cómo la institución apoya los procesos para que la sociedad haga uso de esos nuevos conocimientos?
16. ¿Qué dificultades encuentra para la gestión de los procesos de ASC y divulgación pública de la ciencia?
17. ¿Qué dificultades se han presentado para la formación de recurso humano en CTI?

Guion entrevista semiestructurada caficultores

Propósito

Comprender sus experiencias personales y colectivas en el proceso de transición desde la caficultura tradicional hacia sistemas orientados a la calidad y diferenciación. En este caso, se exploraron sus vivencias, motivaciones, aprendizajes, dificultades enfrentadas y las modificaciones que han realizado en sus sistemas productivos como respuesta a las exigencias del mercado de cafés especiales.

Información general del caficultor

1. ¿Podría contarme un poco sobre su experiencia como caficultor y el tiempo que lleva produciendo café?
2. ¿Cuándo comenzó a producir cafés especiales y qué le motivó a hacer ese cambio?

Proceso de transición de producción de cafés tradicionales a cafés especiales

3. Al iniciar la transición hacia los cafés especiales, ¿qué tipo de ajustes realizó en su manera de producir café? (En la producción primaria, la cosecha, la fermentación y el secado)
4. ¿Cómo han respondido sus trabajadores y las demás personas que colaboran con usted a estos cambios?
5. ¿Ha experimentado con nuevas variedades de café o tecnologías en los últimos años? Si es así, ¿puede darme ejemplos?
6. ¿Qué retos o barreras ha encontrado al introducir estas nuevas prácticas o tecnologías?
7. ¿De qué manera estas innovaciones le han permitido visualizar nuevas oportunidades o identificar limitaciones en su producción tradicional?
8. ¿Ha recibido algún tipo de capacitación o apoyo para implementar estos cambios? ¿De dónde ha provenido ese apoyo?

9. Con los cambios más recientes, ¿cómo ha transformado su manera de producir café?
10. ¿Ha cambiado su forma de organizar su finca o de comercializar su café debido a la producción de cafés especiales?

Impactos y perspectivas

11. ¿Cómo ha afectado la producción de cafés especiales la rentabilidad y productividad de su finca?
12. ¿Ha notado algún cambio en la calidad de su café o en la percepción de los compradores?
13. ¿Qué oportunidades ve para seguir innovando y mejorando en la producción de cafés especiales?
14. ¿Qué tipo de apoyo adicional le gustaría recibir para seguir mejorando su producción de cafés especiales?

Cierre de la entrevista

15. ¿Hay algo más que le gustaría agregar sobre su experiencia en la transición hacia la producción de cafés especiales?

Guion entrevista habilitadores

Propósito

Conocer las acciones institucionales orientadas a fortalecer la cadena de valor del café especial en el departamento de Nariño. Se indaga por las estrategias implementadas, los resultados obtenidos y los mecanismos de articulación con otros actores del sistema, en especial con los productores y la academia. Esta información es clave para identificar las capacidades de coordinación y gobernanza dentro del SIA regional, así como para detectar oportunidades de mejora en la alineación entre oferta institucional y demandas del territorio.

Introducción y contexto institucional

1. ¿Cuál es el propósito principal de las actividades que su institución ha promovido para el desarrollo de la producción de cafés especiales?
2. ¿Qué los motivó a impulsar estas actividades?

Implementación de acciones y participación de los caficultores

3. ¿Cómo ha sido la participación de los caficultores en estas actividades?
4. ¿Consideran que estas actividades han contribuido para mejorar la calidad del café?
5. ¿Se han identificado cambios en los procesos productivos?

Transformaciones en la cadena de valor y comercialización

6. ¿Ha cambiado la forma de comercializar el café?
7. ¿Qué dificultades han enfrentado para llevar a cabo estas actividades?

Articulación, gobernanza y redes de colaboración

8. ¿Qué tipo de colaboración tienen con otros actores, como universidades, entidades gubernamentales o empresas privadas?

9. ¿De qué manera miden o evalúan el éxito de estas iniciativas?

Perspectivas y oportunidades de mejora

10. ¿Qué mejoras creen que podrían hacerse para las actividades futuras?

