

**Propuesta metodológica para el desarrollo del proceso de transferencia
tecnológica en el sector salud del departamento de Santander, Colombia**

Lizeth Paola Cáceres Gómez

Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Ingeniería Industrial

Director:

Luis Eduardo Becerra Ardila

Magister en Administración

Profesor Titular UIS

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Maestría en Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mis padres, Helio y Nohelia por su amor y sacrificio inquebrantable.

A quienes, con curiosidad incansable y pasión sin límite, dedican su vida a explorar, descubrir y compartir saberes: desde los investigadores que comienzan sus primeros pasos hasta aquellos que, con su vasta experiencia, siguen construyendo cada día los cimientos de la ciencia y el conocimiento.

Agradecimientos

A Dios, por guiar mis pasos, fortalecer mi fe y darme la sabiduría necesaria para culminar este logro.

A mi familia, por ser mi apoyo incondicional, por su amor, paciencia y motivación constante en cada etapa de este camino.

A mi novio, por su amor incondicional, por ser mi impulso constante y recordarme siempre que no hay límites para alcanzar mis sueños.

A mis amigos y compañeros de Maestría, por su compañía, solidaridad y por compartir conmigo aprendizajes, risas y desafíos que enriquecieron este proceso.

A mi director de tesis, por su valiosa orientación, sus consejos oportunos y su dedicación para guiarme hacia la culminación de este trabajo.

Al grupo de investigación INNOTECH, por abrirme las puertas, permitiéndome crecer como investigadora y aportar a mi formación académica y profesional.

A la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, por ser parte fundamental de mi desarrollo como maestrante y por el respaldo brindado a lo largo de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, mi segunda casa, por ser el lugar donde florecieron mis sueños y donde encontré no solo formación académica de excelente calidad, sino también una comunidad inspiradora que me acogió me impulsó a crecer y me brindó innumerables oportunidades para ser mejor cada día.

Llevaré con orgullo y gratitud su sello en cada paso que dé.

A todos, mil gracias.

Tabla de contenido

Generalidades del Proyecto de Investigación	13
Introducción	14
1. Objetivos	18
1.1. Objetivo general	18
1.2. Objetivos Específicos	18
2. Metodología	19
2.1. Fase I: Identificación de factores clave que influyen en la transferencia tecnológica del sector salud.....	20
2.2. Fase II: Análisis del proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en salud.....	21
2.3. Fase III: Identificación de acciones facilitadoras y replicables para la transferencia tecnológica en salud.....	22
2.4. Fase IV: Formulación de una propuesta metodológica para la gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en salud	24
3. Marco teórico	25
4. Revisión de literatura	26
4.1. Importancia de la TT en el Sector Salud.....	28
4.2. Evolución de la TT en el sector salud en AL y su desarrollo en Colombia.....	29
4.3. Dinámica en la gestión y formalización de acuerdos de TT en el sector salud	32
4.4. Factores Clave en la Gestión de la TT en el sector salud.....	34
4.4.1. Factores asociados al Entorno de la Transferencia Tecnológica	34
4.4.2. Factores asociados a la Tecnología en la Transferencia Tecnológica.....	37
4.4.3. Factores asociados a los Agentes en la Transferencia Tecnológica.....	40
4.5. Discusión de la revisión	43
5. Caracterización del proceso de gestión y formalización de acuerdos de TT	45
5.1. Revisión documental y diagnóstico territorial	45

5.1.1. Innovación de la industria del sector salud en Santander	45
5.1.2. Actores y capacidades institucionales	48
5.1.3. Panorama de tecnologías en salud del Ecosistema Regional	51
5.2. Validación de factores clave e identificación de riesgos	52
5.3. Análisis comparativo e integración de hallazgos	56
6. Facilitadores de la gestión y formalización de acuerdos de TT	58
6.1. Codificación dirigida de acciones y resultados	60
6.2. Análisis comparativo de patrones entre niveles	65
6.3. Matriz de sistematización actor–acción–resultado.....	66
6.4. Síntesis interpretativa y transición a la propuesta metodológica	68
7. Propuesta metodológica MITT-Salud	71
7.1. Generalidades de la propuesta.....	71
7.2. Lineamientos conceptuales y operativos.....	71
7.3. Estructura de la propuesta para la gestión de acuerdos de TT en salud	73
7.3.1 Pilares estratégicos.....	75
7.3.2 Ejes operacionales.....	78
7.4. Limitaciones y consideraciones finales.....	81
7.4.1. Ámbito teórico y validación futura	81
7.4.2. Sugerencias para implementación.....	82
8. Conclusiones	84
9. Recomendaciones.....	88
Referencias bibliográficas.....	89

Lista de Tablas

Tabla 1. Factores del entorno que inciden en la TT en el sector salud	35
Tabla 2. Factores tecnológicos determinantes para una TT efectiva en salud.....	37
Tabla 3. Factores clave interinstitucionales en procesos exitosos de TT en salud	41
Tabla 5. Relación de expertos y sus roles institucionales	53
Tabla 6. Aportes analíticos de expertos para el fortalecimiento del proceso de TT	53
Tabla 7. Ficha técnica para el análisis de casos exitosos de TT en el sector salud.....	59
Tabla 8. Hallazgos principales del análisis de casos exitosos de TT en salud.....	61
Tabla 9. Matriz de sistematización actor–acción–resultado	66

Lista de Figuras

Figura 1. Fases metodológicas del estudio	19
Figura 2. Metodología para la revisión de literatura.....	20
Figura 3. Etapas de caracterización del proceso de TT salud	21
Figura 4. Secuencia metodológica para identificar acciones facilitadoras de la TT en salud	23
Figura 5. Estructuración de la propuesta metodológica.....	24
Figura 6. Modelo dinámico de transferencia tecnológica.....	25
Figura 7. Representación gráfica-Análisis de coocurrencia-Transferencia Tecnológica	27
Figura 8. Espectro de colaboración en transferencia tecnológica del sector salud.....	33
Figura 9. Estructura del Sistema de Actores que inciden en la TT del sector salud.....	48
Figura 10. Niveles de análisis para casos exitosos de TT en salud.....	60
Figura 11. Proceso de integración para construcción de la propuesta	70
Figura 12. Elementos de la propuesta metodológica MITT-Salud	74
Figura 13. Pilares estratégicos de la propuesta	75
Figura 14. Ejes operacionales de la propuesta	79

Lista de Apéndices

Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional

Apéndice A. Estrategia y protocolo de búsqueda de información especializada.

Apéndice B. Fundamentos teóricos y conceptuales para el análisis de transferencia tecnológica.

Apéndice C. Análisis Bibliométrico: Tendencias y dinámicas de investigación en salud.

Apéndice D. Análisis de Coocurrencia de palabras clave: Mapeo temático del Conocimiento.

Apéndice E. Diseño Metodológico para la caracterización del proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en salud.

Apéndice F. Mapeo estratégico de subsistemas para la Transferencia Tecnológica en Salud.

Apéndice G. Cartografía de líneas de investigación en salud: Grupos Reconocidos por Minciencias en Santander.

Apéndice H. Panorama global y local del análisis de patentes en tecnologías de salud.

Apéndice I. Análisis de entrevistas semiestructuradas aplicadas a expertos.

Apéndice J. Identificación de estudios de Casos Exitosos en TT-Salud

Apéndice K. Estructura de la propuesta MITT-Salud

Glosario

AMB: Área Metropolitana de Bucaramanga	IDIC: Índice Departamental de Innovación de Colombia
BRL: Business Readiness Level (Nivel de madurez del negocio)	IES: Instituciones de Educación Superior
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe	INS: Instituto Nacional de Salud
CI: Centro de Innovación	INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
CODECTI: Consejo departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación	IPS: Instituto Prestador de Salud
COIE: Comité Operativo de Investigación y Extensión	IPRL - Intelectual Property Readiness Level (Nivel de madurez de propiedad intelectual)
CRES: Comisión de Regulación en Salud	LHS: Learning Health System (Sistema de Salud de Aprendizaje)
CRL: Customer Readiness Level (Nivel de madurez del cliente)	Living Lab: Laboratorio viviente
CTI/CTeI: Ciencia, Tecnología e Innovación	MEN: Ministerio de Educación Nacional
CUEES: Comité Universidad-Empresa-Estado de Santander	Minciencias: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
DNP: Departamento Nacional de Planeación	Minsalud: Ministerio de Salud y Protección Social
EEIE: Escuela de Estudios Industriales y Empresariales	MinTIC: Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones
EPS: Entidad promotora de salud	MIPG: Modelo integrado de planeación y gestión.
FIS: Fondo de Investigación en Salud	OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
FRL: Funding Readiness Level (Nivel de madurez para la financiación)	ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
HUS: Hospital Universitario de Santander	OMPI: Organización Mundial de Propiedad Intelectual
IA: Inteligencia Artificial	OMS: Organización Mundial de la Salud
I+D: Investigación y Desarrollo	
I+D+i: Investigación, Desarrollo e Innovación	

OTRI: Ofician de Transferencia de Resultados de Investigación.

OTT: Oficina de Transferencia Tecnológica

OPS. Organización Panamericana de Salud

PEDCTI: Plan Estratégico Departamental en Ciencia, Tecnología e Innovación

PI: Propiedad Intelectual

PNCTS: Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud

PND: Plan Nacional de Desarrollo

POS: Plan Obligatorio de Salud

PTG: Parque Tecnológico de Guatiguará

SNCTI: Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

SNIES: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior

SRCTI: Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación

SUPERSALUD: Superintendencia Nacional de Salud

SRL: Sustainability Readiness Level (Nivel de madurez de la sostenibilidad)

TI: Tecnologías de la Información

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

TMRL: Team Readiness Level (Nivel de madurez del equipo)

TRL: Technological Readiness Level (Nivel de madurez tecnológica)

TT: Transferencia Tecnológica

UCC: Universidad Cooperativa de Colombia

UDES: Universidad de Santander

UIS: Universidad Industrial de Santander

UMB: Universidad Manuela Beltrán

UNAB: Universidad Autónoma de Bucaramanga

UNAD: Universidad Nacional Abierta y a Distancia

UPB: Universidad Pontificia Bolivariana

USTA: Universidad Santo Tomás

Resumen

Título: Propuesta metodológica para el desarrollo del proceso de transferencia tecnológica en el sector salud del departamento de Santander, Colombia.

Autora: Lizeth Paola Cáceres Gómez**

Palabras Clave: transferencia tecnológica, acuerdos tecnológicos, gestión del conocimiento, innovación en salud

Descripción:

La transferencia tecnológica (TT) constituye un eje estratégico para transformar los resultados de investigación en soluciones con impacto económico y funcional. Es un proceso dinámico y multidimensional que abarca desde la identificación del conocimiento susceptible de ser transferido, hasta su adaptación, validación y aplicación por parte de actores receptores. Este proceso requiere la articulación de capacidades científicas, productivas, regulatorias y de gestión del conocimiento para permitir la transición efectiva del desarrollo tecnológico hacia su uso en contextos reales.

En el sector salud, su importancia radica en viabilizar el desarrollo de dispositivos médicos, terapias innovadoras, medicinas disruptivas y procesos clínicos avanzados, los cuales impactan directamente en la calidad de vida de las personas. No obstante, en América Latina, y particularmente en Colombia, persisten barreras estructurales que limitan su implementación efectiva, como la baja sistematización metodológica, la limitada articulación entre actores, la escasa madurez de los procesos colaborativos y un entorno altamente regulado.

Este estudio aborda dicha problemática mediante una metodología cualitativa de carácter exploratorio. Parte de una revisión de literatura que permite identificar factores clave de la TT en salud, agrupados en tres dimensiones: características de la industria, naturaleza de las tecnologías y capacidades de los actores. Como estudio de caso, se analiza el departamento de Santander, mediante una caracterización territorial que incluye entrevistas a expertos del ecosistema regional. Esta se complementa con el análisis de casos exitosos para identificar acciones que favorecen estrategias de colaboración efectivas.

Como resultado, se diseña una propuesta metodológica orientadora que contribuye al cierre de vacíos en la literatura sobre TT en salud y al fortalecimiento de las prácticas de gestión en tecnologías sanitarias. Se concluye que la colaboración interinstitucional, junto con una gestión ágil de la regulación adaptada al entorno territorial, es clave para avanzar hacia modelos sostenibles y eficientes de transferencia tecnológica en salud.

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director: Ms.C. Luis Eduardo Becerra Ardila.

Abstract

Title: Methodological proposal for the development of the technology transfer process in the health sector of the department of Santander, Colombia. *

Authors: Lizeth Paola Cáceres Gómez **

Key Words: technology transfer, technological agreements, knowledge management, innovation in health

Description:

Technology transfer (TT) is a strategic mechanism for transforming research outcomes into solutions with economic and functional impact. It is a dynamic, multidimensional process that spans from the identification of transferable knowledge to its adaptation, validation, and application by recipient actors. This process requires the alignment of scientific, productive, regulatory, and knowledge management capacities to enable the effective transition of technological developments into real-world use.

In the health sector, TT plays a critical role in enabling the development of medical devices, innovative therapies, disruptive pharmaceuticals, and advanced clinical processes, all of which directly impact people's quality of life. However, in Latin America—particularly in Colombia—structural barriers continue to limit its effective implementation, including weak methodological standardization, limited inter-institutional coordination, immature collaborative practices, and a highly regulated environment.

This study addresses these challenges through a qualitative, exploratory methodology. It begins with a literature review to identify key factors influencing TT in health, grouped into three dimensions: industry characteristics, technology attributes, and actor capabilities. The department of Santander is taken as a case study, where a territorial characterization is conducted based on interviews with experts from the regional innovation ecosystem. This is complemented by the analysis of successful cases to identify actions that support the formulation of effective collaboration strategies.

The result is a guiding methodological proposal that contributes to filling gaps in the literature on health-related TT and strengthens technology management practices in the sector. The study concludes that inter-institutional collaboration, combined with agile regulatory management adapted to territorial conditions, is essential to advancing sustainable and efficient TT models in the health sector.

* Master thesis.

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Advisor: Ms.C. Luis Eduardo Becerra Ardila.

Generalidades del Proyecto de Investigación

Título

Propuesta metodológica para el desarrollo del proceso de transferencia tecnológica en el sector salud del departamento de Santander, Colombia.

Responsables

Nombre del estudiante: Lizeth Paola Cáceres Gómez

Nombre director: Luis Eduardo Becerra Ardila

Grupo De Investigación

Nombre grupo de investigación: Grupo de Investigación en Gestión de la Innovación Tecnológica y del Conocimiento- INNOTECH

Nombre director del grupo de investigación: Luis Eduardo Becerra Ardila

Introducción

La ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) desempeñan un papel crucial en la economía global contemporánea. En un entorno interconectado y altamente competitivo, la capacidad de transformar avances científicos en productos, servicios y procesos innovadores constituye un motor esencial para el crecimiento económico, la competitividad y el desarrollo sostenible de las naciones. En este contexto, la transferencia tecnológica (TT), entendida como el paso del conocimiento generado en la investigación hacia aplicaciones concretas en el mercado, se consolida como un mecanismo estratégico para convertir resultados científicos en soluciones con impacto económico y social (Naidu y Togay, 2015; Negandhi y Palia, 2018; Shukla y Shukla, 2023).

Más allá de su papel estructural en el sistema de innovación, la TT adquiere una relevancia crítica en sectores estratégicos como la salud. Es a través de este proceso que las soluciones médicas innovadoras, desde dispositivos y equipos diagnósticos inteligentes hasta terapias avanzadas y medicamentos disruptivos, logran superar la frontera del laboratorio para integrarse en los sistemas de salud y mejorar directamente la vida de las personas (Kahouli et al., 2024). Además de elevar la calidad y eficiencia de la atención, la transferencia tecnológica en salud permite acortar brechas en el acceso a tecnologías, enfrentar enfermedades emergentes y fortalecer la soberanía sanitaria de los países. No obstante, su implementación efectiva exige sistemas con capacidad para adoptar, adaptar y escalar tecnologías en entornos altamente regulados y clínicamente complejos (Govindarajan et al., 2025; Jennett y Watanabe, 2006).

En el caso de los países de América Latina, se han realizado importantes esfuerzos por fortalecer los procesos de TT, incluyendo aquellos orientados al sector salud. A pesar del crecimiento de capacidades de investigación y de la existencia de marcos institucionales que promueven la innovación, la región continúa mostrando una alta dependencia de la importación

de tecnologías provenientes de países desarrollados (Ahmad Mallana et al., 2013; Naidu y Togay, 2015; Oktay y Özer, 2012). Esta situación evidencia una brecha persistente entre la generación de conocimiento científico local y su aplicación práctica en el entorno productivo, agudizada por limitaciones estructurales como la débil infraestructura en I+D, la falta de capacidades tecnológicas robustas, la escasa cultura de colaboración intersectorial y la fragilidad institucional (Kriste et al., 2012; Mercado et al., 2024). Estos factores, en conjunto, dificultan la consolidación de procesos efectivos de transferencia tecnológica y limitan su impacto en el desarrollo económico y social de los países de la región.

En el ámbito específico de la salud, esta brecha adquiere dimensiones adicionales, al entrelazarse con desafíos propios del sector como la complejidad del entorno regulatorio, la necesidad de gestionar estratégicamente la propiedad intelectual y la dificultad de adaptar tecnologías a condiciones clínicas y epidemiológicas locales (Hawley y Brownsell, 2011; Uddin Murad et al., 2023). A pesar de que el potencial transformador de la TT en salud es ampliamente reconocido, persiste una notoria escasez de investigaciones que aborden de manera sistemática e integral las dinámicas del proceso dentro de las organizaciones sanitarias. En consecuencia, resulta imperativo avanzar hacia enfoques colaborativos, interinstitucionales y técnicamente fundamentados que permitan orientar la toma de decisiones, superar los cuellos de botella existentes y potenciar el valor de la innovación tecnológica en la atención en salud (Brownson et al., 2017; Marais et al., 2020; Voisard et al., 2024).

En Colombia, la TT en salud ha emergido como un mecanismo esencial para aproximar los avances científicos a las necesidades del sistema sanitario. Las políticas públicas dirigidas a fortalecer los vínculos entre academia, Estado y sector productivo, junto con la proliferación de oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRIs) y nodos de innovación regionales, evidencian progresos institucionales importantes. No obstante, la ausencia de lineamientos metodológicos estandarizados limita la sistematización de experiencias, dificulta

el aprendizaje colectivo y obstaculiza la consolidación de capacidades territoriales sostenibles (Holmén et al., 2025; los Ríos y Galvis Tovar, 2024; Sánchez Preciado, 2022).

En este contexto, el departamento de Santander se perfila como un laboratorio natural para evaluar los retos de la transferencia en salud. Allí coexisten cuatro OTRIs universitarias, un nodo regional, un clúster de salud, el único parque tecnológico activo del país, el 12 % de los grupos de investigación en ciencias médicas nacionales y dos centros de referencia (FCV y MASIRA). Varias de estas entidades han suscrito convenios con universidades, centros de desarrollo y otros actores regionales que han resultado en casos exitosos de transferencia tecnológica. No obstante, entre 2000 y 2024 únicamente se registraron 79 solicitudes de patentes en tecnologías sanitarias (SIC, 2025), mientras que el 85 % de los insumos continúa importándose (CVN, 2023). A este déficit se añade un plazo promedio de aprobación y certificación por INVIMA de 29 meses (El Tiempo, 2023), lo cual retrasa significativamente cualquier proceso de transferencia y adopción clínica. Estos indicadores revelan la brecha entre el capital científico local y su conversión en soluciones sanitarias, así como múltiples obstáculos derivados de la limitada madurez de las estrategias colaborativas, la ausencia de mecanismos institucionalizados de apoyo y la falta de estudios integrales sobre los factores que restringen la cooperación en las distintas etapas del proceso (Pontón Silva et al., 2019). En conjunto, este escenario convierte a Santander en un caso de estudio idóneo para diseñar y validar metodologías que faciliten la transferencia a través de la articulación de actores, recursos y regulaciones, con aprendizajes aplicables a otras regiones emergentes.

Ante este panorama, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar el proceso de transferencia tecnológica orientado a facilitar la formulación de estrategias de colaboración efectivas para las organizaciones del sector salud en regiones emergentes de países en desarrollo? Este interrogante responde tanto a una necesidad teórica identificada en la literatura como a desafíos prácticos que limitan el avance de la innovación

tecnológica en entornos sanitarios caracterizados por capacidades institucionales intermedias y marcos operativos aún en consolidación.

Este proyecto de investigación aborda la TT en salud mediante una metodología cualitativa de carácter exploratorio, que articula revisión documental, entrevistas semiestructuradas y análisis de estudios de caso. El estudio se centra en tres dimensiones clave: la industria, las tecnologías sanitarias y las capacidades de los actores involucrados. A partir de la identificación de estos factores, se realiza una caracterización del proceso de transferencia en el departamento de Santander, que funciona como diagnóstico territorial, y se complementa con el análisis de casos exitosos para identificar acciones que favorecen estrategias de colaboración efectivas. El resultado es una propuesta metodológica orientada a fortalecer la gestión tecnológica en salud, cerrar vacíos en la literatura y servir como referente para futuras investigaciones y aplicaciones en contextos institucionales en consolidación.

El documento se estructura en 10 capítulos articulados de forma progresiva y lógica. El capítulo 1 sitúa el problema y enuncia los objetivos de investigación que orientan el trabajo. En el capítulo 2 se detalla la metodología aplicada, su enfoque cualitativo-exploratorio y el diseño de estudio de caso múltiple, explicando cómo cada fase metodológica contribuye a responder los objetivos. Los capítulos 3 y 4 construyen el “armazón teórico”, trazan la evolución del concepto de la TT en salud y sistematizan los factores críticos que guían el análisis empírico. El capítulo 5 aplica estos determinantes a la realidad del departamento de Santander mediante una caracterización territorial respaldada en datos documentales y entrevistas a expertos. A partir de ese diagnóstico, el capítulo 6 extrae las prácticas facilitadoras validadas en casos de éxito, que el capítulo 7 integra en el diseño de MITT-Salud, la propuesta metodológica resultante. Finalmente, en el capítulo 8 se formulan las conclusiones relevantes y las limitaciones del estudio, en el 9 se proponen futuras líneas de investigación y al final se compila las referencias bibliográficas que sustentan todo el estudio.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Estructurar una propuesta metodológica para el desarrollo del proceso de transferencia tecnológica que contribuya a facilitar la gestión y formalización de acuerdos de colaboración para los actores del SNCTI y organizaciones asociadas al sector salud del departamento de Santander, Colombia.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores clave asociados al entorno, la tecnología y los agentes que participan en el proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica a partir de una revisión de literatura.
- Caracterizar el proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en el sector salud, con el fin de analizar la interrelación de los factores clave identificados para esta industria.
- Identificar las principales acciones que facilitan la gestión y formalización de acuerdos de colaboración exitosos a partir de un estudio de caso de los actores del SNCTI asociados al sector salud del departamento de Santander.
- Elaborar una propuesta metodológica que contribuya a la gestión y formalización de acuerdos de colaboración para la transferencia tecnológica, proporcionando una guía que oriente a los actores del SNCTI y organizaciones del sector salud en la gestión de sus tecnologías.

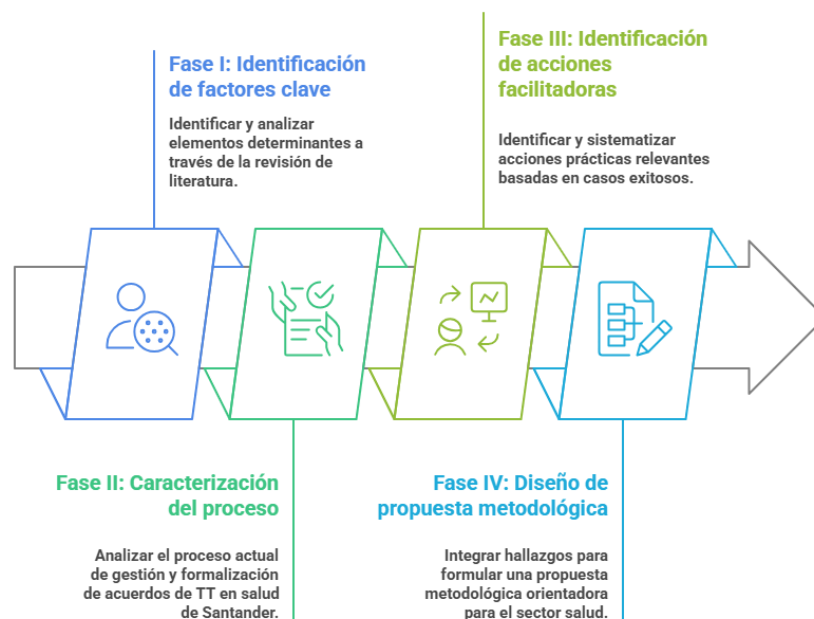
2. Metodología

La metodología de esta investigación se sustenta en un paradigma constructivista–interpretativo, especialmente idóneo para el estudio de la transferencia tecnológica, dado que concibe este fenómeno como una construcción emergente de las experiencias, percepciones y negociaciones entre los diferentes actores que intervienen. Al focalizarse en el modo en que estos actores interpretan las barreras, aprovechan oportunidades y configuran prácticas colaborativas, permite capturar la complejidad y la riqueza de significados que subyacen en cada fase del proceso. Además, este enfoque facilita la inmersión en contextos históricos y culturales particulares (como el ecosistema de innovación en salud de Santander) apoyando la generación de teoría arraigada en la realidad local y, simultáneamente, la identificación de patrones transferibles a otras regiones.

Con base en esta visión, y adoptando un carácter cualitativo, exploratorio y descriptivo de corte observacional, retrospectivo y transversal; se diseñó un estudio de caso múltiple y comparativo organizado en cuatro fases secuenciales que se describen a continuación:

Figura 1.

Fases metodológicas del estudio



2.1. Fase I: Identificación de factores clave que influyen en la transferencia tecnológica del sector salud

Como fase inicial del estudio, se lleva a cabo una revisión de la literatura con el propósito de identificar los factores fundamentales que inciden en el proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica. Esta revisión se basó en los lineamientos metodológicos establecidos por los autores (Manterola et al., 2013; Tranfield et al., 2003), lo que permitió llevar a cabo un análisis profundo respaldado por un riguroso proceso que garantiza la objetividad y transparencia del estudio, así como su replicabilidad. Para llevar a cabo esta revisión, se elaboró un protocolo de búsqueda de información en bases de datos multidisciplinarias como Scopus y Web of Science, seguido por la aplicación de criterios de selección y una evaluación de la calidad de los documentos identificados (ver Figura 2). Los hallazgos fueron presentados posteriormente, utilizando el software Citavi como herramienta de apoyo en la síntesis y categorización de resultados. Se proporciona una descripción más detallada de la metodología empleada en la elaboración de esta revisión en el Apéndice A.

Figura 2.

Metodología para la revisión de literatura



Nota: metodología adaptada de (Manterola et al., 2013; Tranfield et al., 2003)

2.2. Fase II: Análisis del proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en salud

Esta fase se dedicó a describir y analizar el proceso de gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en el sector salud de Santander, con el objetivo de explorar la interrelación entre los factores clave identificados previamente. Se adoptó un enfoque cualitativo–descriptivo, que según Hernández Sampieri (2010), es el más pertinente para profundizar en fenómenos complejos y multidimensionales que requieren explorar percepciones, prácticas y contextos específicos como lo es la transferencia tecnológica. Para ello, se combinaron tres técnicas complementarias: revisión documental codificada, entrevistas semiestructuradas y triangulación con análisis comparativo.

Figura 3.

Etapas de caracterización del proceso de TT salud



Nota: metodología adaptada de (Hernández Sampieri, 2010)

En la revisión documental codificada se recopilaban y examinaban planes de desarrollo regionales, normativas del SNCTI e indicadores de ciencia y tecnología. Los documentos se gestionaron en Citavi y se categorizaron en Nvivo, empleando codificación dirigida (basada en los factores de la Fase I) y codificación abierta para emergentes, lo que permitió mapear con precisión los elementos críticos del proceso de transferencia en la región.

A continuación, se realizaron entrevistas semiestructuradas siguiendo los criterios de (Flick, 2015; Hernández Sampieri, 2010) en las que participaron seis expertos de OTRI, direcciones de I + D + i y clústeres sanitarios, seleccionados mediante muestreo por criterio para garantizar la validez y diversidad de perspectivas. Cada diálogo, guiado por un protocolo validado por el Comité de Ética CEINCI, se grabó y transcribió con Transkriptor y se codificó en Nvivo con el mismo esquema mixto, capturando percepciones, experiencias y conocimiento tácito. Finalmente, la triangulación de fuentes contrastó los hallazgos documentales con las narrativas de los expertos. La gestión bibliográfica y el primer mapeo de categorías se realizaron en Citavi. A partir de esta integración se estructuraron tres dimensiones de análisis: capacidades, prioridades y riesgos, que permitieron desglosar el proceso de transferencia en sus componentes críticos, evaluar la preparación institucional y revelar los cuellos de botella regulatorios, culturales y operativos a nivel regional.

2.3. Fase III: Identificación de acciones facilitadoras y replicables para la transferencia tecnológica en salud

Esta fase estuvo orientada a la identificación de las principales acciones que han facilitado la gestión y formalización de acuerdos exitosos de colaboración en transferencia tecnológica, así como las dificultades asociadas a dicho proceso en el sector salud. Se adoptó un enfoque de estudio de caso múltiple y comparativo, fundamentado en los planteamientos metodológicos de (Eisenhardt, 1989; Flyvbjerg, 2006; Jiménez y Comet, 2016; R. Yin, 1994), idóneo para analizar fenómenos complejos en contextos reales y contrastar experiencias que permitan detectar patrones recurrentes, determinantes diferenciadores y prácticas replicables.

Tal como se ilustra en la Figura 4, esta fase combinó componentes clave como la definición de variables de análisis, la selección y revisión de casos relevantes, la codificación cualitativa de evidencia, la comparación transversal y la sistematización de hallazgos. Para la

selección de casos exitosos se elaboró previamente una ficha técnica que definió las variables de estudio imprescindibles, así como los criterios de inclusión y exclusión. Esta ficha orientó la identificación de treinta experiencias representativas y toda la información documental asociada se gestionó en Citavi para garantizar la trazabilidad y coherencia en el análisis comparativo. Estas etapas articuladas permitieron estructurar el análisis en cuatro niveles: local, nacional, latinoamericano e internacional. A nivel local, se examinó información secundaria proveniente de entes reguladores y las entrevistas aplicadas previamente a actores del SNCTI en Santander, con énfasis en prácticas efectivas, capacidades institucionales y riesgos identificados. A nivel nacional, se revisaron casos documentados de acuerdos exitosos en universidades, hospitales y empresas colombianas. A nivel latinoamericano, se analizaron experiencias destacadas de países como Brasil, México, Argentina y Chile, donde varios actores se distinguen por la madurez de sus modelos de TT en salud y a nivel internacional, algunos casos de EE. UU. y Europa que son referentes en TT a nivel global. Este análisis aporta un enfoque multinivel que enriquece la comprensión del fenómeno en el contexto regional.

Figura 4.

Secuencia metodológica para identificar acciones facilitadoras de la TT en salud



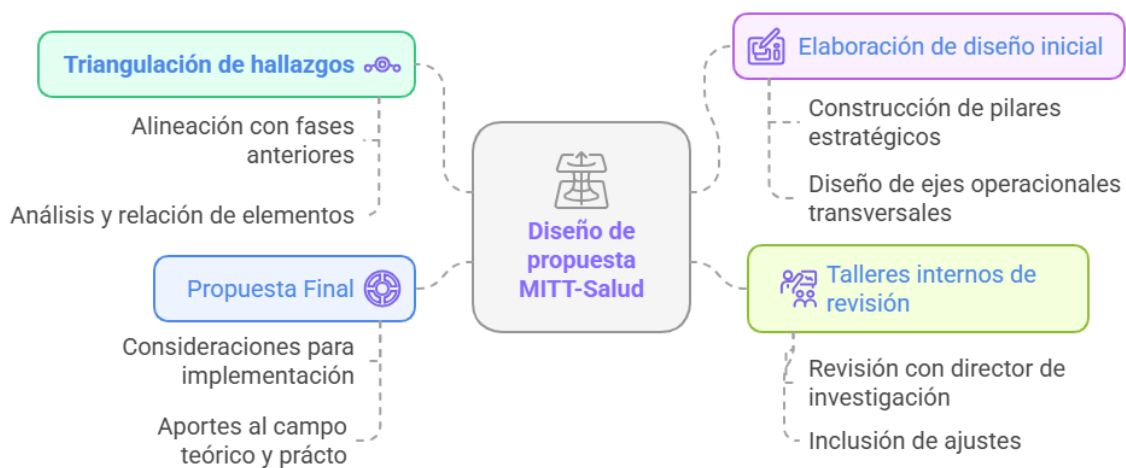
Nota: metodología adaptada de Eisenhardt, 1989; Flyvbjerg, 2006; Jiménez y Comet, 2016; R. Yin, 1994

2.4. Fase IV: Formulación de una propuesta metodológica para la gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en salud

En esta fase final se combinaron de forma sistemática los insumos de todas las etapas previas: revisión bibliográfica, diagnóstico territorial, entrevistas con expertos y análisis de casos exitosos, empleando un proceso de triangulación según los lineamientos de Benavides et al. (2005) para estudios cualitativos.

Figura 5.

Estructuración de la propuesta metodológica



Nota: metodología adaptada de (Benavides et al., 2005)

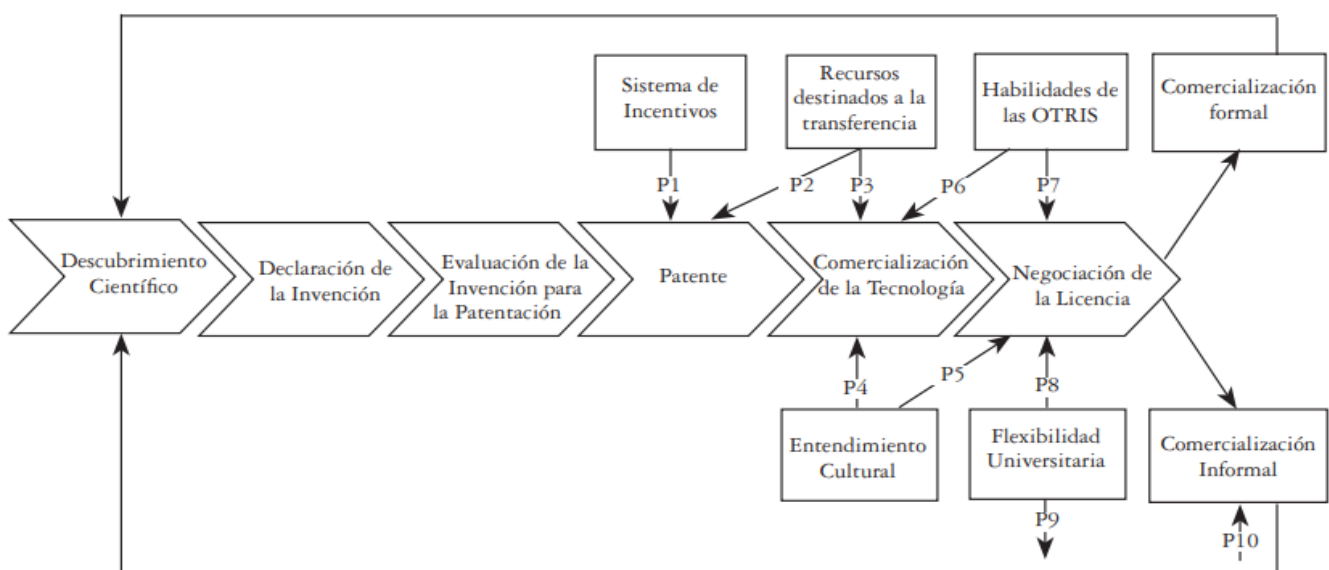
Sobre esa base se diseñó un primer esquema de pilares estratégicos y ejes operativos que soportan la propuesta, el cual se sometió a talleres iterativos de validación interna con el director de investigación, especialista en gestión tecnológica. A partir de esas sesiones se ajustaron los flujos de trabajo, se definieron criterios claros de priorización, su vinculación con los factores y prácticas clave identificados, y se seleccionaron las herramientas de apoyo más pertinentes de acuerdo con las particularidades del sector salud. Asimismo, se definieron las limitaciones inherentes a la propuesta, recomendaciones para su validación futura, su implementación y las líneas de investigación derivadas.

3. Marco teórico

Para comprender en profundidad el proceso de transferencia y su aplicabilidad en el sector salud, es indispensable establecer un marco conceptual sólido que sustente el análisis. En el Apéndice B se desarrolla de manera detallada la revisión de los principales enfoques teóricos que abordan la TT, abarcando definiciones clave por autores fundacionales (Bozeman, 2000; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Rogers et al., 2001; D. Siegel et al., 2004), los modelos referentes de transferencia, desde el lineal y de cuádruple hélice hasta esquemas cooperativos (Hilkevics y Hilkevics, 2017) y dinámicos (Arias y Aristizábal, 2011; D. Siegel et al., 2004), así como las diferentes tipologías de acuerdos y mecanismos operativos usuales de implementación (González Sabater, 2009). Este compendio conceptual proporciona las bases para interpretar la relevancia de la TT como motor de generación y difusión de innovaciones en salud, así como su influencia en la articulación y colaboración entre los distintos actores que integran el ecosistema de investigación, desarrollo y prestación de servicios sanitarios.

Figura 6.

Modelo dinámico de transferencia tecnológica



Nota: tomado de Arias y Aristizábal (2011) y adaptado de D. Siegel et al. (2004)

4. Revisión de literatura

La presente revisión de literatura aborda el fenómeno de la transferencia tecnológica (TT) en el sector salud desde una perspectiva integral, reconociendo su rol estratégico en la innovación sanitaria y el fortalecimiento de los sistemas de salud. En primer lugar, se analiza su importancia y las particularidades que la diferencian de otros sectores. Luego, se examina su evolución en América Latina, con énfasis en el contexto colombiano, destacando avances normativos e institucionales, así como iniciativas emergentes.

Posteriormente, se profundiza en la dinámica de gestión y formalización de acuerdos de TT, en articulación con el nivel de madurez tecnológica (TRL) y los tipos de colaboración más comunes en cada fase del desarrollo. Finalmente, se identifican los factores clave que influyen en la efectividad de la transferencia, organizados en tres dimensiones analíticas: el entorno, las propiedades de la tecnología y las capacidades de los agentes.

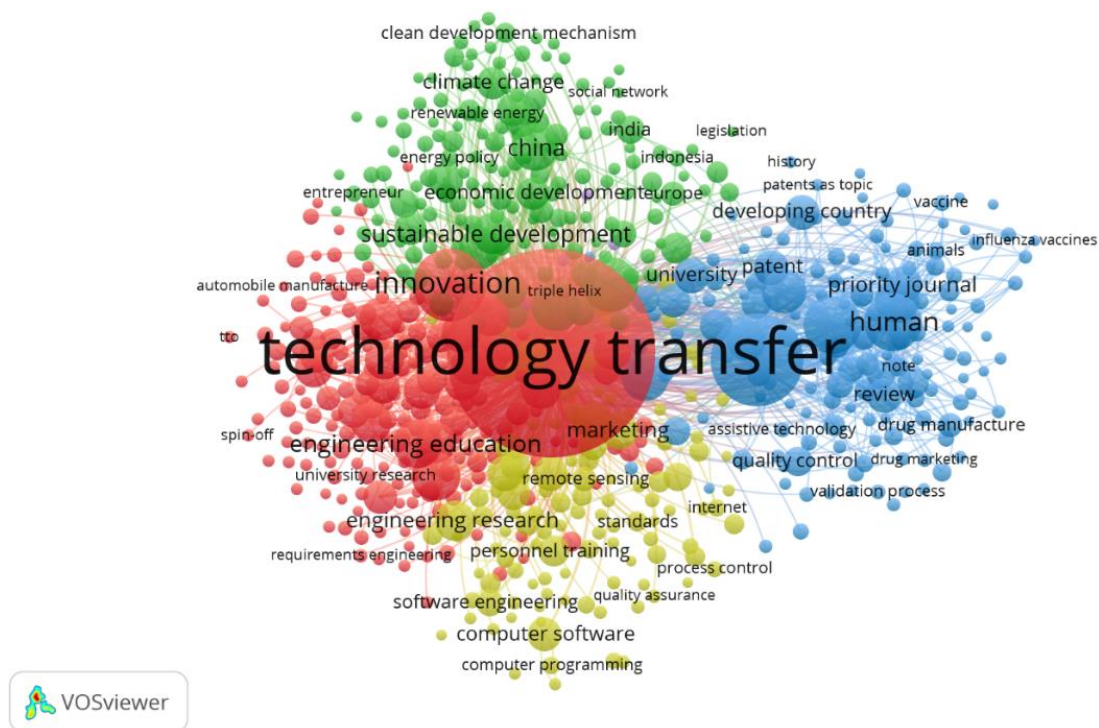
Como complemento de esta revisión, se realizó un análisis bibliométrico para evaluar de forma objetiva la evolución del campo, identificar tendencias relevantes y examinar la producción científica sobre transferencia tecnológica. Los resultados detallados de este análisis se presentan en el Apéndice C, donde, a partir de las gráficas generadas, se evidencia un creciente interés académico en el TT durante la última década, reflejado en la expansión de líneas de investigación y su impacto en diversas áreas del conocimiento. Además, el análisis permite ofrecer una actualización de la visión de la literatura en TT entre 2013 y 2024, identificando las revistas, artículos, autores y organizaciones más influyentes en el tema.

Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio de coocurrencia de palabras clave, complementado con un análisis de agrupamiento (clustering), que permitió identificar cómo se estructuran conceptualmente las principales líneas de investigación en transferencia tecnológica (ver Figura 7). Este análisis reveló cuatro núcleos temáticos predominantes:

desarrollo sostenible y economía verde, innovación e ingeniería, salud y ciencias de la vida, y digitalización y automatización de procesos. La relevancia del cluster vinculado a salud confirma que este ámbito se consolida como una de las áreas con mayor potencial de aplicación y desarrollo dentro del campo de transferencia, reflejando el interés de la comunidad científica en explorar su impacto.

Figura 7.

Representación gráfica-Análisis de coocurrencia-Transferencia Tecnológica



De manera particular, para este sector estratégico, se identificaron cinco líneas prioritarias que concentran los esfuerzos recientes: *gestión y aplicación de la transferencia, industria farmacéutica y producción de medicamentos, desarrollo y fabricación de vacunas en contextos emergentes, políticas de salud pública y factores humanos y éticos*. Estos hallazgos detallados en el Apéndice D aportan una perspectiva estructurada de la evolución conceptual del campo y delimitan áreas estratégicas para la formulación de la propuesta metodológica de este estudio.

4.1. Importancia de la TT en el Sector Salud

La transferencia tecnológica (TT) es un eje estratégico para robustecer los sistemas de salud, al facilitar la adopción de innovaciones que elevan la calidad de la atención, optimizan procesos clínicos y amplían el acceso a diagnósticos, terapias y dispositivos de última generación (OMPI, 2022; Sáez et al., 2024). Su impacto se refleja en la capacidad de respuesta ante enfermedades emergentes y crónicas, mediante herramientas para detección temprana, monitoreo y tratamientos adaptados a contextos locales.

Desde la academia, la TT actúa como un puente entre investigación y aplicación práctica, asegurando que los avances generados en universidades y centros de I+D se conviertan en soluciones efectivas para la salud pública (Ocaña Samada et al., 2023; D. S. Siegel et al., 2007). Esta sinergia de la industria y la academia se ha consolidado como un motor de innovación y garante de tecnologías accesibles.

En el ámbito científico, la TT potencia la investigación aplicada, impulsa la integración de tecnologías emergentes en la práctica clínica y fomenta la cooperación internacional para abordar retos sanitarios de escala global (Blanch et al., 2014; Tang et al., 2025). Además, refuerza la infraestructura tecnológica y la capacidad de innovación, promoviendo competitividad y autonomía tecnológica (Abraham et al., 2015; Bansal et al., 2023).

Desde una perspectiva socioeconómica, la TT representa un mecanismo para maximizar el retorno social de la inversión en I+D, dinamizar la industria, generar empleo calificado y contribuir a la sostenibilidad financiera de los sistemas de salud al incorporar tecnologías costo-efectivas (Toca et al., 2018). Asimismo, fortalece la formulación de políticas basadas en evidencia y reduce desigualdades en el acceso a tecnologías avanzadas (Shugurova y Shugurov, 2015). En conjunto, la literatura evidencia que la TT en salud concentra un alto interés académico y estratégico por su potencial para generar soluciones disruptivas, optimizar

recursos y cerrar brechas en el acceso a tecnologías de punta. Comprender su dinámica es esencial para diseñar estrategias de implementación eficaces, sostenibles y ajustadas a las particularidades del sector.

4.2. Evolución de la TT en el sector salud en AL y su desarrollo en Colombia

La transferencia tecnológica (TT) en el sector salud de América Latina ha seguido un recorrido dinámico, marcado por fases de dependencia tecnológica externa y esfuerzos recientes por consolidar capacidades locales de innovación (Campos et al., 2025; Werutsky et al., 2021). Desde sus primeras manifestaciones, la TT se concibió bajo modelos lineales, donde la innovación seguía un flujo secuencial desde la investigación básica hasta la comercialización (Hilkevics y Hilkevics, 2017; Laperche, 2021). Este enfoque predominó en la región durante las décadas de 1980 y parte de los 90, cuando la limitada infraestructura científica y la escasa inversión en I+D obligaban a los países a depender de la importación de tecnologías para suplir necesidades sanitarias básicas (Salicrup y Fedorková, 2006).