Anexo 2. Instrumentos para procesamiento de información a partir de las entrevistas a los actores del SIA

Codificación

Investigadores	Caficultores	Habilitadores
Activadores	Apoyo de las entidades	Actividades futuras
Activadores externos positivos	Aprendizaje	Contribuciones para mejorar
Activadores externos negativos	Cambios en el sistema de producción	Dificultades
Activadores institucionales positivos	Consumidores	Efectos en comercialización
Activadores institucionales negativos	Experiencia en caficultura	Impulso a cambios
Activadores personales	Investigación	Indicadores
Adquisición	Limitaciones	Motivaciones
Adquisición estrategias	Mercado	Otras regiones
Adquisición obstáculos	Modelo productivo	Otros actores
Asimilación	Motivos para el cambio	Otros oficios
Asimilación estrategias	Necesidades de capacitación	Participación de caficultores
Asimilación obstáculos	Nuevas oportunidades	Propósito institucional
Entradas conocimientos previos	Obstáculos para los cambios	
Entradas experiencia	Rentabilidad	
Entradas fuentes externas		
Entradas nuevos conocimientos		
Explotación		
Explotación estrategias		
Explotación obstáculos		
Integración ASC		
Integración externa		
Integración interna		
Integración mecanismos		
Integración talento humano		
Investigación desarrollo		
Investigación formulación		
Investigación identificación		
Investigación publicaciones		
Protección de conocimiento		

Protección mecanismos

Proyección obstáculos

Salidas impactos

Salidas productos CTI

Transformación

Transformación obstáculos

Transformación productos

Matriz de categorización generada por Atlas ti

Activadores institucionales positivos				
ID	Nombre de cita	Contenido de cita	Comentario	Códigos
6:16	Bueno digamos que el es facilita digamos no tanto como estimularlos co...	Bueno digamos que el es facilita digamos no tanto como estimularlos como le dije las convocatorias están abiertas para todo el que quiera presentarse y no nos obligan a presentarnos ni nos ni nos dan algún estímulo por estar allí ni la universidad ni en la institución pues ni tampoco las convocatorias las convocatorias no nos reconocen a nosotros eh ni bonificaciones ni pagos adicionales para esas cosas cierto nosotros somos la contrapartida de la institución en los proyectos de investigación entonces básicamente nosotros colaboramos con nuestro tiempo que a ratz de una modificación en la en el acuerdo de labor académica nos fue quitado prácticamente esa es una de las cosas que estamos los investigadores inconformes con la administración y se l	De alguna manera la institución facilita la participación a través de las contrapartidas representadas en el tiempo de dedicación de los docentes al proyecto de investigación	Activadores: Institucionales positivos Adquisición: Estrategias Apropiabilidad: Patentes
7:6	bueno yo creo que hay una cosa que facilita la formulación de proyecto...	bueno yo creo que hay una cosa que facilita la formulación de proyectos que son las convocatorias o sea el hecho de que haya un escenario institucional de convocatorias hace que uno se preocupe por formular proyectos de investigación eh 2 que yo creo que es importantísimo es el hecho mismo de que estamos en bueno tenemos la posibilidad de estar en contacto con unas necesidades regionales o sea por distintas formas nos llega información de la región que nos está como impeliendo a AA plantear proyectos y a plantear nuevas preguntas de investigación en tercer lugar yo siento que algo que facilita es la motivación personal no la disposición de los investigadores a formular cosas justo en estos días hablábamos pues en otros escenarios de cómo hay una serie de circunstancias que terminan desestimulando a los investigadores pero es muy particular porque ya uno se da	Las convocatorias son un estímulo para hacer investigación y a la institución le interesa esa participación	Activadores: Institucionales positivos Adquisición: Estrategias Integración: Interacción externa
7:11	sí porque porque el mismo hecho de que lo establezca como como un obje...	sí porque porque el mismo hecho de que lo establezca como como un objetivo institucional como una un objetivo misional pues ya ya ha ayudado el hecho de que haya una vicerrectoría el hecho de que haya en convocatorias el hecho de que en la labor docente se considere a las acciones de investigación como como parte de nuestra labor todos esos aspectos me parece a mí que sirven efectivamente para que las en la investigación o sea se promueva dentro de la universidad la disposición o sea cuando siente que en medio de todo hay disposición de de las directivas de la parte administrativa y operativa para uno poder llevar a cabo ejercicios investigativos que culminen con procesos y productos interesantes entonces yo sí creo que el PI suda línea y sí permite que efectivamente las cosas el hombre	Para la institución el echo de que la investigación sea un propósito misional hace que haya una estructura administrativa y unas acciones para promover esta actividad misional	Activadores: Institucionales positivos Adquisición: Estrategias Asimilación: Estrategias
10:12	El proyecto educativo institucional para mí tiene los elementos que le...	El proyecto educativo institucional para mí tiene los elementos que le permiten a uno hacer investigación sí que a mí me parece que eh a veces encuentra algunas dificultades cuánto el investigador requiere aplicamos un poco más de apoyo para concretar proyectos de alto vuelo. A ve	El PEI en su concepción tiene elemnetos que promueven la investigación.	Activadores: Institucionales positivos Adquisición: Estrategias

En esta matriz la columna ID corresponde a la identificación del documento (en este caso es una entrevista), la columna Nombre de la cita identifica la cita, luego se presenta el contenido de la cita y la columna comentario inicialmente esta en blanco para que el investigador en sus propias palabras haga una narrativa de la cita en función de los códigos que se presentan en la última columna