Con la apertura económica de los años noventa, se modernizó la infraestructura hospitalaria y se incentivó la participación privada; sin embargo, estas mejoras no se acompañaron de políticas que promovieran la generación y transferencia efectiva de innovaciones propias, manteniendo así la brecha tecnológica con los países desarrollados (BID Lab y HolonIQ, 2024; García Martí et al., 2024). La evidencia de estas limitaciones impulsó la transición hacia modelos no lineales e interactivos, que reconocen la TT como un proceso bidireccional y reiterativo, basado en la retroalimentación constante entre academia, industria y gobierno, y en la creación de redes de colaboración sostenibles (Chinchilla-Rodríguez et al., 2012). A partir de la década de 2000, países como Brasil y México destacaron por aplicar modelos más cooperativos y sectoriales, robusteciendo sus ecosistemas de innovación en salud mediante la promoción de startups tecnológicas, incubadoras, consorcios de investigación y metodologías dinámicas para valorar proyectos de transferencia (Da Fonseca et al., 2021;

Torres Vargas y Jasso Villazul, 2018). Organizaciones como el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM (IIBm-UNAM) en México, la Agencia de Innovación USP e Inova Unicamp en Brasil; ilustran la implementación de esquemas híbridos basados en co-desarrollo, co-diseño y validación técnica, lo que ha facilitado la llegada más ágil de innovaciones al sistema asistencial (Silveira Porto y Aparecido Dias, 2018; Torres Vargas y Jasso Villazul, 2018). No obstante, persisten barreras estructurales comunes: protección limitada de la propiedad intelectual, debilidad en la infraestructura de I+D y baja inversión sostenida en investigación aplicada (Mahmoud et al., 2012; Quiñones et al., 2020).

Por otra parte, el impacto de la pandemia de COVID-19 aceleró aún más la adopción de modelos más ágiles y colaborativos, impulsando la digitalización de la atención, el monitoreo remoto y el desarrollo de soluciones de diagnóstico en tiempo récord (Anser et al., 2022; King, 2024). Este escenario obligó a gobiernos y actores públicos y privados a revisar esquemas de cooperación y a optimizar la gobernanza de la transferencia para lograr resultados tangibles en la atención sanitaria (BID, 2022).

En Colombia, la evolución de la TT ha seguido una trayectoria alineada con las tendencias internacionales, avanzando en el fortalecimiento normativo e institucional. La Ley 1751 de 2015 reconoce explícitamente la ciencia, la tecnología y la innovación como pilares fundamentales para garantizar un servicio de salud integral y de calidad (Minciencias, 2023). En esta dirección, el país ha promovido iniciativas como los nodos regionales del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y la definición de Agendas Regionales de I+D+i, que priorizan sectores estratégicos como salud, farmacéutica y biotecnología. Según el informe PINNOS 2023, organizaciones como el Instituto Nacional de Salud, la Universidad de Antioquia, la Fundación Cardiovascular de Colombia, el Hospital Universitario San Ignacio y el Clúster de Salud de Medellín figuran entre los principales actores con capacidades para

desarrollar procesos de vigilancia tecnológica, validación clínica y codesarrollo en salud (PINNOS et al., 2023).

No obstante, aunque el país cuenta con experiencias prometedoras y actores altamente capacitados, persisten obstáculos estructurales que limitan la consolidación de un sistema de TT sanitario realmente integrado y competitivo. La escala aún reducida de los fondos públicos para I+D, la superposición normativa entre Minciencias, Invima y MinSalud, y la ausencia de esquemas de co-inversión sostenibles dificultan la articulación efectiva entre los desarrollos académicos, la industria y los prestadores de servicios de salud (Arteche et al., 2020; Bravo Ibarra et al., 2016; Guzman et al., 2024).

En el departamento de Santander, foco de este estudio, se reconocen avances en la articulación de actores clave, como universidades, hospitales y empresas del sector, alineados con modelos sectoriales y territoriales que priorizan la transferencia aplicada a la resolución de problemas locales, a través del liderazgo de proyectos biomédicos con alto potencial de escalamiento, pero enfrentan desafíos relacionados con financiamiento sostenible, formación de talento especializado y consolidación de redes colaborativas que aseguren el paso de la investigación al mercado (Sarmiento, 2023).

En este sentido, es posible observar que la evolución de la TT en América Latina y Colombia demuestra una transición gradual de enfoques lineales hacia modelos interactivos, cooperativos y adaptativos, ajustados a contextos específicos del sector salud. Pese a los avances, persisten brechas regulatorias, operativas y culturales que limitan su efectividad, subrayando la necesidad de estrategias contextualizadas y esquemas de gestión que garanticen que la ciencia se traduzca en innovaciones sanitarias accesibles, seguras y sostenibles.

4.3. Dinámica en la gestión y formalización de acuerdos de TT en el sector salud

La transferencia tecnológica (TT) en el sector salud exige una gestión estratégica que integre la evolución del desarrollo tecnológico con mecanismos de colaboración adaptativos (Chung et al., 2018). No se trata solo de generar innovaciones y comercializarlas como puede suceder en otros sectores, sino de avanzar en su madurez mediante acuerdos que respondan a los retos técnicos, regulatorios y bioéticos propios de cada etapa, hasta garantizar que las tecnologías estén lo suficientemente maduras para ser implementadas en entornos clínicos. Esta articulación puede analizarse desde el modelo TRL-IS (Technology Readiness Levels for Integrated Systems), una adaptación sectorial que incorpora las complejidades clínicas y organizacionales específicas del entorno sanitario (Holt, 2007; Salvador-Carulla et al., 2024).

Tal como se resume en la Figura 8, los tipos de acuerdo varían a lo largo del eje de madurez tecnológica. En los niveles bajos (TRL 1–3), donde predominan las fases de investigación básica y formulación conceptual, suelen utilizarse acuerdos contractuales directos como cesión de derechos, convenios de confidencialidad o licenciamientos exploratorios.

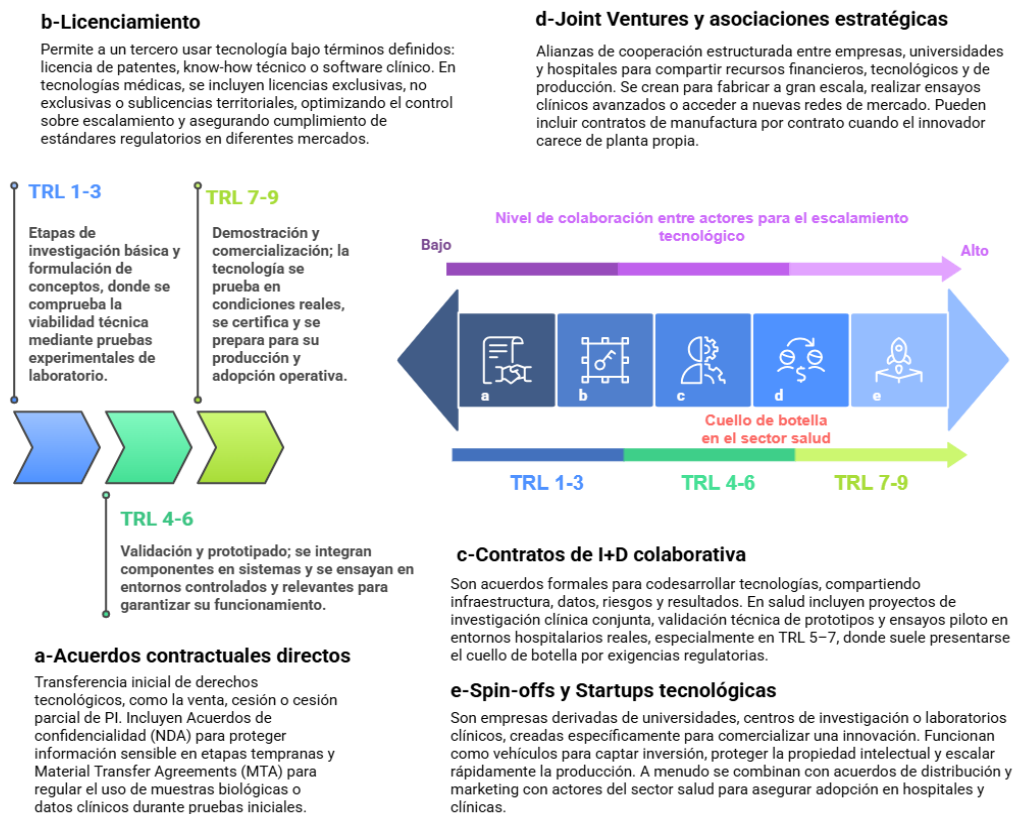
A medida que las tecnologías alcanzan fases de validación y prototipado (TRL 4–6), se requieren formas de interacción más intensiva, como los contratos de I+D colaborativa, que permiten compartir infraestructura, propiedad intelectual y riesgos entre universidades, hospitales y empresas tecnológicas. En niveles avanzados (TRL 7–9), donde ya se requiere validación clínica, certificación regulatoria y escalamiento productivo, predominan acuerdos complejos como spin-offs, joint ventures y asociaciones estratégicas, que facilitan la entrada a mercados y la sostenibilidad financiera (Jiang et al., 2020).

Para el sector salud, el mayor cuello de botella ocurre entre los niveles intermedios y avanzados (TRL 5 a TRL 7). En esta transición, las tecnologías deben superar rigurosos

procesos regulatorios, validaciones clínicas y evaluaciones de costo-efectividad, lo cual demanda una inversión considerable y tiempos extensos. Esta etapa crítica ha demostrado ser la más propensa al estancamiento, debido a la complejidad de cumplir con los estándares éticos, técnicos y sanitarios exigidos por las autoridades regulatorias (Ocaña Samada et al., 2023). Frente a este escenario, la I+D colaborativa se ha consolidado como la estrategia más efectiva, ya que permite compartir recursos, acelerar la validación clínica y facilitar la articulación con agencias regulatorias y financiadores públicos o privados (García et al., 2017; OMPI, 2022). Así, una adecuada gestión de los acuerdos de colaboración, alineados al nivel de madurez tecnológica y al contexto sanitario, resulta clave para asegurar la transferencia efectiva de tecnologías en salud hacia sistemas asistenciales.

Figura 8.

Espectro de colaboración en transferencia tecnológica del sector salud



Nota: adapta do de Holt, 2007; Salvador-Carulla et al., 2024

4.4. Factores Clave en la Gestión de la TT en el sector salud

Como se evidenció en los apartados anteriores, la transferencia tecnológica (TT) en salud ha evolucionado desde esquemas fragmentados hacia modelos más colaborativos, en respuesta a los desafíos estructurales del sector. Sin embargo, el solo avance en acuerdos de colaboración, como se detalló en la dinámica entre niveles de madurez tecnológica (TRL), no garantiza por sí mismo el éxito de la transferencia.

Comprender por qué algunas innovaciones logran escalar efectivamente, mientras otras se detienen en etapas intermedias, implica analizar en profundidad los factores que inciden en la gestión y formalización de estos acuerdos de TT. Diversos modelos ampliamente reconocidos en la literatura (Bozeman, 2000; Bozeman et al., 2015; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Hilkevics y Hilkevics, 2017; Krücken et al., 2007; Lavoie y Daim, 2020; Rogers et al., 2001) coinciden en que tres elementos son fundamentales en todo proceso de transferencia: las condiciones del entorno, las características propias de la tecnología y el papel de los actores involucrados. Esta clasificación proporciona una base estructurada para examinar cómo se configuran entornos facilitadores o restrictivos, especialmente en sectores como el de la salud, donde los marcos regulatorios son estrictos y las demandas clínicas exigen respuestas ágiles.

4.4.1. Factores asociados al Entorno de la Transferencia Tecnológica

El éxito y la sustentabilidad de la TT en salud están condicionados por el contexto externo en el que operan los actores involucrados. Elementos como la regulación vigente, las políticas de fomento a la innovación, la disponibilidad de redes colaborativas, las condiciones de mercado y la cultura institucional definen las oportunidades y limitaciones para transformar descubrimientos científicos en soluciones sanitarias de impacto. En la Tabla 1, se identifican cinco factores críticos del entorno, sintetizados a partir de la literatura especializada, que deben priorizarse para garantizar procesos de transferencia robustos y adaptados al sector salud.

Tabla 1.*Factores del entorno que inciden en la TT en el sector salud*

Factor	Descripción del Factor	Autores
1.Marco institucional y normativo	Engloba las políticas públicas, marcos regulatorios, incentivos fiscales y leyes de propiedad intelectual que rigen la innovación en salud. Un entorno institucional claro y predecible facilita la conversión del conocimiento científico en tecnologías aplicables, promueve la colaboración público-privada y reduce las barreras legales que frenen la formalización de acuerdos de TT en el ambiente sanitario.	(Saberwal, 2010) (Chehrehpak et al., 2018) (López Mendoza y Mauricio, 2020) (Hassan et al., 2015) (Hassan et al., 2016) (Majidpour, 2012) (Ravi y Janodia, 2022) (Ashekele y Matengu, 2008) (Amadi Echendu y Mulamula, 2010) (Ernst, 2019) (Davydiuk et al., 2024) (Visvanathan y Kashyap, 2012) (Davis, 2005) (Manatovna et al., 2023)
2.Infraestructura colaborativa y ecosistemas de innovación	Se refiere al conjunto de estructuras macro, como parques tecnológicos, laboratorios clínicos, centros de I+D públicos y privados que configuran el escenario general de innovación. Estos ecosistemas ofrecen instalaciones físicas y servicios de soporte (laboratorios compartidos, espacios de coworking, incubadoras) que fomentan la interacción entre academia, gobierno e industria a escala territorial, creando el espacio donde pueden germinar y crecer múltiples proyectos de TT en salud.	(Doran et al., 2024) (Sung y Gibson, 2005) (Borge y Bröring, 2020) (Zhou et al., 2024) (Valič y Uršič, 2024) (Serrano-Ruiz et al., 2025) (Song et al., 2024) (Davies et al., 2021) (Z. Liu y Ding, 2023) (Angrisani et al., 2023) (Cassi et al., 2008; Rho et al., 2020) (Dell'Anno y del Giudice, 2015) (Gerli et al., 2022; Polónia y Gradim, 2021)
3.Condiciones de mercado y competitividad tecnológica	Se centra en las fuerzas que moldean la viabilidad comercial de las innovaciones en salud, incluyendo la demanda de tecnologías, la competencia entre actores del sector, las barreras de entrada y la evolución de tendencias como la salud digital o la biotecnología. El análisis de estas condiciones permite anticipar oportunidades, mitigar riesgos y adaptar las estrategias de TT para alcanzar posicionamiento y sostenibilidad en mercados altamente regulados.	(Toca et al., 2018) (Hassan et al., 2016) (Lai y Tsai, 2008) (Min et al., 2019) (Min et al., 2020) (Y. Liu et al., 2024) (Salgado Martínez y Saravia Arenas, 2019) (Sapaloglu y Bolatan, 2022) (Kokot-Stepień y Krawczyk, 2023)
4. Cultura organizacional e institucionalidad relacional	Examina la disposición interna de las instituciones a gestionar y adoptar tecnologías, así como la confianza entre los actores que intervienen en los acuerdos de TT. Una cultura institucional abierta, proactiva y orientada al cambio, sumada a relaciones de confianza intersectorial, es clave para reducir fricciones y acelerar procesos de implementación tecnológica.	(López Mendoza y Mauricio, 2020) (Hassan et al., 2015) (Sung y Gibson, 2005) (Zhou et al., 2024) (Ashekele y Matengu, 2008) (Kokot-Stepień y Krawczyk, 2023) (Pivec y Potočan, 2021) (Do Nascimento Gambi y Debackere, 2025) (Grzegorzczak, 2019) (B. Liu et al., 2008) (Ocaña Samada et al., 2023)
5. Capacidades territoriales y condiciones locales	Se refiere a las particularidades geográficas, socioeconómicas e infraestructurales de cada territorio que inciden en la TT a nivel regional y local. Considera aspectos como la disponibilidad de talento humano, madurez del sistema de salud local, acceso a recursos de la región y necesidades específicas y focalizadas, que condicionan la eficacia de las estrategias de TT según el territorio donde se implementen.	(Hassan et al., 2016) (Lai y Tsai, 2008) (Ashekele y Matengu, 2008) (Fang y Xie, 2022) (Seleman y Bhat, 2016) (Holmén et al., 2025) (Gbadago, 2025) (Chooi et al., 2020) (Ma et al., 2022) (Koo, 2007) (Dai et al., 2024)

De acuerdo a los autores mencionados en la tabla anterior, un pilar esencial para diseñar una estrategia de transferencia tecnológica es contar con un *marco institucional y normativo* sólido, que incorpore políticas públicas estables, incentivos fiscales para I+D y un sistema ágil de protección de la propiedad intelectual, puesto que, es el que define las “reglas del juego” y reduce la incertidumbre legal que suele retrasar la formalización de acuerdos de transferencia (Hassan et al., 2015; Manatovna et al., 2023), principalmente cuando se trata de desarrollos tecnológicos en el sector salud.

Sobre esa base normativa se construye la *infraestructura colaborativa*, conformada por clústeres, hubs y redes de de I+D+i que integran universidades, hospitales, empresas y organismos regulatorios; estos espacios compartidos permiten el cofinanciamiento de laboratorios y la validación temprana de prototipos, acelerando el paso de la investigación al piloto clínico (Gerli et al., 2022; Polónia y Gradim, 2021; Zhou et al., 2024).

Sin embargo, ningún ecosistema puede prosperar sin atender las *condiciones de mercado y la competitividad tecnológica*, pues la viabilidad comercial de dispositivos médicos y soluciones sanitarias depende de la demanda real, las barreras de entrada y la rápida evolución de tendencias. En América Latina, la dependencia de importaciones tecnológicas y la falta de inversión en desarrollo local representan un desafío clave para la consolidación de un mercado competitivo de tecnologías sanitarias (Heeks et al., 2020; Pyka y Andersen, 2013).

En paralelo, la *cultura organizacional e institucionalidad relacional* actúa como facilitador de estos procesos: organizaciones con liderazgo comprometido, apertura al cambio y experiencia en colaboraciones previas logran acuerdos más ágiles y eficaces (Ocaña Samada et al., 2023). La confianza construida en estos entornos reduce fricciones en la definición de derechos de uso, reparto de beneficios y responsabilidades regulatorias (Pivec y Potočan, 2021).

Finalmente, estas dinámicas se modulan de manera decisiva según las *capacidades territoriales y condiciones locales*, que determinan dónde y cómo se pueden realizar ensayos clínicos, escalamiento productivo y despliegue de soluciones sanitarias (Seleman y Bhat, 2016). Solo al optimizar simultáneamente estos cinco factores se configura un entorno propicio para que la TT en salud no solo se concrete en acuerdos formales, sino que se traduzca en tecnologías seguras, efectivas y accesibles.

4.4.2. Factores asociados a la Tecnología en la Transferencia Tecnológica

El éxito de la TT en el sector salud no solo depende de su entorno regulatorio y estructural, sino también de las características intrínsecas de la tecnología que se transfiere. La evaluación de su madurez, su protección intelectual, su nivel de complejidad y su capacidad de adaptación a los entornos cambiantes son aspectos fundamentales que determinan su viabilidad y sostenibilidad en el mercado. En esta dimensión, se identificaron 6 factores clave que permitieron comprender la dinámica tecnológica dentro del proceso de TT, abarcando desde la medición de su impacto hasta su estrategia comercial y su integración en los sistemas de salud.

Tabla 2.

Factores tecnológicos determinantes para una TT efectiva en salud

Factor	Descripción del factor	Autores
1. Sistemas y mecanismos de medición y evaluación tecnológica	Engloba los instrumentos y métodos para evaluar el estado evolutivo y la solidez técnica de la innovación. Proporciona una base cuantitativa y cualitativa para tomar decisiones informadas sobre la viabilidad técnica de la tecnología a transferir.	(Makedon et al., 2024) (Tran, 2016) (Craiu et al., 2022) (Wang et al., 2014; Yoon et al., 2011) (Yu et al., 2016) (Tseng y Raudensky, 2014) (Carayannis, 2011)
2. Estrategia de protección y apropiabilidad tecnológica	Se enfoca en el desarrollo e implementación de estrategias legales y organizativas para salvaguardar las innovaciones, mediante patentes, licencias y medidas de confidencialidad. Asegura que la tecnología esté protegida contra imitaciones, permitiendo a las instituciones capturar el valor de la innovación.	(Prud'homme et al., 2018) (Parkany, 2016) (Han y Lee, 2013) (Tonisson y Maicher, 2015) (Dahl, 2020) (Säär y Rull, 2015) (Shankar et al., 2018) (Barber, 2024) (Z.-F. Yin et al., 2022)

Factor	Descripción del factor	Autores
3. Complejidad tecnológica y gestión de riesgos	Aborda la sofisticación inherente de las tecnologías en salud y los riesgos asociados a su transferencia (técnicos, de mercado, de apropiación, legales y humanos). Permite identificar, evaluar y mitigar barreras y riesgos, asegurando que la implementación de innovaciones se realice de forma segura y exitosa.	(Mowery, 1983); (Doran et al., 2024), (Carayannis et al., 2014) (Simms y Frishammar, 2024) (Ekboir, 2003) (Toso et al., 2016) (Durán et al., 2018) (Soto y Renard, 2015) (Jin et al., 2016)
4. Valoración tecnológica y estrategia comercial	Implica la evaluación integral del potencial de las innovaciones en salud, integrando criterios técnicos, económicos y sociales. Permite la estructuración de modelos de negocio que aseguren la protección y el aprovechamiento comercial de las innovaciones. Este factor es crucial para que las tecnologías desarrolladas en salud se consoliden en el mercado, generando ingresos y facilitando su escalabilidad.	(Han y Lee, 2013) (Jo y Park, 2020) (Toca et al., 2018) (Salgado Martínez y Saravia Arenas, 2019) (Henke, 2012) (Tummers et al., 2020) (Diebold et al., 2015) (Baglieri et al., 2018)
5. Ciclo de innovación y adaptabilidad tecnológica	Considera la capacidad de la tecnología para evolucionar tras la transferencia, incorporando retroalimentación clínica, nuevas funcionalidades y ajustes normativos. Este enfoque itera sobre versiones sucesivas, manteniendo la relevancia y competitividad de la solución en un entorno sanitario cambiante.	(Ding et al., 2009) (Huang et al., 2009) (Young Phillips, 2016) (Damianov, 2019) (Košturiak y Debnár, 2007) (Hafeez et al., 2020)
6. Capacidades operativas de I+D+i y escalamiento	Se centra en el diseño, la formulación y la mejora de procesos productivos para transformar la investigación en productos tangibles (medicamentos, dispositivos médicos, etc.), integrando las capacidades de I+D+i e infraestructura necesarias para el desarrollo y la optimización tecnológica. Garantiza que la tecnología esté lo suficientemente desarrollada, con recursos y procesos optimizados, para ser transferida de manera segura y efectiva.	(Lavoie y Daim, 2020) (Lavoie et al., 2022) (Mazurkiewicz et al., 2022) (Kruger y Steyn, 2020) (Battistella et al., 2023) (Olcay y Bulu, 2016)

Según la evidencia aportada por los estudios relacionados en la Tabla 2, los *sistemas y mecanismos de medición y evaluación tecnológica* son esenciales para fundamentar decisiones de inversión o colaboración en salud. Aunque los niveles de preparación tecnológica (TRL por sus siglas en inglés) son los más utilizados, modelos de medición complementarios como TRL-IS (integración de sistemas), Manufacturing Readiness Levels (MRL) y Market Readiness Levels (MaRL), ofrecen metodologías rigurosas para identificar brechas técnicas, evaluar riesgos y planificar el escalamiento de cualquier innovación (Salvador-Carulla et al., 2024). Los diferentes modelos de evaluación ayudan a determinar el grado de madurez de la tecnología

y su capacidad de integración en entornos clínicos y hospitalarios para determinar si una solución sanitaria está lista para avanzar.

Una vez que la tecnología alcanza un nivel mínimo de madurez, la estrategia de protección y apropiabilidad tecnológica entra en juego, definiendo patentes, licencias y acuerdos de confidencialidad que salvaguardan la innovación frente a imitaciones y establecen un marco legal que permite capturar el valor generado (Barber, 2024; Z.-F. Yin et al., 2022). Sin esta capa de seguridad, ni las instituciones públicas ni los socios privados arriesgarán recursos en desarrollos cuyo retorno sea incierto.

Asimismo, a medida que la complejidad técnica crece y las innovaciones incorporan biotecnología avanzada o plataformas de inteligencia artificial en salud, la *gestión de riesgos* se convierte en un ciclo ininterrumpido de detección, valoración y mitigación de amenazas (técnicas, regulatorias, de mercado y éticas) que protege la seguridad del paciente y refuerza la confianza de usuarios y autoridades. Estas tecnologías requieren, además, entornos de validación robustos y protocolos de protección de datos, auditorías algorítmicas y planes de contingencia que reduzcan la incertidumbre clínica y aseguren su eficacia y aceptación en entornos sanitarios (Larasati, 2023; Nascimento et al., 2024).

Con la tecnología validada y protegida, la *valoración tecnológica y estrategia comercial* traducen esas fortalezas técnicas en un modelo de negocio viable, mediante estudios de mercado, proyecciones de ingresos y esquemas de licenciamiento o joint ventures que garanticen su escalabilidad y sostenibilidad financiera. En salud, sin embargo, estas valoraciones enfrentan retos singulares dado que las innovaciones biomédicas, farmacéuticas, dispositivos médicos, requieren ciclos prolongados de ensayos clínicos, certificaciones regulatorias y validaciones científicas antes de salir al mercado (Abraham et al., 2015). Esta

trayectoria extensa eleva la incertidumbre, los costos y el riesgo para los inversionistas, complicando la estimación temprana de la viabilidad comercial

Asimismo, para mantener la relevancia de la innovación frente a cambios clínicos, regulatorios o de uso, el *ciclo de innovación y adaptabilidad tecnológica* promueve iteraciones sucesivas, mejoras de diseño, actualizaciones de software o ajustes normativos, que prolongan su competitividad y responden a nuevas necesidades sanitarias.

Finalmente, todo este proceso se soporta en *las capacidades operativas de I+D+i y escalamiento*, es decir, en la infraestructura física, el talento especializado y los procesos organizativos que permiten pasar de un prototipo a un producto manufacturado y distribuido con garantías de calidad y trazabilidad (Battistella et al., 2023). Al enlazar estos seis factores técnicos en un flujo coherente, la TT en salud puede convertirse en un motor de innovación efectivo y de alto impacto clínico y social.

4.4.3. Factores asociados a los Agentes en la Transferencia Tecnológica

El proceso de TT involucra a una diversidad de actores que desempeñan un papel clave en la generación, intermediación y adopción de innovaciones. La interacción entre estos agentes puede definir el éxito de la TT y determinar la capacidad de una tecnología para ser integrada de manera efectiva en los sistemas de salud. Para sistematizar su análisis, en la Tabla 3, se agrupan estos agentes en tres categorías principales: la fuente tecnológica, responsable de generar y preparar la innovación; los intermediarios, encargados de facilitar recursos, infraestructura y conexiones entre actores; y el receptor, quien asume la adopción e integración de la tecnología en el mercado. Además, se incorporó un factor transversal centrado en las capacidades de negociación y comercialización de todos los agentes.

De acuerdo con la literatura consultada (Ver Tabla 3), un proceso de TT eficaz en el sector salud depende de la conjunción de competencias específicas de fuentes, intermediarios

y receptores, y se caracteriza por su naturaleza iterativa: no avanza en línea recta, sino mediante ciclos de retroalimentación que incorporan actores en momentos distintos según la fase de desarrollo y las necesidades del sector (Liggins y Robinson, 2005).

Tabla 3.

Factores clave interinstitucionales en procesos exitosos de TT en salud

Categoría	Factor	Descripción del factor	Autores
1. Fuente Tecnológica (Universidades, Centros de I+D, Empresas de Base Tecnológica)	1.1. Cartera tecnológica y disponibilidad de activos complementarios	Se refiere a un inventario detallado de innovaciones con su nivel de preparación, brechas técnicas y rutas de escalamiento posibles, junto con la evaluación de activos complementarios (infraestructura, capacidad productiva, talento y canales de mercado). Con el cruce de ambos, la fuente puede decidir con criterio si internaliza el desarrollo, cede derechos o establece alianzas estratégicas que faciliten el escalamiento de una tecnología sanitaria.	(Craiut et al., 2022) (Nakanishi et al., 2007) (Surina et al., 2020) (Cameron, 2005) (Ceccagnoli y Hicks, 2013) (Teece, 1986) (Rothaermel y Hill, 2005) (Shaverdi y Yaghoubi, 2021)
	1.2. Gobernanza interna y equilibrio colaborativo	Se refiere a la capacidad de la fuente para estructurar y supervisar sus propios procesos de innovación, manteniendo al mismo tiempo alianzas estratégicas con la industria. Un esquema de gobernanza sólido garantiza autonomía técnica y gestión eficiente de recursos, mientras que el equilibrio colaborativo evita la dependencia excesiva de terceros y refuerza la resiliencia y productividad del ecosistema interno de I+D+i.	(Tolin et al., 2025) (Bozeman, 2000) (Wu et al., 2021) (Da Silva et al., 2022) (Mendoza y Sanchez, 2018)
2. Intermediarios (TTOs, incubadoras, aceleradoras, agencias de innovación, entidades financieras y organismos internacionales)	2.1. Redes de conexión y movilización de recursos	Se refiere a estructuras interinstitucionales, que, dentro del ecosistema, actúan como nodos activos de enlace. Estas redes gestionan financiamiento específico, acuerdos de codesarrollo y espacios de prueba para pilotos clínicos, reduciendo plazos de negociación y articulando de manera directa fuentes y receptores de tecnología, de modo que cada proyecto avance eficientemente desde el laboratorio hasta la clínica.	(Pollard, 2006) (Canto et al., 2012) (Ferraro y Iovanella, 2017) (Leischnig et al., 2014) (Gorschek et al., 2006)
	2.2. Infraestructura y soporte tecnológico	Se refiere a los servicios especializados que ofrecen los intermediarios, para acelerar el desarrollo y la certificación de innovaciones. Este soporte puede incluir asesoría en normativas sanitarias, facilidades para ensayos preclínicos y clínicos, acceso a equipamiento especializado y entornos regulados, permitiendo reducir riesgos técnicos y acortar la curva de maduración de las tecnologías antes de su llegada al mercado.	(Chapple et al., 2005) (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000) (Howells, 2006) (Granieri, 2019) (Agle et al., 2024)
3. Receptor (Hospitales, empresas del sector salud,	3.1. Capacidad de absorción y adaptación tecnológica	Se refiere a la aptitud de las instituciones receptoras para integrar de forma segura y eficiente nuevas innovaciones en su operación. Incluye disponer de la infraestructura adecuada	(Dell'Anno y del Giudice, 2015) (Postolache et al., 1989) (Zahra y

Categoría	Factor	Descripción del factor	Autores
instituciones gubernamentales)		(laboratorios, equipos médicos, plataformas TI), formar y certificar al personal en su uso, y asignar recursos financieros y administrativos suficientes. Una elevada capacidad de absorción acelera la implementación, reduce las brechas entre prototipo y práctica diaria, y asegura que la tecnología aporte valor real a los procesos de atención en salud.	George, 2002) (Nazeer et al., 2021) (Da Silva Florencio y Oliveira, 2022)
	3.2. Alineación estratégica y necesidades locales	Se refiere a la capacidad del receptor para articular sus prioridades sanitarias, diagnósticos críticos, brechas de tratamiento y flujos operativos, con las soluciones tecnológicas ofrecidas. Esta convergencia garantiza que la innovación desarrollada por la fuente responda a demandas reales del sistema de salud, maximice su aplicabilidad clínica y aumente la probabilidad de adopción sostenible en entornos hospitalarios y comunitarios.	(Queiroz y Coltman, 2013) (Chen et al., 2008) (Jabar y Soosay, 2010) (Fukugawa, 2013) (Tahmoonesnejad L. et al., 2011) (Hassan et al., 2015)
4. Transversal (Factor clave aplicable a todos los agentes en la TT)	4.1. Capacidades de negociación y comercialización	Se refiere a la habilidad de todas las partes para diseñar y acordar estructuras contractuales que repartan equitativamente riesgos, derechos y beneficios. Incluye además la definición de estrategias de entrada al mercado, modelos de ingresos, precios, canales de distribución y planes de escalamiento, garantizando que la transferencia tecnológica sea tanto eficaz como financieramente viable en el sector salud.	(Barney, 1991) (Baglieri et al., 2018) (D. Siegel et al., 2004) (Andrade et al., 2016) (Toca et al., 2018) (Padua Filho et al., 2019)

En primer lugar, estudios como los de (Shaverdi y Yaghoubi, 2021; Surina et al., 2020) resaltan la importancia de que las fuentes tecnológicas cuenten con una *cartera tecnológica* claramente inventariada de patentes, prototipos y ensayos, así como con la disponibilidad de infraestructura, talento y canales de mercado necesarios para cada ruta de escalamiento (internalización, licenciamiento o codesarrollo) además del análisis de *activos complementarios* con los que cuenta o que debe adquirir para establecer si es conveniente transferir o no (Teece, 1986). Asimismo, es fundamental la claridad en la *gobernanza interna* garantiza autonomía en la toma de decisiones y un *equilibrio colaborativo* que previene la dependencia excesiva de terceros (Wu et al., 2021).

Acto seguido, los intermediarios como las oficinas de transferencia, incubadoras y aceleradoras, se caracterizan por aportar *infraestructura y soporte tecnológico* (laboratorios

certificados, asesoría regulatoria, entornos de prueba) y promueven y gestionan la *creación de redes de conexión y movilización de recursos* (consorcios público-privados, hubs sectoriales) que articulan financiamiento, espacios de validación clínica y alianzas estratégicas. Estas plataformas operativas acortan plazos y reducen barreras al vincular directamente fuentes y receptores (Agle et al., 2024; Ferraro y Iovanella, 2017).

Por otra parte, en el extremo receptor, algunos autores como (Da Silva Florencio y Oliveira, 2022; Nazeer et al., 2021) subrayan que una elevada *capacidad de absorción*, que para el caso del sector salud comprende infraestructura clínica, personal formado y presupuestos asignados, junto con una clara *alineación estratégica* a necesidades sanitarias, asegura que las innovaciones respondan a demandas reales y se integren con rapidez en los entornos de salud.

Finalmente, sólidas *capacidades de negociación y comercialización* permiten diseñar acuerdos equitativos y modelos de ingreso sostenibles, asegurando que las tecnologías sanitarias cubran a la vez criterios de rentabilidad y de impacto social (Padua Filho et al., 2019). Así se articula un ecosistema robusto, capaz de trasladar descubrimientos del laboratorio al paciente de manera efectiva y perdurable.

4.5. Discusión de la revisión

A partir de la revisión realizada, la presente investigación se define considerando los siguientes elementos:

- ***Transferencia tecnológica vertical:*** La revisión evidenció que la TT en salud no debe entenderse únicamente como la entrega final de un producto en TRL 9, sino como un flujo continuo que atraviesa fases de investigación básica (TRL 1–3), prototipado y validación (TRL 4–6) y escalamiento clínico y comercial (TRL 7–9). Cada eslabón exige acuerdos de colaboración distintos e ignorar cualquiera de estos tramos conduce a cuellos de botella

donde las tecnologías sanitarias pueden quedarse detenidas por falta de ensayos preclínicos, validación reglamentaria y/o modelado de negocio. Una estrategia vertical integral articula entre sí estos niveles, asegurando que las capacidades y recursos requeridos estén disponibles de manera progresiva.

- ***Gestión ágil de normativa:*** Según la literatura el entramado regulatorio constituye el principal factor limitante para la TT en salud. La revisión identificó que los modelos más exitosos incorporan “ventanillas únicas” para trámites regulatorios, laboratorios acreditados para pruebas de conformidad y protocolos especiales de emergencia, lo que puede reducir en gran medida los plazos de aprobación. Priorizar en la propuesta metodológica mecanismos de interlocución permanente con autoridades sanitarias se vuelve esencial para evitar demoras costosas en las diferentes etapas de la TT.
- ***Gestión integral de riesgos:*** Las innovaciones en salud conllevan riesgos técnicos, éticos, regulatorios y económicos, exacerbados en contextos de escasa financiación local. La revisión subrayó la necesidad de marcos preventivos, modelos de co-inversión público-privada que distribuyan el riesgo financiero y un rol activo de los intermediarios para supervisar el cumplimiento de estándares de calidad. Incorporar herramientas de prospectiva y métricas de riesgo dinámicas, fortalece la confianza de inversionistas y facilita la toma de decisiones en fases tempranas, incrementando la tasa de éxito de tecnologías sanitarias en economías emergentes.
- ***Adaptación según el rol de cada actor regional:*** El éxito de la TT en salud en economías en desarrollo radica en mapear y potenciar las capacidades específicas de cada agente local. Los factores obtenidos en la dimensión de agentes que participan en el proceso de transferencia, evidencia que, al segmentar a universidades, hospitales, empresas y autoridades regulatorias, es posible diseñar acuerdos y herramientas a medida que aprovechen el talento, la infraestructura y la experiencia de la región. Este enfoque acelera

la puesta en marcha de pilotos clínicos, impulsa prototipos ajustados a las realidades locales y genera modelos de colaboración reproducibles en ciudades intermedias, fortaleciendo la soberanía tecnológica y la escalabilidad territorial.

5. Caracterización del proceso de gestión y formalización de acuerdos de TT

En esta segunda fase del estudio se presenta un diagnóstico territorial de la transferencia tecnológica en salud en Santander, partiendo de la revisión de la industria regional, sus actores institucionales y el inventario de tecnologías sanitarias disponibles. Luego de este panorama, se contrastan esos hallazgos con los factores clave y riesgos identificados en la literatura, validándolos frente a la realidad local mediante entrevistas con expertos. Finalmente, se realizó un análisis comparativo que integró estos insumos para revelar patrones de éxito y obstáculos recurrentes, “preparando el terreno” para la propuesta metodológica que guiará a las instituciones de salud desde la conceptualización de la transferencia hasta la firma de acuerdos efectivos. Los detalles de la metodología de caracterización, un enfoque cualitativo-descriptivo, conforme a (Hernández Sampieri, 2010) se pueden consultar en el Apéndice E.

5.1. Revisión documental y diagnóstico territorial

El primer paso consistió en delimitar el estado del ecosistema de TT en salud en Santander. Para ello, se llevó a cabo una revisión documental sistemática de normas, documentos técnicos, fuentes institucionales y datos cuantitativos. A continuación, se exponen los hallazgos más relevantes de este primer componente metodológico, diseñado para detectar las fortalezas, brechas y prácticas consolidadas en el territorio.

5.1.1. Innovación de la industria del sector salud en Santander

Santander cuenta con un ecosistema de innovación activo, aunque con retos evidentes que se exponen a continuación: según el IDC 2025, ocupa el puesto 12 de 32 en “Ecosistema innovador” con 45,3 puntos, superado por Antioquia (58,7) y Cundinamarca (55,1). Si bien

destaca en “Capital humano” (8.º, 51,2) y “Eficiencia de los mercados” (10.º, 47,5), sus bajos resultados en “Condiciones habilitantes” (15.º, 40,7) y “Entorno regulatorio y normativo” (16.º, 38,4) indican la urgencia de robustecer infraestructura, financiamiento y agilidad en trámites para la innovación en salud (CPC & Universidad del Rosario, 2025). Estos hallazgos se alinean con el Índice Global de Innovación 2024, que ubica a Colombia en el puesto 61 de 132 con un puntaje de 29,2/100, gracias a una adopción destacada de TIC y salud digital, pero penalizada por la débil infraestructura de I+D y escaso financiamiento, obstáculos que dificultan la conversión de la investigación en productos sanitarios escalables (WIPO, 2024).

Para contrarrestar estas brechas, (Minciencias, 2024) orientó sus esfuerzos hacia la Misión de Soberanía Sanitaria y el Fondo de Investigación en Salud (FIS), invirtiendo más de \$4 900 millones en proyectos de vacunas y medicamentos con componentes de transferencia tecnológica desde su concepción local. Complementariamente, el Diagnóstico del Sector CTeI en Santander (Guerrero Rincón et al., 2025) destacó la existencia de clústeres en Bucaramanga, una red creciente de incubadoras y laboratorios universitarios y una estrategia departamental de alianzas público-privadas fundamental para los procesos de transferencia, aunque señaló la fragmentación en la coordinación con la autoridad sanitaria regional y la necesidad de diversificar fuentes de financiamiento para consolidar un ecosistema sostenible.

A nivel local, la Cámara de Comercio de Bucaramanga 2024 reveló que el sector salud aporta cerca del 12 % del PIB regional, con un crecimiento anual del 8 % en empresas de tecnología sanitaria; identificó nueve patentes en biotecnología, software clínico y dispositivos biomédicos (2021-2023) y la emergencia de spin-offs universitarios en validación clínica, especialmente vinculados al Clúster de Salud de Santander (CIE & CCB, 2024). Sin embargo, el mismo informe advirtió la necesidad de fortalecer la formación y retención de talento especializado, dado que, sin profesionales capacitados en áreas como bioingeniería, regulación

sanitaria y gestión de innovación, las organizaciones enfrentan dificultades para consolidar proyectos de I+D y escalar prototipos clínicos a producción masiva.

En conjunto, estas evidencias subrayan la necesidad de: (i) fortalecer la gobernanza sanitaria mediante mecanismos de coordinación público-privada y de enlace directo con el SNCTI; (ii) potenciar la formación y retención de talento especializado; (iii) agilizar la regulación y el financiamiento de proyectos sanitarios; y (iv) consolidar redes interdisciplinarias que transformen la investigación médica en soluciones clínicas escalables. Esta caracterización macro contextualiza el análisis de capacidades institucionales y el panorama tecnológico regional que sustentan la propuesta metodológica para el departamento.

Finalmente, al contrastar este diagnóstico con los cinco factores de entorno identificados en la literatura, se confirma su vigencia y surge un elemento adicional: la urgencia de un mecanismo de *gobernanza sanitaria regional* que integre de manera fluida a hospitales, EPS, secretarías de salud, universidades, clústeres, OTRIs e industria, que tomen decisiones frente a la priorización de tecnologías emergentes, la articulación de procesos regulatorios y de financiamiento, y la vigilancia conjunta del escalamiento de innovaciones hasta su adopción clínica. Esto permitirá reducir solapamientos, acelerar trámites y garantizar un despliegue coherente y sostenible de soluciones sanitarias en Santander.

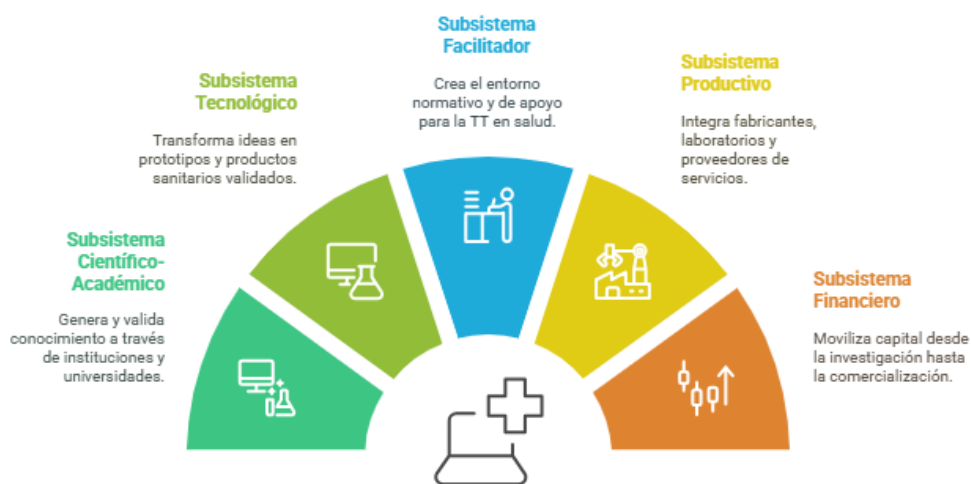
Este enfoque se nutre de la estrategia del Ministerio de Salud, que desde 2022 promueve congresos de redes integrales, talleres de evaluación de funciones esenciales y, en 2024, un programa de entrenamiento en gestión territorial de la salud; cuyo fin es la creación de un espacio participativo de coordinación técnica de seis meses para articular a las autoridades sanitarias, EPS y universidades regionales (Minsalud, 2024). Incorporar este enfoque garantizaría que la innovación en salud deje de ser una función aislada y se convierta en un proceso integrado, eficiente y con impacto real en la atención clínica de Santander.

5.1.2. Actores y capacidades institucionales

La eficacia de la TT en salud depende en gran medida de la articulación de diversos actores, cuya coordinación y capacidades determinan tanto la generación de conocimiento como su transformación en innovaciones clínicas (Ocaña Samada et al., 2023; Polónia y Gradim, 2021). Para la clasificación de actores se consideró la adaptación del modelo de Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SRCTI) presentada en el (PEDCTI, 2020) y la estructura del sistema de salud según Minsalud, con el fin de visualizar la composición del ecosistema de innovación y los papeles y funciones de los actores involucrados, el cual se estructura en cinco subsistemas: tecnológico, científico – académico, financiero, productivo y facilitador. A continuación, se describe sus actores principales, su interconexión y en el Apéndice F se puede consultar la descripción detallada de cada uno.

Figura 9.

Estructura del Sistema de Actores que inciden en la TT del sector salud



Nota: Adaptado de (Minsalud, 2015; PEDCTI, 2020)

En el subsistema científico–académico, la solidez de la investigación está concentrada en centros de excelencia como la Fundación Cardiovascular de Colombia y en grupos consolidados de la UIS, la UDESy la FOSCAL; sin embargo, su impacto en transferencia se ve

limitado por la falta de rutas formales que garanticen la continuidad desde la generación de conocimiento hasta el mercado. El tecnológico, representado por el Parque Tecnológico y laboratorios acreditados de las diferentes universidades en alianza con hospitales, muestra capacidad para convertir hallazgos en prototipos, pero enfrenta desafíos de escalabilidad al carecer de infraestructura certificada para ensayos clínicos y validaciones regulatorias. En el subsistema financiero, entidades como Idesan, Bancóldex, Findeter y el Fondo de Garantías-FGS e Innpulsa, disponen de instrumentos sólidos de capital, aunque su focalización en etapas avanzadas de madurez tecnológica deja un vacío de financiamiento semilla para desarrollos tempranos. El productivo, integrado por pequeños y medianos fabricantes de dispositivos médicos y el Clúster de Salud de Santander, cuenta con experiencia operativa en ensayos de campo, pero su dependencia de insumos importados limita la autonomía regional y retrasa la adopción de innovaciones locales. Finalmente, el facilitador, compuesto por el Ministerio de Salud, el INVIMA, las secretarías locales, Oficinas de TT universitarias, la OTRI Regional y comités interinstitucionales como el CODECTI y el CUEES, establece el marco normativo y de gobernanza, aunque la multiplicidad de actores y los pocos mecanismos de articulación, diluyen la agilidad regulatoria necesaria para acelerar acuerdos de co-desarrollo. Este análisis pone de relieve que, aunque cada subsistema aporta capacidades valiosas, la cohesión intersistémica y la alineación de incentivos siguen siendo la principal barrera para una transferencia tecnológica efectiva en Santander.

Al integrar los cinco subsistemas con los factores clave de los agentes, surgen conclusiones que orientan la incorporación de nuevos elementos. La solidez del subsistema fuente (tecnológico y científico-académico) descansa en su cartera de activos (laboratorios, patentes y prototipos) y en una gobernanza interna eficaz. Sin embargo, el análisis de los actores revela que la palanca decisiva para elevar la calidad y la velocidad de la transferencia tecnológica a nivel local es la interconexión entre los grupos y centros de investigación, dada

la creciente multidisciplinariedad de las innovaciones en salud. Del mismo modo, la especialización y la formación continua del personal encargado de gestionar tecnologías y procesos de transferencia resultan imprescindibles para armonizar la colaboración entre disciplinas.

Para identificar con precisión la capacidad científica y académica que tiene el departamento para las innovaciones sanitarias, se cartografiaron las líneas de investigación de los 303 grupos reconocidos por Minciencias en Santander (Ver Apéndice G). De este total, 62 grupos pertenecen al sector salud mientras que 19 más, procedentes de campos como Computación y Ciencias de la Información, Diseño, Ingeniería de Materiales, Ingeniería Química, Economía y Negocios e Ingeniería Eléctrica y Electrónica, están trabajando activamente en proyectos de I+D en salud. Este diagnóstico confirma la necesidad de fortalecer la interconexión entre fuentes y de impulsar programas de capacitación especializada que garanticen la cohesión y la eficacia de las redes multidisciplinarias.

Los intermediarios del subsistema facilitador no solo validan y licencian las innovaciones mediante sus redes y su infraestructura de propiedad intelectual, sino que requieren gestores genuinamente formados en regulación sanitaria y negociación de licencias para agilizar trámites y reducir tiempos de aprobación. Por su parte, la capacidad de absorción y adaptación tecnológica del subsistema productivo (fabricantes farmacéuticos, empresas de dispositivos y hospitales) quienes en la mayoría de los casos asumen el rol de receptores, depende tanto de su alineación con las necesidades locales como del estricto cumplimiento de la normativa de entidades como el INVIMA, garantizando así una integración correcta de las tecnologías transferidas. El respaldo financiero, articulado a través de líneas de crédito y fondos de riesgo, enfrenta el reto de evaluar proyectos multidisciplinarios (desde telemedicina hasta prótesis avanzadas), lo cual demanda analistas especializados en metodologías clínicas y en modelos de negocio del sector salud.

Finalmente, el factor transversal de la negociación se potencia cuando todos los actores comparten un lenguaje común de transferencia tecnológica y dominan habilidades colaborativas; de modo que la *excelencia técnica en I+D+i*, sustentada en la formación especializada y el dominio de metodologías avanzadas, deje de ser un simple componente para convertirse en factor fundamental que sincroniza cartera, redes, absorción, alineación y acuerdos, cerrando eficazmente el ciclo desde el laboratorio hasta el paciente.

5.1.3. Panorama de tecnologías en salud del Ecosistema Regional

Este panorama resulta esencial para entender cómo las capacidades tecnológicas de Santander se traducen en innovaciones sanitarias relevantes, pues combina el análisis de las solicitudes de patentes (Ver Apéndice H) con los factores críticos de la literatura especializada. Entre 2000 y 2024, el departamento de Santander ha dirigido sus esfuerzos innovadores principalmente al sector químico (con énfasis en materiales y procesos farmacéuticos), a la ingeniería mecánica, a la tecnología médica e instrumental y a la electricidad-electrónica, consolidando así una base sólida de laboratorios y grupos académicos capaces de prototipar, validar preclínicamente y proteger nuevas soluciones. Al mismo tiempo, las TIC aplicadas a la salud, aunque aún marginales en el registro de patentes, reflejan un nicho con alto potencial, respaldado por líneas consolidadas en telemedicina, bioinformática y diseño (Ver Apéndice G).

En el contraste con los factores de tecnología (Ver apartado 4.4.2), se destacan dos brechas especialmente relevantes: en primer lugar, la apropiabilidad se ha cimentado casi exclusivamente en patentes de utilidad, relegando otras herramientas de protección como modelos de diseño y secretos industriales y, con ello, limitando el potencial de captura de valor. En segundo lugar, la escasa patentabilidad en áreas propias de la nueva era digital sugiere la necesidad de reorientar la I +D + i regional hacia la integración de inteligencia artificial, big data, Internet de las Cosas y plataformas inteligentes de gestión hospitalaria, campos para los

cuales Santander ya dispone de capacidad instalada en sus distintos subsistemas para llegar de manera inicial a niveles intermedios de maduración tecnológica. Además, resulta imprescindible incorporar la *interoperabilidad* como criterio de diseño y protección desde el origen, asegurando que todas las soluciones cumplan con estándares internacionales de intercambio de información clínica para maximizar su adopción y escalabilidad. Superar estas brechas, permitirá convertir el creciente portafolio de PI de la región en innovaciones sanitarias de alto impacto, optimizando la transferencia en las diferentes etapas de escalamiento.

5.2. Validación de factores clave e identificación de riesgos

Para garantizar la pertinencia y aplicabilidad de los elementos y factores identificados en la fase documental y la revisión, este apartado presenta los resultados de la validación realizada mediante entrevistas semiestructuradas con expertos del sector salud, la academia, la industria y los organismos de apoyo a la innovación en Santander. El propósito de esta etapa fue confrontar las brechas y fortalezas detectadas con la experiencia y el juicio de profesionales que participan activamente en el ecosistema regional de transferencia tecnológica.

Para la selección de los expertos se aplicó la metodología de muestreo por criterio o juicio experto, la cual consistió en elegir intencionalmente a profesionales que, por su trayectoria académica, investigativa y de gestión, pudieran aportar conocimiento relevante y profundo sobre la dinámica de transferencia tecnológica en el sector salud. Se seleccionaron seis expertos (Ver Tabla 5) provenientes de distintas áreas estratégicas: oficinas de transferencia tecnológica, dirección de investigación e innovación, grupos de investigación en ingeniería biomédica y centros de investigación en salud. Esta diversidad de perfiles permitió recoger una visión amplia e integral sobre las capacidades, prioridades y riesgos de la región en materia de transferencia tecnológica.

Tabla 4.*Relación de expertos y sus roles institucionales*

Institución	Rol del experto
OTRI Estratégica de Oriente Santander	Directora OTRI Regional
UIS – Universidad Industrial de Santander Dirección de Transferencia de Conocimiento	Directora de Transferencia
UDES-Universidad de Santander Instituto MASIRA	Director Científico
UIS – Universidad Industrial de Santander Grupo de Investigación BIVL2ab	Coordinadora programa de Ingeniería Biomédica y del Grupo de investigación
USTA-Universidad Santo Tomás-Bucaramanga	Directora de Investigación e Innovación
Clúster de Salud de Santander	Director del Clúster de Salud Santander

Las entrevistas se guiaron mediante un conjunto de preguntas orientadoras formuladas a partir de los factores identificados en las fases previas, organizadas en doce categorías analíticas (Ver Tabla 6). Esta estructura permitió agrupar los resultados de forma sistemática y comparar las perspectivas de los distintos actores. La metodología completa, incluyendo la selección de expertos, sus perfiles, las transcripciones y las matrices de análisis categorial por actor, se documenta de manera detallada en el Apéndice I.

A continuación, se sintetizan los hallazgos más relevantes obtenidos en las entrevistas:

Tabla 5.*Aportes analíticos de expertos para el fortalecimiento del proceso de TT*

Categoría	Resumen de aportes de los expertos
1. Papel del actor en el SNCTI regional	Los expertos coinciden en que las universidades y centros de investigación constituyen el núcleo creador de conocimiento en salud, aunque su impacto en la transferencia varía según su grado de institucionalización. Las direcciones de transferencia y oficinas de TT universitarias suelen gestionar licenciamientos, spin-offs y PI, mientras que centros como Masira refuerzan la investigación sin mecanismos formales de comercialización. A su vez, la OTRI Estratégica de Oriente impulsa proyectos desde la evaluación de TRL hasta licenciamientos interdepartamentales, y el Clúster de Salud coordina a academia, industria y gobierno para responder a necesidades clínicas, si bien requiere mayor compromiso sostenido. Estas diferencias subrayan la prioridad de implementar metodologías y herramientas de gobernanza que articulen eficazmente a creadores de tecnología, facilitadores institucionales y usuarios finales en el ecosistema de salud de Santander.

Categoría	Resumen de aportes de los expertos
2. Procesos formales de transferencia	<p>Los procesos formales de TT en Santander, aunque existen en la mayoría de las universidades y centros de investigación, adolecen de estandarización y suelen alargarse por trámites innecesarios. Mientras algunas unidades se basan únicamente en el Reglamento de PI sin guías visuales ni rutas claras para evaluar madurez tecnológica, mercado o impacto económico, otras, como la OTRI regional, han implementado flujos que abarcan desde el diagnóstico inicial hasta la comercialización. No obstante, todos los expertos coinciden en que la excesiva burocracia y la falta de acompañamiento más allá de la PI, sumadas a los prolongados tiempos regulatorios de INVIMA, desplazan la responsabilidad de buscar socios industriales o financiamiento hacia los investigadores y grupos, y constituyen una barrera crítica para avanzar hacia la comercialización efectiva.</p>
3. Mecanismos de transferencia utilizados	<p>El licenciamiento, en sus versiones gratuitas, comerciales y de prueba temprana, sigue siendo el principal vehículo de transferencia en Santander, complementado por la aparición de spin-offs que están convirtiendo proyectos científicos en empresas de base tecnológica. Las oficinas de transferencia y los clústeres regionales también recurren a acuerdos de confidencialidad, convenios de investigación conjunta y la participación en ferias y retos de innovación para conectar inventores con la industria. Sin embargo, estos mecanismos se aplican de manera desigual: muchos actores aún no han explorado los spin-offs o el capital de riesgo, y la mayoría de los desarrollos quedan estancados en prototipos por falta de socios industriales consolidados o financiamiento suficiente.</p>
4. Casos exitosos	<p>En Santander se han dado ejemplos de TT exitosos gracias a la colaboración estrecha entre diversos actores, como el software de biorepositorios licenciado al INS, tecnologías de privacidad en imágenes médicas probadas en entornos beta y dispositivos de telemonitoreo para quemaduras validados en hospitales regionales, junto con semilleros de innovación que se han destacado en eventos científicos. Sin embargo, la mayoría de los proyectos que surgen en los grupos se han quedado en la fase de prueba de concepto, sin avanzar a licenciamiento ni producción masiva por barreras de mercado y falta de financiamiento. Esta desigual madurez evidencia la importancia de sistematizar los modelos de involucramiento temprano de hospitales y rutas claras de validación clínica.</p>
5. Estrategia de protección de Propiedad Intelectual (PI)	<p>La protección de la PI en la región ha evolucionado de depender casi exclusivamente de convocatorias externas (Minciencias, Cámaras de Comercio) a incorporar políticas internas que valoran cada invención según su nivel de madurez ($TRL \geq 4$), su escalabilidad, el riesgo de obsolescencia, las oportunidades de mercado y las redes de contacto existentes. Con base en estos criterios, las instituciones deciden si patentar, licenciar o liberar la tecnología al dominio público. No obstante, el alto costo de conservar patentes sin una hoja de explotación comercial consolida un reto persistente. Por ello, los expertos aconsejan complementar las patentes de utilidad con registros de diseño y secretos industriales, diversificando los mecanismos de apropiabilidad y maximizando el retorno institucional.</p>
6. Apoyo en comercialización	<p>El apoyo a la comercialización en Santander aún es incipiente y desigual: las oficinas de transferencia ofrecen principalmente asesoría legal y contratos en las etapas iniciales, pero no aseguran acuerdos comerciales ni acceso a inversionistas especializados. Aunque algunas OTRI promueven tecnologías en boletines y eventos, el verdadero impulso proviene de las redes personales de los investigadores, más que de procesos institucionalizados. Centros de investigación carecen de un mecanismo de “broker tecnológico” que, con personal y recursos dedicados, coordine la evaluación de mercado, la búsqueda de socios y la negociación de contratos de forma continua. Establecer esta función es clave para convertir los desarrollos sanitarios de alto valor clínico en productos comercializables y escalables.</p>

Categoría	Resumen de aportes de los expertos
7. Barreras para acuerdos exitosos	Los expertos coinciden en que la TT en salud en Santander se ve limitada por una cultura colaborativa débil entre academia e industria, trámites regulatorios prolongados ante INVIMA y permisos de datos clínicos, y propuestas técnicas sin énfasis comercial que desalientan a posibles socios. Además, la protección prematura de invenciones y la falta de uso de mecanismos de apropiabilidad diversificados reducen el atractivo de los proyectos para inversionistas. Sin medidas que simplifiquen procesos, fortalezcan la negociación y adecúen la estrategia de PI a la madurez real de cada desarrollo, los acuerdos seguirán siendo esporádicos y de bajo alcance.
8. Factores críticos en sector salud	En el sector salud, la TT se ve condicionada por retos singulares: exige talento humano con formación clínica, estadística y normativa sanitaria avanzada, así como infraestructura especializada (laboratorios preclínicos, bancos de muestras y plataformas de datos) cuya ausencia encarece y dilata los desarrollos. A esto se suma la complejidad regulatoria, con esquemas de aprobación distintos para fármacos, dispositivos médicos y nutracéuticos, y la lentitud burocrática de procesos como los del INVIMA, que prolongan los ciclos de innovación más allá de lo aceptable para inversores. La falta de acceso a datos clínicos adecuados y el escaso involucramiento temprano de hospitales y profesionales agravan estas barreras, creando vacíos de información críticos que elevan el riesgo de fracaso en fases posteriores.
9. Nivel de articulación con actores externos	En Santander, la vinculación entre academia, industria y gobierno existe, pero opera de forma dispersa y depende más de contactos puntuales que de una estrategia regional consolidada. Aunque la OTRI Estratégica de Oriente y la participación en ferias aportan canales de conexión, la ausencia de espacios permanentes e interlocución sistemática para la divulgación oportuna de portafolios tecnológicos limita la visibilidad de innovaciones y la detección temprana de sinergias. Para fortalecer el ecosistema, los expertos sugieren crear plataformas permanentes de “matching” tecnología-empresa y comités interinstitucionales periódicos que impulsen una articulación continua y estructurada.
10. Retos institucionales y estructurales	Los expertos coinciden en que el avance de la TT en salud en Santander se ve frenado por tres desafíos estructurales: la falta de infraestructura especializada —desde laboratorios de prototipado rápido hasta unidades de validación clínica— que dilata la maduración de invenciones; la carencia de una cultura de innovación que premie el impacto tecnológico por encima de las publicaciones académicas; y la insuficiencia de financiamiento sostenido, capaz de soportar los altos costos y largos plazos de validación. Para superar estas barreras, resulta imprescindible desplegar infraestructura compartida de I+D+i, redefinir los incentivos académicos para valorar la transferencia y garantizar líneas de crédito específicas para proyectos sanitarios, de modo que el ciclo completo desde el laboratorio hasta el paciente se articule de forma fluida y sostenible.
11. Alianzas internas y oportunidades	Los expertos coinciden en que Santander ha fortalecido la formación en innovación desde etapas tempranas en ingeniería y áreas biomédicas, lo que, junto al Clúster de Salud y al Parque Tecnológico, ha favorecido el desarrollo de startups de Health Tech y Health Care con pilotos en entornos controlados y vínculos con posgrados para impulsar la comercialización. Sin embargo, estas alianzas operan de forma dispersa y dependen de iniciativas aisladas, por lo que es necesario establecer mecanismos de gobernanza que articulen la oferta académica, la demanda industrial y los recursos del Parque Tecnológico en rutas de co-desarrollo, garantizando un aprovechamiento sostenido del talento y la infraestructura regional.
12. Perspectiva regional (Santander)	La perspectiva regional sobre la TT en salud en Santander revela un ecosistema en crecimiento, sustentado por capacidades de investigación consolidadas y el impulso de clústeres y parques tecnológicos, pero aún marcado por una madurez insuficiente en los procesos de comercialización y articulación institucional. Los expertos coinciden en que, si bien las empresas locales muestran disposición para innovar, carecen de rutas claras para acceder al conocimiento generado en universidades y centros de investigación, lo que

Categoría	Resumen de aportes de los expertos
	limita la visibilidad y el aprovechamiento de las patentes y prototipos disponibles A pesar de esta desarticulación, organismos como la OTRI Regional han ganado reconocimiento nacional e internacional por su labor de puente regional, evidenciando que, con “victorias tempranas” y una mayor coordinación entre academia, gobierno e industria, Santander podría consolidar un ecosistema de TT más robusto y sostenible

5.3. Análisis comparativo e integración de hallazgos

Al contrastar estos hallazgos con los 18 factores extraídos de la literatura (Ver Capítulo 4), se confirma que muchos guardan plena relevancia en el contexto regional: desde la necesidad de una gestión ágil del marco normativo y ético robusto que caracteriza a este sector, hasta la formación de redes de co-desarrollo sostenibles y la adopción de un sistema riguroso de medición de madurez tecnológica integrado con evaluaciones de riesgo.

Al mismo tiempo, se identificaron cuatro nuevos factores que exigen intervención prioritaria para traducir esa alineación en transferencia efectiva de tecnología en salud regional:

- **Gobernanza sanitaria regional:** Este factor alude a la creación de un mecanismo de coordinación permanente entre las distintas instancias que intervienen en la TT en salud: las autoridades regulatorias (INVIMA), las oficinas de TT (OTRI regional y OTT universitarias), el Clúster de Salud y las Secretarías de Salud departamental y municipal. Su operatividad se basa en protocolos compartidos, mesas interinstitucionales periódicas y sistemas de toma de decisiones consensuadas que permitan homologar criterios de evaluación, homogeneizar tiempos de aprobación y definir rutas claras para la gestión de permisos, licencias y acceso a datos para validaciones clínicas. Al reducir la fragmentación y acelerar las articulaciones, esta gobernanza facilita que un prototipo pase de un laboratorio universitario a un piloto clínico con mayor celeridad y menor incertidumbre jurídica.
- **Excelencia técnica en I+D+i:** Se centra en el fortalecimiento continuo de las competencias del capital humano (investigadores, técnicos de laboratorio, gestores de transferencia y profesionales de apoyo) a través de programas de formación avanzados en áreas críticas

como bioingeniería, data science, diseño de dispositivos médicos y regulaciones sanitarias. Este factor implica no solo ofrecer cursos y certificaciones, sino también fomentar la rotación de personal entre laboratorios, hospitales y empresas, la realización de pasantías en centros de referencia y la creación de comunidades de práctica que compartan lecciones aprendidas. De esta forma, se eleva el nivel de los desarrollos, se reduce la curva de aprendizaje en nuevas tecnologías y se garantiza que cada invención cumpla con estándares internacionales de calidad desde sus etapas iniciales.

- ***Interoperabilidad clínica integral:*** Consiste en incorporar desde la fase de diseño los estándares y protocolos que permiten la comunicación fluida de datos entre dispositivos, plataformas de telemedicina y los sistemas de información hospitalarios existentes. Esto requiere adoptar normas como HL7 y FHIR, así como asegurar la compatibilidad con historias clínicas electrónicas, laboratorios y redes de salud pública. La estrategia abarca el desarrollo de APIs estandarizadas, la validación temprana en entornos reales y la colaboración con departamentos de TI de los hospitales para implementar pruebas de integración. Al garantizar esta conectividad, se evita que cada innovación quede aislada y se facilita su escalamiento, implantación y mantenimiento en la infraestructura regional.
- ***Incentivos estratégicos para la TT en salud:*** Este factor promueve el diseño de un paquete integral de estímulos (económicos, de carrera y de visibilidad institucional) que alinee los objetivos de investigadores y gestores con las metas de transferencia. Incluye la creación de fondos semilla internos, bonificaciones por patentes o licencias exitosas, reconocimientos públicos en eventos académicos y profesionales relevantes para la industria de la salud, así como la incorporación de indicadores de impacto tecnológico en los procesos de evaluación de desempeño y promoción académica.

En conjunto, estos 22 factores y la consolidación de aportes de los expertos, configuran el marco operativo y cultural de la propuesta metodológica, poniendo de relieve las capacidades

consolidadas de Santander, definiendo las prioridades de acción y advirtiendo los riesgos a mitigar; al mismo tiempo, sirvieron de guía para el estudio de casos de la siguiente fase, donde se busca extraer prácticas replicables y acciones clave que faciliten acuerdos de transferencia tecnológica en salud en la región.

6. Facilitadores de la gestión y formalización de acuerdos de TT

Esta tercera fase del estudio se planteó con el propósito de identificar las acciones decisivas que facilitan la gestión y formalización de acuerdos de colaboración en transferencia tecnológica (TT) dentro del sector salud, poniendo el foco en los actores que integran el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) según Minciencias, y que a su vez conforman el ecosistema regional de TT (universidades, grupos, centros e institutos de investigación, unidades de I+D+i y oficinas de transferencia) constituyendo los nodos estratégicos y palancas normativas y organizativas que determinan la efectividad de cualquier alianza. Al centrar el análisis en organizaciones con perfil y trayectoria similares a las presentes en Santander, se maximiza el grado de replicabilidad de los hallazgos.

El análisis resaltó las condiciones institucionales más propicias, buenas prácticas identificadas y criterios de éxito observados, con el fin de derivar recomendaciones diferenciadas según el rol de cada actor, alimentando el diseño de una guía metodológica pragmática y contextualizada para el sector salud regional.

Para su desarrollo, se adoptó un enfoque cualitativo-exploratorio mediante el diseño de estudio de caso múltiple y comparativo (Yacuzzi, 2005; R. Yin, 1994), adecuado para analizar fenómenos sociales complejos y multidimensionales como lo es el proceso de transferencia, donde el investigador no interviene ni controla el desarrollo de los eventos.

A continuación, se presenta una ficha técnica que sintetiza los componentes del estudio, incluyendo los criterios de identificación y selección de casos, las fuentes de información

utilizadas, el método de análisis para codificar prácticas replicables y otros elementos clave que aseguran la rigurosidad del proceso.

Tabla 6.

Ficha técnica para el análisis de casos exitosos de TT en el sector salud.

Ficha técnica para el análisis de casos exitosos de transferencia tecnológica en el sector salud	
Nombre del estudio	Identificación de acciones y buenas prácticas que facilitan la gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en el sector salud del departamento de Santander.
Técnica de recolección de la información	Estudio de caso múltiple y comparativo, siguiendo la metodología de Yin (1994) y Yacuzzi (2005).
Unidad de análisis	Acciones institucionales que favorecen la gestión y formalización de acuerdos de transferencia tecnológica en el sector salud.
Tipo o clase de muestreo	No probabilístico
Método de muestreo	A conveniencia y relevancia teórica.
Fuentes de información	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación institucional y literatura académica sobre casos nacionales (informes de gestión, portafolios tecnológicos, estrategias de transferencia). - Casos exitosos de transferencia tecnológica reportados en bases de datos científicas, en la base de datos Scopus, utilizando su reciente complemento de inteligencia artificial (Scopus IA) - Artículos de la revista The Journal of Technology Transfer y otras publicaciones indexadas en transferencia tecnológica. - Fragmentos de entrevistas realizadas en el segundo objetivo a seis actores clave del SNCTI en Santander asociado a las prácticas clave. - Informes técnicos y reportes de observatorios de ciencia, tecnología e innovación (OCyT Colombia, UNESCO, BID, WIPO).
Niveles de análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Local: Casos de éxitos de TT en salud documentados por actores del SNCTI en Santander. - Nacional: Casos de éxitos de TT en salud documentados por actores del SNCTI de las demás regiones de Colombia. - Latinoamericano: Casos de éxitos de TT en salud de actores del Sistema de Innovación Nacional en Brasil, México, Chile y Argentina, por similitud de contexto regulatorio e institucional. - Internacional: Casos de éxitos de TT en salud de actores referentes de EE. UU. y Europa, escogidos por su trayectoria consolidada en modelos de transferencia tecnológica.
Criterios de selección de casos exitosos	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pertinencia sectorial</i>: Casos asociados al sector salud (p. ej. biotecnología, dispositivos médicos, farmacéutica, TICs aplicadas a salud). - <i>Formalización efectiva</i>: Casos que hayan resultado en la firma de acuerdos de colaboración, codesarrollo o creación de spin-offs/Startups. - <i>Resultados verificables</i>: Casos con evidencia documentada de resultados o impactos (p. ej. publicaciones, informes institucionales, evaluaciones externas, artículos de revista). - <i>Escalabilidad o replicabilidad</i>: Casos considerados modelo o referente para otros actores del ecosistema. - <i>Actualidad</i>: Casos publicados o documentados en los últimos 10 años (2014–2024), para asegurar actualidad y pertinencia.

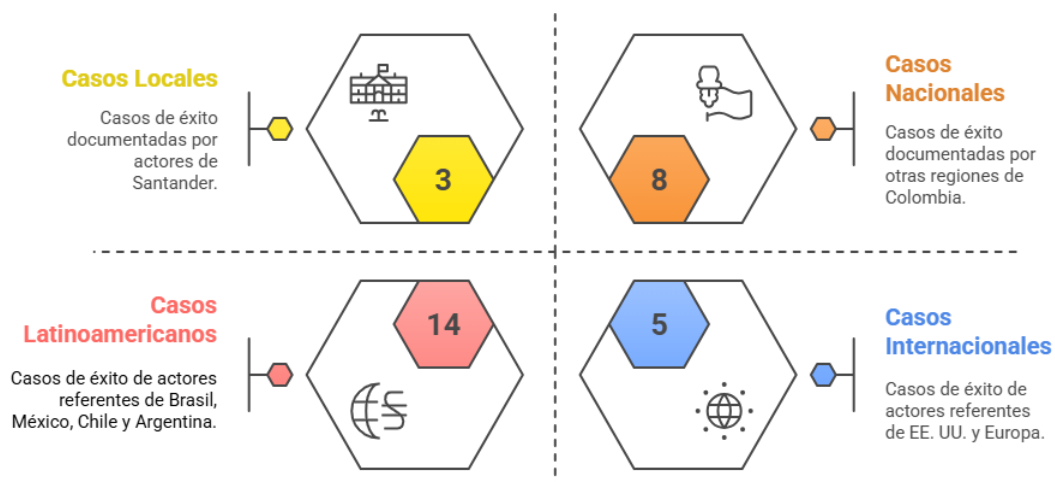
Ficha técnica para el análisis de casos exitosos de transferencia tecnológica en el sector salud	
	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Diversidad de actores</i>: Preferencia por experiencias que involucren diferentes tipos de actores (p. ej. universidades, hospitales, empresas, agencias públicas, oficinas de transferencia, entes regulatorios).
Técnicas de análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Codificación cualitativa dirigida basada en categorías predefinidas (acciones y buenas prácticas replicables, aspectos positivos, dificultades y criterios de medición). - Comparación transversal entre niveles de análisis para identificar patrones comunes y diferencias. - Elaboración de una matriz actor–acción–resultado–criterios de medición para sistematizar hallazgos.
Estrategias de rigor y validez	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de triangulación de fuentes para reforzar la validez interna. - Documentación rigurosa del proceso de codificación y análisis. - Análisis por patrones para garantizar consistencia en la interpretación de hallazgos. - Validación cruzada con literatura y estudios de referencia internacional sobre transferencia tecnológica en salud.

6.1. Codificación dirigida de acciones y resultados

Con base en la Ficha técnica para el análisis de casos exitosos de TT en salud presentada anteriormente, se procedió a identificar y codificar un conjunto de 30 experiencias representativas. Estos casos fueron seleccionados conforme a los criterios de pertinencia sectorial, formalización efectiva, resultados verificables, escalabilidad y diversidad de actores, y cubren los cuatro niveles de análisis definidos:

Figura 10.

Niveles de análisis para casos exitosos de TT en salud



La codificación cualitativa permitió descomponer los hallazgos en torno a cuatro categorías definidas de acuerdo con el objetivo del estudio de caso: *acciones y buenas prácticas replicables, aspectos positivos, dificultades del proceso y criterios de medición del éxito*. La diversidad de los casos estudiados reflejó una amplia variedad de tecnologías transferidas (desde dispositivos médicos hasta biotecnología y soluciones diagnósticas), así como la participación de distintos tipos de actores, incluyendo universidades, hospitales, empresas de base tecnológica, centros y grupos de investigación.

El análisis sistemático permitió identificar patrones transversales como la importancia de alianzas público-privadas o de la validación temprana en entornos reales y singularidades vinculadas al tipo de actor y contexto territorial. Estos hallazgos constituyen la base para proponer recomendaciones metodológicas diferenciadas, orientadas a guiar a los actores del SNCTI del sector salud en Santander en la gestión, formalización y escalamiento de sus propias iniciativas. La descripción completa de cada caso y la codificación detallada por categoría se encuentra en el Apéndice H.

A continuación, se resumen los principales hallazgos para cada categoría del estudio:

Tabla 7.

Hallazgos principales del análisis de casos exitosos de TT en salud

Categoría	Hallazgos principales
<p>Acciones y buenas prácticas replicables</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="555 1525 1383 1682">- <i>Incorporar cláusulas de propiedad intelectual desde el diseño.</i> Formular acuerdos de confidencialidad y de opción de licencia antes de comenzar el desarrollo, incluyendo hitos claros de patentes, registros de diseño y secretos industriales, para asegurar desde el primer día la exclusividad y facilitar posteriores negociaciones. <li data-bbox="555 1715 1383 1872">- <i>Estructurar alianzas público-privadas e interinstitucionales con acuerdos marco.</i> Formalizar convenios con incubadoras, ministerios, aceleradoras y clústeres acelera la movilización de recursos, simplifica trámites regulatorios y amplía las redes de validación clínica, al tiempo que define claramente roles y compromisos mutuos. <li data-bbox="555 1906 1383 1984">- <i>Formalizar pilotos clínicos y de campo tempranos en entornos reales mediante contratos de co-desarrollo.</i> Establecer contratos de pilotaje clínico o de campo que especifiquen entregables, criterios de validación

Categoría	Hallazgos principales
	<p>y derechos de uso, de manera que los prototipos se prueben bajo un marco jurídico seguro y con obligaciones mutuas de retroalimentación y mejora.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Adoptar modelos de licencia modulares.</i> Diseñar plantillas de licencia flexibles que permitan combinar cláusulas de código abierto y de exclusividad, incorporando tarifas escalonadas según los volúmenes de uso y el nivel de madurez tecnológica (TRL). Este enfoque facilita la adaptación a las necesidades de distintos socios sin necesidad de renegociar o redactar nuevos acuerdos, asegurando el retorno de inversión y maximizando tanto el alcance como la sostenibilidad comercial de cada tecnología. - <i>Vincular financiamiento a hitos contractuales.</i> Integrar en los acuerdos cláusulas de desembolso ligadas a métricas de nivel de madurez y a entregables técnicos, aprovechando fondos de regalías, subvenciones semilla y programas I-Corps, asegurando así la continuidad del proyecto y la responsabilidad de cada parte. - <i>Negociar capacitación regulatoria como parte del acuerdo.</i> Incluir en los contratos cláusulas de formación conjunta con INVIMA u otras autoridades, donde se definan talleres, cronogramas de revisión y plazos de respuesta, acelerando las certificaciones y reduciendo incertidumbres jurídicas. - <i>Formalizar procesos de co-diseño con profesionales clínicos:</i> Incorporar en los acuerdos hitos de validación de usabilidad, workshops, focus groups y tests en simuladores, con médicos y enfermeros, estableciendo derechos de propiedad compartida sobre mejoras y compromisos de adopción en unidades piloto.
Determinantes de éxito	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de infraestructura de I+D consolidada en universidades e institutos, incluyendo laboratorios, oficinas de transferencia tecnológica y plataformas de prototipado rápido. - Cultura organizacional pro-innovación con estructuras formales de transferencia tecnológica. - Redes de colaboración previamente establecidas entre academia, industria y gobierno. - Marcos regulatorios ágiles que facilitan ensayos clínicos y certificaciones sanitarias. - Disponibilidad de talento altamente calificado en áreas técnicas, regulatorias y clínicas. - Generación de nuevas redes de distribución y formación de spin-offs. - Disponibilidad de recursos financieros para validación y escalamiento. - Resultados medibles en salud y escalamiento cuantitativo para medir impacto de proceso de transferencia tecnológica sanitaria. - Reconocimiento institucional y premios que fortalecen la visibilidad.
Dificultades del proceso	<ul style="list-style-type: none"> - Obstáculos regulatorios que prolongan los tiempos de aprobación de patentes y registros sanitarios. - Complejidad logística y problemas en la cadena de suministro de componentes especializados. - Retos de integración con sistemas clínicos existentes como historias clínicas electrónicas. - Necesidad de financiamiento continuo para transitar de prototipo a producto comercial certificado. - Dificultad para atraer y retener personal con experiencia en transferencia tecnológica. - Dificultades para lograr la interoperabilidad nacional e internacional.

Categoría	Hallazgos principales
Impactos y beneficios de la transferencia	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de capacidades científicas e institucionales en gestión de transferencia en organizaciones de la salud. - Desarrollo de productos y servicios sanitarios adaptados a necesidades locales y regionales. - Apertura de nuevos mercados y líneas de financiamiento para proyectos de I+D en las ciencias médicas. - Consolidación de redes académicas y empresariales que impulsan innovaciones futuras. - Mejora de visibilidad y reputación en la comunidad científica y empresarial del sector salud. - Generación de modelos de negocio sostenibles y creación de spin-offs basados en tecnologías transferidas. - Fortalecimiento de la capacidad de respuesta de los sistemas de salud en situaciones de urgencia.
Criterios de medición del éxito	<ul style="list-style-type: none"> - Número de acuerdos de colaboración formalizados. - Validación clínica efectiva y adopción práctica. - Protección de propiedad intelectual (patentes, registros de uso clínico). - Volumen de producción y distribución de dosis, dispositivos o sensores. - Número de instituciones, clínicas y pacientes que adoptan la tecnología. - Indicadores de desempeño clínico como sensibilidad diagnóstica y reducción de eventos adversos. - Métricas operativas que reflejan la reducción de tiempos de proceso y el aumento de eficiencia. - Alcance geográfico logrado, en términos de regiones y países cubiertos. - Retorno de inversión y nivel de reinversión en nuevos proyectos de investigación y desarrollo. - Replicabilidad del modelo de transferencia en otros entornos.

Respecto a las acciones y buenas prácticas replicables, se observó una tendencia marcada hacia la integración temprana de los usuarios finales en las fases de diseño y validación de las tecnologías. Esta práctica, se consolidó como esencial para atraer inversión y asegurar negociaciones sólidas. Paralelamente, la formalización de alianzas público-privadas e interinstitucionales mediante convenios específicos aceleró trámites y amplió redes de validación, desde incubadoras y ministerios hasta aceleradoras y clústeres. La implementación de pilotos clínicos y de campo con usuarios reales permitió iterar diseños en contextos de uso auténticos, mientras que los modelos de licenciamiento flexibles equilibraron accesibilidad y rentabilidad. A su vez, la movilización estratégica de fondos semilla, regalías y programas I-Corps garantizó la continuidad financiera, la coordinación de capacitaciones con autoridades regulatorias agilizó las certificaciones, y el co-diseño iterativo con profesionales de la salud aseguró la usabilidad y la adopción temprana de las innovaciones.

En cuanto a los aspectos positivos que facilitaron el proceso de transferencia, se identificó la existencia de oficinas de TT consolidadas que actuaron como nodos de articulación entre la oferta académica y la demanda del sector productivo. La presencia de redes institucionales previas, la existencia de capacidades organizativas robustas en gestión de innovación, y la disponibilidad de fondos específicos para fases de validación fueron elementos recurrentes en los casos analizados. Sin embargo, se advirtió que a nivel local estas condiciones fueron más frágiles, siendo compensadas en varios casos por el compromiso y la iniciativa de los propios investigadores.

Las dificultades del proceso se concentraron principalmente en tres dimensiones: la complejidad de los requisitos regulatorios en el sector salud, las barreras para escalar tecnologías validadas a nivel industrial, y la debilidad de las culturas organizacionales de transferencia tecnológica en algunas instituciones. Mientras que en los casos latinoamericanos se enfrentaron obstáculos relacionados con certificaciones internacionales y acceso a mercados, a nivel local se identificaron más dificultades en la consolidación de procesos internos de validación clínica y protección de propiedad intelectual.

Respecto a los criterios de medición del éxito utilizados en los procesos de transferencia, se evidenció una combinación de indicadores formales y resultados tangibles. Entre los principales, se destacó el número de acuerdos formalizados, la validación clínica efectiva de las tecnologías, el registro de propiedad intelectual, y la replicabilidad de las soluciones en otros contextos territoriales. Un hallazgo relevante fue que, en los casos más exitosos, el éxito no se midió exclusivamente por el volumen de acuerdos, sino también por el grado de adopción efectiva en el sistema de salud y el impacto generado en la práctica clínica.

Finalmente, el análisis permitió identificar factores críticos emergentes, tales como la necesidad de institucionalizar los procesos de transferencia mediante estructuras estables, la

importancia de integrar activamente a profesionales clínicos en todas las fases del desarrollo tecnológico, y la necesidad de diseñar tecnologías con suficiente flexibilidad para adaptarse a diferentes entornos sanitarios. Asimismo, se evidenciaron tensiones entre la innovación ágil y los procesos regulatorios estrictos, así como entre la producción académica tradicional y la gestión efectiva de transferencia, las cuales deberán ser consideradas en la formulación de estrategias futuras para fortalecer el ecosistema de innovación en salud.

6.2. Análisis comparativo de patrones entre niveles

Para complementar el análisis del estudio de casos, se realiza un análisis comparativo por niveles (local, nacional y latinoamericano). El análisis comparativo evidencia que, a nivel local, los procesos de transferencia tecnológica en el sector salud son incipientes, pero destacan por el compromiso individual de investigadores y pequeñas redes de colaboración académica que han impulsado iniciativas relevantes. Aunque las acciones tienden a ser más informales y de escala reducida, se identificaron experiencias significativas de validación de tecnologías en ambientes clínicos reales, así como una creciente conciencia sobre la importancia de proteger los desarrollos a través de mecanismos de propiedad intelectual.

A nivel nacional, se observa un avance hacia la formalización de procesos de transferencia tecnológica, con la participación de oficinas de transferencia, programas institucionales de innovación y validaciones clínicas más robustas. Sin embargo, persisten barreras regulatorias nacionales que afectan la escalabilidad de los desarrollos, y las capacidades de apoyo no siempre están plenamente consolidadas.

Por su parte, en el nivel latinoamericano y global, los casos analizados reflejan ecosistemas de innovación más maduros, donde las estrategias de transferencia tecnológica están claramente estructuradas hacia la escalabilidad internacional, la certificación de tecnologías y la expansión de los acuerdos de colaboración. No obstante, estos casos enfrentan

desafíos complejos relacionados con los requisitos regulatorios internacionales y la industrialización masiva de los productos desarrollados.

En conjunto, la comparación evidencia que mientras a nivel local prevalecen dinámicas emergentes basadas en la motivación individual, a nivel nacional se consolidan estructuras de soporte parcial, y a nivel latinoamericano se despliegan estrategias más integrales, aunque enfrentando retos de mayor complejidad.

6.3. Matriz de sistematización actor–acción–resultado

A continuación, se presenta una matriz que sintetiza las principales acciones facilitadoras y los resultados obtenidos de los casos revisados, organizados por los actores clave del Sistema Regional de Innovación de Santander:

Tabla 8.

Matriz de sistematización actor–acción–resultado

Tipo de actor	Acciones facilitadoras identificadas	Resultados o impactos alcanzados
Grupos de investigación en Universidades y Hospitales	Protección temprana de la PI mediante patentes, registros de diseño y gestión de secretos industriales.	Aumento de más del 30% en solicitudes de patente en etapas tempranas.
	Movilización de subvenciones semilla y programas I-Corps vinculados a hitos de TRL.	Obtención de fondos semilla que cubrieron estudios preclínicos y validaciones de laboratorio.
	Implementación de modelos de licenciamiento flexibles (combinación de código abierto y exclusividades).	Reducción de reprocesos tras la validación de usabilidad clínica.
	Co-diseño iterativo con médicos y enfermeros a través de talleres y focus groups.	
Centros de I+D+i	Convenios-marco con incubadoras, aceleradoras y ministerios para acceso continuo a recursos y redes de validación.	Formalización de al menos cinco alianzas público-privadas estables.
	Pilotos de campo definidos por contratos de co-desarrollo con proveedores de salud.	Reducción de los tiempos regulatorios en un 20 % gracias a la homologación de estándares.
	Capacitaciones conjuntas con agencias regulatorias para homologar requisitos de certificación.	Aceleración de negociaciones de licencia tras demostraciones de viabilidad técnica en campo.
Unidades de I+D+i en Hospitales, Clínicas y Empresas fabricantes	Implementación temprana de pilotos clínicos con pacientes reales, respaldados por acuerdos legales de pilotaje.	Integración de tres tecnologías piloto en la práctica clínica diaria,

Tipo de actor	Acciones facilitadoras identificadas	Resultados o impactos alcanzados
	<p>Talleres de co-diseño para iterar “wearables” y plataformas de telemedicina junto a personal sanitario.</p> <p>Definición de rutas de adopción interna y métricas de impacto clínico como cláusulas contractuales.</p>	<p>mejorando tiempos de respuesta y experiencia del paciente.</p> <p>Creación de spin-offs hospitalarios que firmaron sus primeros contratos de licencia y avanzan hacia la producción.</p>

La matriz de sistematización evidencia cómo las acciones específicas desplegadas por los diferentes actores del ecosistema de TT se tradujeron en resultados concretos que fortalecieron el ciclo de innovación en salud. En el caso de las universidades, su enfoque estratégico en involucrar usuarios clínicos desde etapas tempranas, proteger la propiedad intelectual y establecer alianzas formales resultó crucial para garantizar la pertinencia clínica de las tecnologías, su validación efectiva y su posterior transferencia o comercialización. No obstante, su capacidad de impacto dependió significativamente del fortalecimiento de sus unidades de transferencia y de su estrategia de vinculación externa.

Los hospitales demostraron ser actores esenciales en la etapa de validación y adaptación tecnológica. Al implementar pilotos clínicos y retroalimentar de manera estructurada a los desarrolladores, contribuyeron a reducir la brecha entre la invención y su aplicación práctica. Además, su participación activa permitió legitimar las tecnologías innovadoras, facilitando su aceptación en el entorno sanitario. Las empresas, por su parte, desempeñaron un rol clave en el escalamiento, certificación y comercialización de las tecnologías. Su capacidad para transformar desarrollos validados en productos viables en el mercado regional e internacional consolidó la última fase del ciclo de transferencia, aunque enfrentaron retos relacionados con la absorción de innovaciones de origen académico.

6.4. Síntesis interpretativa y transición a la propuesta metodológica

Para fortalecer el puente entre los hallazgos empíricos y la construcción de la propuesta metodológica final, a continuación, se sintetizan los resultados en torno a los tres objetivos específicos y se vincularon con las dimensiones conceptuales de entorno, tecnología y agentes desarrolladas en el marco teórico.

Identificación de factores clave (Objetivo I): Entorno: La literatura enfatiza la gobernanza regulatoria ágil, la infraestructura de I + D y los esquemas de financiación escalonada como pilares del éxito en TT sanitaria. En Santander, sin embargo, se documentó una excesiva fragmentación institucional y trámites prolongados ante INVIMA, lo que atenta contra la velocidad y la certidumbre jurídica. Este hallazgo impulsa la creación de un protocolo de “gobernanza clínica y priorización” que simplifique rutas decisionales y concentre responsabilidades en nodos articuladores.

Tecnología: levantamiento de patentes y la cartografía de grupos de investigación revelan una cartera diversificada en Santander: además de los tradicionales focos en biotecnología (17 registros) e instrumentación médica (46 registros), el departamento cuenta con una incipiente pero creciente actividad en salud digital y TIC sanitarias (43 solicitudes).

Este panorama refuerza la capacidad regional para abordar soluciones digitales, desde plataformas de telemedicina hasta dispositivos wearables, y se mantiene como un reto dado que la proporción todavía es inferior al promedio nacional, frente a polos como Bogotá y Antioquia. La literatura recomienda impulsar validaciones tempranas (TRL bajo) y asegurar la interoperabilidad clínica desde la concepción de estos desarrollos; en Santander, estos mecanismos existen de manera fragmentada. La convivencia de patentes en salud digital con prototipos móviles, sin embargo, confirma el potencial de un pilar de “protección temprana y interoperabilidad integral”, que formalice rutas de PI y protocolos de conexión (HL7/FHIR)

para consolidar la madurez de las soluciones digitales y acelerar su transferencia al entorno clínico.

Agentes: El mapeo de subsistemas puso en evidencia que, aunque las universidades y centros de investigación exhiben capacidades robustas, la transición de prototipos al mercado se frustra por la débil conexión con la industria y las OTRI. Esta brecha resalta la necesidad de fortalecer el subsistema facilitador mediante alianzas público-privadas y de capacitar al talento humano en gestión colaborativa, cerrando el ciclo entre generación de conocimiento y adopción productiva

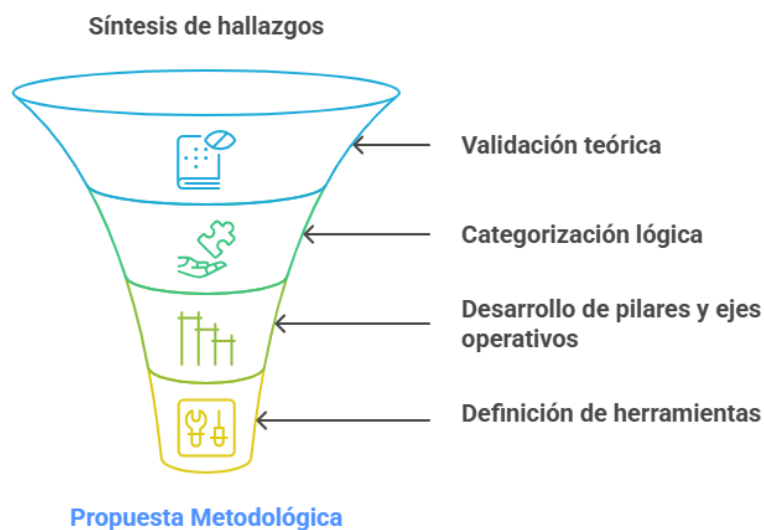
Caracterización del proceso de TT (Objetivo II): El diagnóstico mediante entrevistas evidenció cómo la falta de rutas estandarizadas y la lentitud burocrática (entorno) obstaculizan la “capacidad de negociación” y la “adaptabilidad tecnológica” (agentes y tecnología). Aunque las oficinas de transferencia aplican licenciamiento y PI, su acompañamiento en pilotajes y escalamiento resulta insuficiente. Contrastando con la literatura, donde se priorizan criterios de madurez (TRL) y riesgos (BRL), el ecosistema local muestra un sesgo hacia fases finales de protección, relegando la validación clínica temprana.

Acciones y prácticas replicables (Objetivo III): Del análisis de casos emergieron siete prácticas (protección de PI, alianzas público-privadas, pilotaje colaborativo, licenciamiento modular, financiamiento por hitos, co-diseño iterativo y documentación sistemática) que confirman la relevancia de combinar criterios de entorno (política de innovación), tecnología (TRL/CRL/BRL) y agentes (roles definidos). Sin embargo, la aplicación desigual de estas prácticas en Santander, en especial la escasez de pilotajes clínicos integrados con la industria revela una contradicción con los modelos de TT más maduros y orienta hacia la creación de herramientas de apoyo específicas para cada pilar.

De la síntesis a la propuesta: Este contraste además de identificar las deficiencias locales, ilumina la ruta hacia el estado ideal de transferencia: marcos normativos flexibles, ecosistemas tecnológicos interconectados y alianzas estables entre actores. Para construir esa visión, se estableció un proceso de integración en cuatro pasos: primero, cada factor y práctica detectada se cotejó con los referentes teóricos para validar su pertinencia y prioridad; segundo, se agruparon los hallazgos en categorías lógicas (entorno, tecnología, agentes) para identificar sinergias y brechas; tercero, se tradujeron esas categorías en pilares metodológicos y, finalmente, se definieron herramientas de soporte que enlazan directamente la realidad santandereana con los estándares de la industria de salud.

Figura 11.

Proceso de integración para construcción de la propuesta



De este modo, la propuesta metodológica emerge no como una lista de soluciones, sino como la convergencia lógica entre las demandas empíricas del territorio y las mejores prácticas de la literatura, trazando un camino que va desde el diagnóstico de barreras hasta la implementación de procesos de TT capaces de escalar innovaciones sanitarias en Santander y más allá.

7. Propuesta metodológica MITT-Salud

Este capítulo presenta una propuesta metodológica integral llamada MITT-Salud (Metodología Integradora de Transferencia Tecnológica en Salud), la cual es diseñada para dar respuesta al objetivo general del estudio y se construye a partir de los hallazgos obtenidos en las tres fases anteriores: la identificación de factores clave, la caracterización territorial del ecosistema regional y el análisis de casos exitosos a nivel local, nacional, latinoamericano e internacional.

7.1. Generalidades de la propuesta

7.1.1. Objetivo de la propuesta: Elaborar una propuesta metodológica que contribuya a la gestión y formalización de acuerdos de colaboración para la transferencia tecnológica, proporcionando una guía que oriente a los actores del SNCTI y organizaciones del sector salud en la gestión de sus tecnologías.

7.1.2. Alcance de la TT: en MITT-Salud, la transferencia tecnológica se entiende como un proceso continuo y sistémico que acompaña las innovaciones desde la investigación inicial hasta su aplicación práctica y eventual acceso al mercado (Toca et al., 2018). Aunque suele asociarse con la comercialización en el último nivel de madurez tecnológica (TRL 9), esta metodología reconoce que, en entornos sanitarios altamente regulados, los acuerdos se centran en avanzar por niveles intermedios de madurez a través de colaboraciones, co-desarrollos y validaciones técnicas.

7.2. Lineamientos conceptuales y operativos

La propuesta MITT-Salud se diseña bajo los siguientes límites conceptuales y operativos:

Ámbito de aplicación institucional: la propuesta se dirige a los actores reconocidos formalmente dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI),

conforme a las categorías y criterios establecidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, garantizando así su alineación con las políticas y estándares oficiales.

Enfoque sectorial en salud: la propuesta integra las particularidades y especificaciones del entorno sanitario con el fin de asegurar que cada etapa del proceso responda a las exigencias y oportunidades propias del sector salud.

Perspectiva del actor fuente: la propuesta adopta la visión de la entidad generadora de la innovación, enfocándose en sus necesidades para transferir una tecnología al mercado, al sistema de salud o a entornos de aplicación práctica.

Alineación de la propuesta con diferentes modelos integradores: se articula con los principales marcos de gestión y adopción tecnológica para garantizar tanto la formalización de acuerdos como la integración operativa y sostenible de innovaciones sanitarias. Además, adopta el ciclo de mejora continua del Learning Health System (Foley y Horwitz, 2025) para guiar la identificación, madurez y riesgos; y se sustenta en los principios de simplificación de trámites, gobierno digital y control interno del Modelo Integrado de Planeación y Gestión-MIPG (2024). Con esta convergencia, la propuesta ofrece un camino coherente desde la transferencia hasta su consolidación práctica en el sistema de salud regional.

Enfoque territorial en Santander: la propuesta se fundamenta en las condiciones particulares del departamento, integrando los marcos regulatorios y estructurales del sistema de salud colombiano y atendiendo desafíos compartidos por las regiones latinoamericanas para asegurar su pertinencia y aplicabilidad local.

Enfoque metodológico modular: la propuesta no busca establecer una ruta única de transferencia, sino un marco metodológico flexible e integrador que consolida criterios, herramientas y prácticas de diversos modelos para que los gestores tecnológicos en salud cuenten con un repertorio de opciones y elementos de decisión. Así, cada profesional podrá

adaptar el proceso, desde la definición de hitos y alianzas hasta la validación clínica y negociación de acuerdos, según las características de su proyecto y su institución.

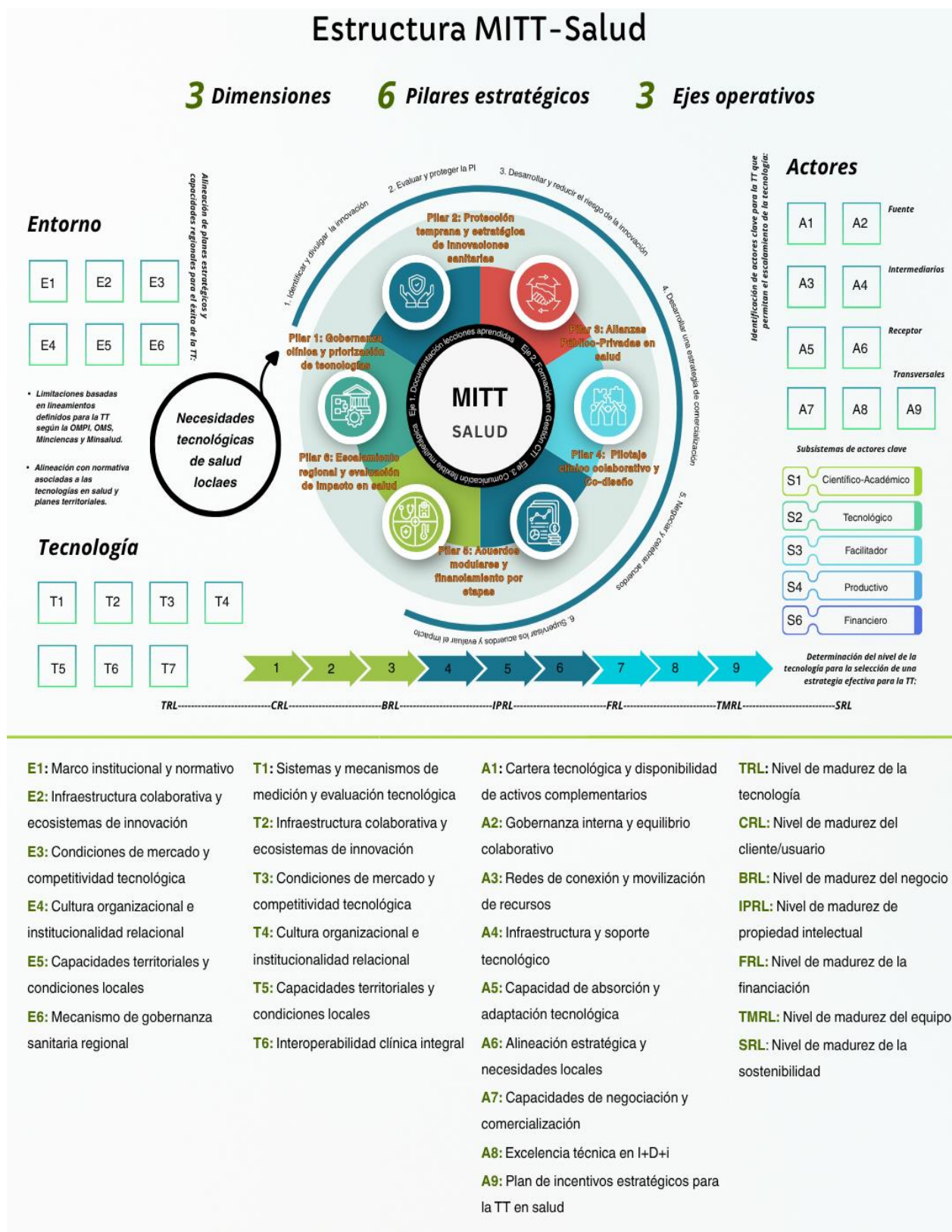
7.3. Estructura de la propuesta para la gestión de acuerdos de TT en salud

Reconociendo que toda transferencia tecnológica debe responder a brechas concretas del sistema de salud en Santander, MITT-Salud parte de la identificación de las necesidades tecnológicas locales para asegurar la pertinencia y el impacto de cada iniciativa. A partir de este diagnóstico, se despliegan seis pilares estratégicos que estructuran de forma coherente y flexible todo el proceso de transferencia, desde el diagnóstico inicial hasta el escalamiento sostenible de cada innovación (ver Figura 12).

Asimismo, la propuesta integra tres ejes operativos esenciales para asegurar un ciclo de mejora continua: la *documentación sistemática de lecciones aprendidas y buenas prácticas* en cada fase, que alimenta un banco de conocimiento y agiliza futuros procesos de TT en salud; la *formación de los equipos*, capacitando en la aplicación de criterios de decisión y gestión tecnológica; y la *comunicación* permanente entre reguladores, mentores y usuarios finales. Estos ejes se entrelazan con las seis etapas de la OMPI (Identificar, Proteger, Reducir riesgo, Comercializar, Negociar y Evaluar impacto) para integrar de forma coherente los factores de entorno, tecnología y actores, orientando la formalización de acuerdos de co-desarrollo, licenciamiento o adquisición de activos complementarios. Los diferentes scorings TRL–CRL–BRL–IPRL–FRL–TMRL–SRL permite priorizar proyectos y definir la estrategia de transferencia más adecuada. Gracias a esta metodología integradora, las instituciones del SNCTI y el sector salud de Santander no solo alinean sus procesos con estándares nacionales e internacionales, sino que también acelera el escalamiento de innovaciones, garantizan la sostenibilidad financiera y promueven la equidad en el acceso a nuevas tecnologías sanitarias.

Figura 12.

Elementos de la propuesta metodológica MITT-Salud



E1: Marco institucional y normativo
E2: Infraestructura colaborativa y ecosistemas de innovación
E3: Condiciones de mercado y competitividad tecnológica
E4: Cultura organizacional e institucionalidad relacional
E5: Capacidades territoriales y condiciones locales
E6: Mecanismo de gobernanza sanitaria regional

T1: Sistemas y mecanismos de medición y evaluación tecnológica
T2: Infraestructura colaborativa y ecosistemas de innovación
T3: Condiciones de mercado y competitividad tecnológica
T4: Cultura organizacional e institucionalidad relacional
T5: Capacidades territoriales y condiciones locales
T6: Interoperabilidad clínica integral

A1: Cartera tecnológica y disponibilidad de activos complementarios
A2: Gobernanza interna y equilibrio colaborativo
A3: Redes de conexión y movilización de recursos
A4: Infraestructura y soporte tecnológico
A5: Capacidad de absorción y adaptación tecnológica
A6: Alineación estratégica y necesidades locales
A7: Capacidades de negociación y comercialización
A8: Excelencia técnica en I+D+i
A9: Plan de incentivos estratégicos para la TT en salud

TRL: Nivel de madurez de la tecnología
CRL: Nivel de madurez del cliente/usuario
BRL: Nivel de madurez del negocio
IPRL: Nivel de madurez de propiedad intelectual
FRL: Nivel de madurez de la financiación
TMRL: Nivel de madurez del equipo
SRL: Nivel de madurez de la sostenibilidad

Nota: Para una descripción más amplia y detallada de cada uno de los componentes de MITT-Salud, consulte el Apéndice K. Estructura de la propuesta MITT-Salud.

7.3.1 Pilares estratégicos

A continuación, se presenta una descripción de cada pilar, detallando su propósito, los resultados esperados y las herramientas de apoyo recomendadas, sustentadas en la literatura y los casos de éxito analizados:

Figura 13.

Pilares estratégicos de la propuesta



El pilar de *gobernanza clínica y priorización de tecnologías* consiste en establecer un comité interdisciplinario que revisa las necesidades sanitarias identificadas y aplica criterios de madurez tecnológica y viabilidad comercial/regulatoria para seleccionar las innovaciones con mayor potencial de impacto. El resultado esperado es un catálogo acotado de proyectos priorizados, alineados con las políticas regionales y las brechas clínicas más urgentes. Como herramientas de apoyo, sería importante emplear cuestionarios de scoring que integren las

diferentes escalas TRL–CRL–BRL–IPRL–FRL–TMRL–SRL, un mapa de actores clave para articular responsabilidades y un tablero digital que consolida los puntajes y facilita la toma de decisiones.

El segundo pilar de *protección temprana y estratégica de innovaciones sanitarias* se implementa desde el diseño un esquema de salvaguarda del know-how que debe incluir acuerdos de confidencialidad, opciones de licencia anticipada y evaluaciones periódicas de patentes, modelos de diseño y secretos industriales. El resultado esperado es un portafolio de propiedad intelectual consolidado y optimizado en coste, que garantice exclusividad y fortalezca la posición de negociación de la fuente. Como herramientas de apoyo se sugieren utilizar matrices de evaluación de madurez y riesgo de PI, plantillas modulables de licencias (open-source y exclusivas) y un repositorio digital para seguimiento de solicitudes y renovaciones.

El pilar de *Alianzas Público-Privadas en salud*, consisten en formalizar convenios marco con hospitales, laboratorios, clústeres y agencias gubernamentales para articular recursos, compartir infraestructura y definir roles claros en proyectos de TT. El resultado esperado es una red de colaboración estable que facilite el flujo de financiación, acceso a entornos clínicos y aceleración regulatoria. Como herramientas de apoyo se sugieren emplear modelos de convenio estándar con cláusulas de cofinanciamiento y coparticipación, diagramas de flujo de responsabilidades interinstitucionales y un registro digital de acuerdos para monitorear compromisos y fechas clave.

El pilar de *Pilotaje clínico colaborativo y co-diseño* se orienta a la implementación de ensayos tempranos en “Laboratorios Vivientes” y unidades piloto, donde equipos multidisciplinares de investigadores y profesionales de la salud iteran sobre prototipos en escenarios reales. El resultado esperado es evidencia robusta de usabilidad, seguridad y eficacia

clínica, acompañada de mejoras continuas incorporadas al diseño. Como herramientas de apoyo, se utilizan protocolos estandarizados de pilotaje con indicadores definidos, bitácoras digitales de retroalimentación de usuarios y plantillas para documentar sesiones de co-diseño, garantizando trazabilidad y replicabilidad.

El quinto pilar de *Acuerdos modulares y financiamiento por etapas* consiste en diseñar contratos flexibles que vinculan desembolsos de recursos a hitos de madurez tecnológica y entregables clínicos, permitiendo combinar licencias de código abierto y exclusivas según el avance de TRL. El resultado esperado es un esquema de colaboración escalonado que mitigue riesgos financieros y garantice recursos continuos a lo largo del desarrollo. Como herramientas de apoyo, se emplean plantillas de licencia modular con cláusulas de desembolso condicionado, cronogramas de hitos vinculados a pagos y dashboards financieros que rastrean el cumplimiento de métricas para liberar fases de financiamiento.

Finalmente, el pilar de *Escalamiento regional y evaluación de impacto en salud* tiene como fin extender el alcance de los pilotos validados a múltiples instituciones del departamento, al tiempo que se miden rigurosamente los resultados clínicos, operativos y de equidad. El proceso consiste en capacitar a equipos locales para reproducir los módulos de validación estandarizados, recopilar datos comparables y evaluar el beneficio real sobre la atención en salud. El resultado esperado es un plan de expansión con protocolos afinados que demuestre reducción de estancias, mejora en accesibilidad y sostenibilidad financiera en distintos contextos clínicos. Como herramientas de apoyo se sugieren de acuerdo a los casos exitosos identificados, un manual de replicación de módulos con guías paso a paso, un dashboard de impacto que integra KPIs sanitarios (reducción de hospitalizaciones, cobertura) y económicos (costos ahorrados, ROI), y plantillas de informes de evaluación para documentar hallazgos y lecciones antes de cada nueva etapa de escala.

Basada en estos seis pilares, la MITT-Salud se despliega como un ciclo continuo de decisiones basadas en evidencia, diseñado para lograr un proceso de transferencia eficiente y eficaz. Aunque sus etapas siguen una secuencia lógica (desde la priorización inicial hasta el escalamiento y la evaluación de impacto) muchas de ellas pueden solaparse en la práctica: mientras se aseguran los derechos de propiedad intelectual, se cierran convenios y se preparan pilotos, por ejemplo. Este enfoque flexible permite responder ágilmente a las necesidades del entorno, optimizar el uso de recursos y garantizar que cada avance se traduzca en una transferencia robusta y sostenible en el sistema de salud regional.

7.3.2 Ejes operacionales

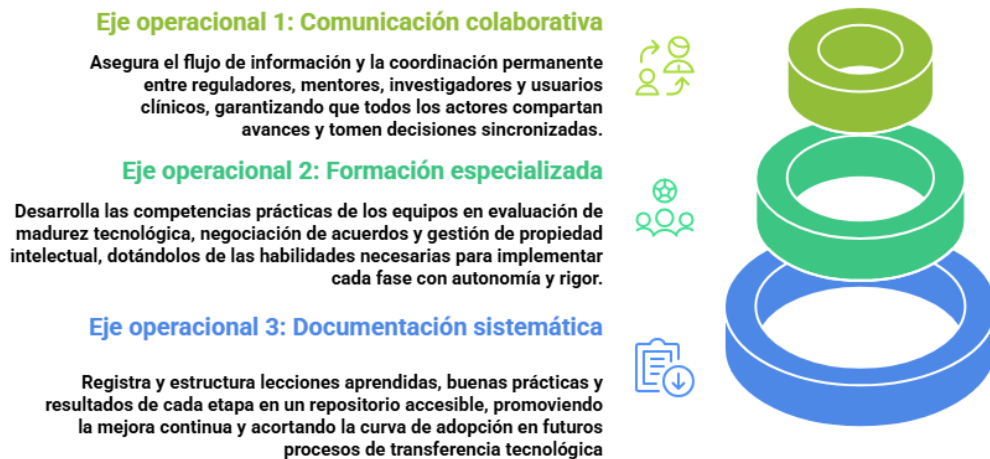
Tras detallar los seis pilares estratégicos que estructuran el ciclo de MITT-Salud, es indispensable contar con un andamiaje transversal que los refuerce en cada momento. Los ejes operacionales de documentación, formación y comunicación cumplen este cometido: no son fases adicionales, sino que actúan en cada pilar como mecanismos de aseguramiento continuos que validan al cierre de cada etapa, capturando el aprendizaje, construyendo capacidades y manteniendo la alineación entre actores y procesos en todas las etapas, garantizando la solidez y eficacia de la transferencia tecnológica en salud (Ver Figura 14). A continuación, se describe el enfoque de cada uno de ellos:

Eje de documentación: este eje tiene como misión sistematizar todo el conocimiento generado a lo largo de las seis etapas de MITT-Salud: desde las decisiones de priorización inicial hasta los informes de impacto tras el escalamiento regional. Al garantizar que cada pilar registre sus lecciones aprendidas, casos de éxito y obstáculos superados, se construye un repositorio de buenas prácticas que facilita la mejora continua y reduce la curva de aprendizaje en proyectos futuros. El resultado esperado es un banco de conocimientos estructurado y accesible que permita replicar procesos eficientes de TT y evitar la repetición de errores. Como herramientas de apoyo se recomiendan formatos estandarizados de bitácora de proyecto,

plantillas de lecciones aprendidas (con campos de contexto, acción, resultado y recomendación) y un sistema de gestión documental digital con acceso controlado para todos los actores.

Figura 14.

Ejes operacionales de la propuesta



Eje de formación: este eje se focaliza en dotar a los equipos de transferencia de las competencias necesarias para operar MITT-Salud con agilidad y rigor. Este eje proporcionaría los talleres, cursos y materiales didácticos que explican el uso del cuestionario de scoring, la aplicación de modelos de licenciamiento y la negociación de convenios, así como la interpretación de indicadores de pilotaje y de impacto. Al garantizar que en cada pilar existan profesionales capacitados en los métodos y las herramientas, se minimiza la dispersión de criterios y se acelera la toma de decisiones. El resultado esperado es un equipo interno con una base común de conocimientos y habilidades, capaz de implementar cada fase de forma autónoma y coherente. Como herramientas de apoyo se sugieren módulos de e-learning, guías paso a paso, talleres presenciales con casos de estudio y mentorías especializadas integradas al proceso de transferencia.

Finalmente, el *eje de comunicación* asegura que reguladores, mentores, investigadores y usuarios clínicos permanezcan sincronizados y comprometidos durante todo el ciclo de

transferencia. Este eje establece canales formales como reuniones periódicas, boletines electrónicos, plataformas colaborativas, para compartir avances, resolver bloqueos regulatorios y recoger retroalimentación temprana de los pilotos. Al integrarse en cada pilar, la comunicación evita silos de información y mantiene la confianza entre las partes. El resultado esperado es un flujo constante de información que refuerce la coordinación, facilite la adopción de decisiones oportunas y promueva una narrativa unificada del proyecto. Como herramientas de apoyo se recomiendan calendarios compartidos de hitos, foros de discusión en línea, plantillas de reporte de avances y protocolos de escalamiento de incidencias.

La convergencia de pilares estratégicos, ejes transversales y factores clave configura un enfoque integral que articula estructura y soporte en cada fase de transferencia. Los pilares definen el “qué” y el “cuándo”, los ejes operativos garantizan y soportan el “cómo” y los factores proveen el contexto para el “por qué”. Juntos, conforman un ciclo de mejora continua que traduce el diagnóstico local en decisiones de TT sólidas, acelerando la adopción y el impacto de las innovaciones sanitarias en Santander.

Asimismo, la MITT-Salud enlaza directamente los cinco subsistemas del ecosistema regional de innovación sanitaria con los pilares y ejes. Así, la priorización de proyectos involucra al subsistema tecnológico (incubadoras y laboratorios estructuran la evaluación de TRL) mientras que la protección temprana y el pilotaje colaborativo activan al subsistema científico-académico, donde grupos de investigación y universidades validan el know-how. Las alianzas y los acuerdos modulares ponen en juego al subsistema productivo, integrando a fabricantes, hospitales y clústeres en la cofinanciación y co-desarrollo, y el diseño de esquemas de desembolso condicionado a hitos articula al subsistema financiero con fondos públicos, bancos de segundo piso y capital de riesgo. Finalmente, la gobernanza clínica y los ejes transversales de documentación, formación y comunicación son la fuerza del subsistema facilitador, asegurando la coordinación regulatoria y la movilización de recursos necesarios a

lo largo de todo el ciclo de transferencia. De este modo, MITT-Salud convierte cada pilar en un punto de encuentro para los actores clave de cada subsistema, maximizando el valor y la sostenibilidad de las innovaciones sanitarias en Santander.

7.4.Limitaciones y consideraciones finales

En este apartado se reconocen los principales limitaciones y restricciones de la propuesta MITT-Salud, así como las reflexiones que deberán guiar su adaptación y mejora continua. Se analizan su naturaleza teórica y las necesidades de validación práctica y se ofrecen recomendaciones para su despliegue en contextos reales, considerando las variables institucionales, regulatorias y culturales propias del sistema de salud de Santander. Con ello, se busca cerrar el ciclo de este estudio proporcionando una hoja de ruta clara para afianzar la transferencia tecnológica sanitaria en la región.

7.4.1. Ámbito teórico y validación futura

La propuesta metodológica MITT-Salud nace de un ejercicio integral de revisión bibliográfica, diagnóstico territorial y análisis de casos de éxito, lo que le otorga un sólido sustento conceptual. No obstante, su carácter fundamentalmente teórico implica que su efectividad y aplicabilidad práctica aún requieren validación en entornos reales. Es por eso que, a continuación, se definen las limitaciones teóricas y prácticas que acotan esta propuesta:

- *Alcance conceptual:* MITT-Salud ha sido diseñado para guiar a los actores del SNCTI en salud en Santander, pero sus pilares, ejes transversales y factores clave se apoyan en marcos nacionales e internacionales (OMPI, OMS, Minciencias, Minsalud) y en evidencia de literatura académica y práctica de transferencia tecnológica.
- *Limitaciones de la aplicación inmediata:* Hasta ahora, no se ha probado en proyectos piloto controlados ni en evaluaciones comparativas entre instituciones. Su éxito

dependerá de la capacidad de cada organización para adaptar las herramientas de sugeridas a sus propios procesos internos y marcos regulatorios locales.

- *Hoja de ruta para validación:* Se recomienda implementar MITT-Salud en un grupo reducido de casos piloto: por ejemplo, en dos universidades y dos hospitales, para recoger datos cualitativos y cuantitativos sobre eficiencia de procesos, tiempos de aprobación y resultados clínicos. Estos datos permitirán definir indicadores de medición por tipo de actor y ajustar las herramientas propuestas en cada uno de los pilares.
- *Próximos pasos de investigación:* Una evaluación mixta, que combine seguimiento de indicadores (KPIs) y entrevistas semiestructuradas a gestores, aportará evidencia sobre la fiabilidad, viabilidad y escalabilidad de la metodología integral. Asimismo, la comparación con otras metodologías de TT en otros sectores y en regiones similares, permitirá identificar brechas y oportunidades de mejora.

En conjunto, esta fase de validación futura consolidará a MITT-Salud como una metodología operativa y replicable, fortaleciendo su posicionamiento teórico con resultados empíricos que respalden su adopción en el sistema de salud regional y más allá.

7.4.2. Sugerencias para implementación

Para facilitar la adopción de MITT-Salud en el contexto regional, se proponen las siguientes recomendaciones prácticas:

- *Pilotos de arranque:* Seleccionar dos o tres proyectos de diversa naturaleza (software clínico, dispositivo médico, fármaco, proceso de atención) para aplicar la metodología completa y ajustar plantillas, scoring y flujos de trabajo antes de escalarla al resto de la institución.
- *Comité de gobernanza transdisciplinar:* Conformar un equipo permanente con representantes de la dirección de investigación, la oficina de transferencia, la unidad

de I+D+i hospitalaria, el área legal y un mentor externo. Este comité validará las decisiones de priorización, supervisará la protección de PI y servirá de puente con INVIMA y las Secretarías de Salud.

- *Capacitación en cascada:* Implementar un programa de “formación de formadores” que, tras capacitar a los líderes de cada pilar, multiplique rápidamente el conocimiento en scoring, licenciamiento y pilotaje colaborativo entre los equipos técnicos y clínicos.
- *Banco de lecciones en línea:* Poner en marcha desde el día 0 un repositorio centralizado donde se documenten las lecciones aprendidas, los obstáculos reglamentarios y los casos exitosos, de modo que el conocimiento sea accesible y reutilizable en tiempo real.
- *Monitoreo de indicadores clave:* Definir un tablero de control con métricas operativas (tiempos de aprobación regulatoria, número de convenios, ciclos de pilotaje) y de impacto clínico (reducción de tiempos de espera, mejoras en la adherencia), que se revise trimestralmente para ajustar la implementación.
- *Vinculación con redes externas:* Establecer nexos formales con agencias nacionales (Minciencias, Innpulsa) y alianzas internacionales para atraer cofinanciamiento, acceder a buenas prácticas y validar la metodología en otros entornos de salud.

Con estas acciones, MITT-Salud no sólo se adapta al entorno de Santander, sino que crea un modelo replicable que, una vez afinado, puede exportarse a otras regiones y consolidarse como estándar en la transferencia tecnológica sanitaria.

8. Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones principales del estudio que responden a la pregunta de investigación y a los objetivos trazados. Se interpretan los hallazgos sobre el proceso de transferencia tecnológica en salud, se presentan los aportes teóricos y prácticos de la investigación para el ecosistema de innovación en Santander, se señalan las principales limitaciones del estudio y para cerrar, se ofrece un epílogo con una reflexión crítica de la autora sobre el trayecto investigativo:

En respuesta a la pregunta de investigación, sobre cómo desarrollar un proceso de transferencia tecnológica que facilite alianzas efectivas en organizaciones sanitarias de regiones emergentes, este estudio muestra que es esencial adoptar un enfoque integral: desde la identificación de necesidades de salud locales hasta la incorporación de criterios multidimensionales de madurez, riesgo y valor comercial. MITT-Salud materializa esta respuesta al estructurar un recorrido en seis pilares estratégicos, soportados por tres ejes transversales, que guían de manera coherente la priorización, protección, pilotaje, licenciamiento modular, financiamiento por etapas y escalamiento. De esta manera, proporciona a los gestores un marco coherente, criterios de decisión fundamentados y herramientas específicas adaptadas al complejo entorno de la innovación en salud.

Por otra parte, la caracterización del ecosistema de Santander, enriquecida por entrevistas a expertos, reveló una masa crítica de investigación biomédica y un gran entramado multidisciplinar con potencial de innovación. Sin embargo, también expuso brechas significativas en interoperabilidad de sistemas, cultura de colaboración y agilidad regulatoria. La cartografía de patentes y los grupos reconocidos por Minciencias confirmaron esta fragmentación, que limita la transferencia y escalamiento de proyectos sanitarios, especialmente cuando su éxito depende de alianzas colaborativas. Estos hallazgos subrayan

que, aunque la región posee capacidades de alto valor, la falta de articulación entre actores y subsistemas es el principal obstáculo para transformar el conocimiento en soluciones clínicas efectivas. Partiendo de esta realidad, MITT-Salud se diseñó para alinear sus seis pilares y tres ejes operativos con las necesidades y fortalezas locales, fortaleciendo los vínculos institucionales y reduciendo las barreras que frenan la transferencia tecnológica en salud.

En cuanto al mapeo y validación de factores clave, agrupados en entorno, tecnología y actores, constituyen una tipología novedosa para la transferencia sanitaria y aportan un andamiaje conceptual robusto. En la dimensión de entorno se destacaron la gobernanza regulatoria y la infraestructura de soporte; en tecnología, la madurez y la interoperabilidad; y en actores, la especialización del talento humano y la capacidad de negociación. Esta tipología no solo define las condiciones imprescindibles en cada subsistema, sino que se enlaza directamente a los seis pilares de MITT-Salud, asegurando que cada paso metodológico emane de hallazgos empíricos y refleje las dinámicas reales del ecosistema de innovación de Santander.

Además, la extracción de las prácticas replicables del estudio de casos, que van desde la protección proactiva de la propiedad intelectual hasta los esquemas flexibles de licenciamiento y financiamiento por hitos, refuerza la base empírica de MITT-Salud y convierte la propuesta en un instrumento operativo realista. Al contrastar acciones clave, se valida la pertinencia de los pilares metodológicos en entornos regulatoriamente complejos. Esto permite a los gestores priorizar recursos en mecanismos con historial probado, reducir la incertidumbre en cada fase de la transferencia y disponer de herramientas concretas para su aplicación en el corto plazo. De esta manera, el ejercicio de identificar y articular estas prácticas garantiza que una metodología no solo sea un marco teórico, sino un marco de trabajo pragmático y adaptable, alineado con las realidades del sector sanitario del departamento.

Con respecto a las implicaciones teóricas, la investigación cierra un vacío conceptual en la literatura de transferencia tecnológica sanitaria al integrar de forma simultánea dimensiones tecnológicas, de negocio, de propiedad intelectual y de sostenibilidad financiera. Ningún antecedente en la literatura había integrado estos componentes en un esquema secuencial y validado empíricamente para contextos de países en desarrollo. MITT-Salud enriquece el cuerpo teórico con una aproximación holística, extensible a otros contextos y orientada a generar conocimiento acumulado y articulado entre disciplinas.

Finalmente, en relación con las implicaciones prácticas, la propuesta metodológica elaborada para el SNCTI y las organizaciones sanitarias de Santander se perfila como una hoja de ruta integradora que acorta plazos de negociación, reduce riesgos regulatorios y optimiza la asignación de recursos. La sistematización de lecciones aprendidas y la capacitación estructurada fortalecen las capacidades internas, mientras que los convenios modulares y el pilotaje colaborativo generan confianza entre los socios, facilitando la concreción de acuerdos y la validación temprana de innovaciones.

Más allá de su carácter académico, el conocimiento construido en esta tesis aporta una mirada integral y rigurosa de los procesos de transferencia tecnológica en regiones emergentes. Al diagnosticar barreras regulatorias, brechas de interoperabilidad y vacíos en la colaboración interinstitucional, se establecen los fundamentos para ajustar políticas y prácticas, que aceleren el escalamiento de tecnologías médicas y soluciones digitales. MITT Salud, con sus pilares estratégicos y ejes operativos transversales, que, aun sin haberse probado in situ, proporciona un libro de ruta teórico práctico que permite a las instituciones transformar resultados de laboratorio en prototipos y éstos en aplicaciones clínicas efectivas. De este modo, la propuesta no solo enriquece el acervo académico, sino que constituye un mecanismo replicable para transformar realidades: un sistema de salud más eficiente, innovador y alineado con las necesidades del paciente y las exigencias regulatorias.

Limitaciones de la investigación

Este trabajo presenta varios condicionantes que deben considerarse al evaluar sus resultados y orientar futuras líneas de investigación. En primer lugar, el alcance geográfico se limitó al departamento de Santander, lo que, si bien permitió un diagnóstico exhaustivo del ecosistema local, restringe la generalización de los hallazgos a otras regiones con dinámicas de innovación distintas.

En segundo lugar, el enfoque cualitativo y el reducido número de entrevistados ofrecieron una comprensión profunda y matizada, pero reflejan una muestra acotada que, en estudios posteriores, podría complementarse con métodos cuantitativos o análisis de redes más amplios para verificar la prevalencia de los factores identificados. Adicionalmente, la búsqueda de casos exitosos documentados en Santander se vio limitada por la escasa sistematización de experiencias locales, lo que obligó a depender en gran medida de fuentes secundarias y reveló la necesidad de fortalecer la cultura de registro y difusión de resultados en la región.

Por último, la propuesta metodológica MITT-Salud no fue sometida a pilotaje de campo, dado que el objetivo principal de este estudio fue configurar un marco teórico y empírico con potencial de aplicación práctica. La validación experimental en organizaciones del SNCTI mediante pilotos controlados para ajustar flujos, calibrar herramientas y medir su impacto real, se plantea como tarea prioritaria para consolidar su utilidad y robustez operativa.

9. Recomendaciones

Para enriquecer y generalizar el cuerpo teórico construido, se sugiere replicar este estudio inicialmente en sectores con alta intensidad de investigación e innovación y relevancia estratégica en Santander, como las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el agro tecnológico. Estas áreas enfrentan retos similares de regulación emergente, transferencia de conocimiento y colaboración interinstitucional, de modo que contrastar sus fortalezas y cuellos de botella en procesos de TT bajo marcos regulatorios y culturas organizativas diversas permitirá diseñar metodologías más sólidas y de mayor alcance. Simultáneamente, los análisis comparativos entre entidades públicas y privadas ilustrarán facilitadores y barreras propias de cada modelo organizacional, enriqueciendo las recomendaciones adaptadas a contextos sectoriales específicos.

Adicionalmente, es prioritario validar empíricamente los constructos y relaciones propuestos mediante enfoques cuantitativos. Se recomienda aplicar modelos de regresión múltiple, análisis factorial confirmatorio y ecuaciones estructurales para medir el peso relativo de cada factor clave en el éxito de la TT. Asimismo, la incorporación de técnicas de machine learning (clasificación supervisada, árboles de decisión y redes neuronales) facilitará la detección de patrones ocultos y relaciones no lineales, fortaleciendo la predictibilidad de los instrumentos de scoring y priorización.

Finalmente, la ejecución de pilotos de campo de MITT-Salud en instituciones del SNCTI de Santander sería fundamental para ajustar sus herramientas y flujos de trabajo, evaluar su aplicabilidad real y medir su impacto en plazos de negociación, tasas de éxito de acuerdos y eficiencia regulatoria. Estos ensayos controlados confirmarían la viabilidad práctica de la propuesta y orientarían su escalamiento a nivel nacional.

Referencias bibliográficas

- Abraham, S., Bain, D., Bowers, J., Kenty, H., Larivee, V., Leira, F., Xie, J. y Tsang, J. (2015). Overview of Best Practices for Biopharmaceutical Technology Transfers. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 69(5), 645–649. <https://doi.org/10.5731/pdajpst.2015.01086>
- Agley, J., Gassman, R., Reho, K., Roberts, J., Heil, S. K. R., Castillo, G. y Golzarri-Arroyo, L. (2024). Continuous Quality Improvement in the Substance Abuse and Mental Health Services Administration's Technology Transfer Center Network: A Process Evaluation. *Evaluation & the Health Professions*, 47(2), 154–166. <https://doi.org/10.1177/01632787241234882>
- Ahmad Mallana, M. F. B., Iqbal, A. M., Iqbal, S., Khan, A. S. y Senin, A. A. (2013). The Critical Factors for the Successful Transformation of Technology from Developed to Developing Countries. *Jurnal Teknologi*, 64(3). <https://doi.org/10.11113/jt.v64.2278>
- Amadi Echendu, J. y Mulamula, G. (2010). A case study on technology transfer, capacity building and sustainable development: Portland International Center for Management of Engineering and Technology - Technology Management for Global Economic Growth, PICMET '10. *Portland International Center for Management of Engineering and Technology*(5603413). <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-78549242983&origin>
- Andrade, H. d. S., Soto Urbina, L. M., Follador, Andrea de Oliveira Neto y Da Neves, E. A. (2016). Processes for the intellectual property commercialization in a technology licensing office, 37(17), Artículo 19. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85018240545&origin>

- Angrisani, M., Cannavacciuolo, L. y Rippa, P. (2023). Framing the main patterns of an academic innovation ecosystem. Evidence from a knowledge-intensive case study. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 29(11), 109–131. <https://doi.org/10.1108/IJEER-12-2022-1088>
- Anser, M. K., Ahmad, M., Khan, M. A., Nassani, A. A., Askar, S. E., Zaman, K., Abro, M. M. Q. y Kabbani, A. (2022). Prevention of COVID-19 pandemic through technological innovation: Ensuring global innovative capability, absorptive capacity, and adaptive healthcare competency. *International Journal of Environmental Science and Technology : IJEST*, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04494-0>
- Arias, J. y Aristizábal, C. (2011). Transferencia de conocimiento orientada a la innovación social en la relación ciencia-tecnología y sociedad. *Pensamiento Y Gestión*(31), 137–166.
- Arteche, M. de, Welsh, S. V., Santucci, M. y Carrillo, E. (2020). Telemedicina en latinoamerica: caso Argentina, Bolivia y Colombia. *Revista Venezolana De Gerencia*, 25(91), 955–975. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i91.33176>
- Ashekele, H. M. y Matengu, K. (2008). Success factors in technology transfer to SME's: Rundu woodwork common facility center. En *PICMET '08 - 2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology* (pp. 2190–2196). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2008.4599841>
- Baglieri, D., Baldi, F. y Tucci, C. L. (2018). University technology transfer office business models: One size does not fit all. *Technovation*, 76-77, 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.05.003>
- Bansal, A [Ajit], Tewari, A., Katoch, G., Budhiraja, A. y Bansal, A [Anu] (2023). Challenges and policy approach to transfer of technology in the pharmaceutical sector. En *AIP Conference Proceedings, RECENT ADVANCES IN SCIENCES, ENGINEERING,*

INFORMATION TECHNOLOGY & MANAGEMENT (p. 20102). AIP Publishing.

<https://doi.org/10.1063/5.0155590>

Barber, M. (2024). Technology transfer, intellectual property, and the fight for the soul of

WHO. *PLOS Global Public Health*, 4(12), e0003940.

<https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0003940>

Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of*

Management, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

Battistella, C., Ferraro, G. y Pessot, E. (2023). Technology transfer services impacts on open

innovation capabilities of SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 196,

122875. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122875>

Benavides, O., Mayumi, Gómez-Restrepo y Carlos (2005). Métodos en investigación

cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana De Psiquiatría*, XXXIV(1).

<https://www.redalyc.org/pdf/806/80628403009.pdf>

BID (2022). La gran oportunidad de la salud digital en América Latina y el Caribe.

[https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/La-gran-oportunidad-de-la-](https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/La-gran-oportunidad-de-la-salud-digital-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf)

[salud-digital-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/La-gran-oportunidad-de-la-salud-digital-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf)

BID Lab y HolonIQ. (2024). *Health Innovation & Technology in Latin America & the*

Caribbean. HolonIQ, BID Lab. <https://doi.org/10.18235/0012923>

Blanch, L., Guerra, L., Lanuza, A. y Palomar, G. (2014). Innovation and technology transfer

in the health sciences: A cross-sectional perspective. *Medicina Intensiva*, 38(8), 492–

497. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2014.04.012>

Borge, L. y Bröring, S. (2020). What affects technology transfer in emerging knowledge areas?

A multi-stakeholder concept mapping study in the bioeconomy. *The Journal of*

Technology Transfer, 45(2), 430–460. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9702-4>

- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy*, 29(4-5), 627–655. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- Bozeman, B., Rimes, H. y Youtie, J. (2015). The evolving state-of-the-art in technology transfer research: Revisiting the contingent effectiveness model. *Research Policy*, 44(1), 34–49. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.06.008>
- Bravo Ibarra, E. R., Alvarez Pulido, K. L. y Serrano Cárdenas, L. F. (2016). Health Innovation: A Review of The Scientific Literature from The Past Decade. *Dimensión Empresarial*, 15(1). <https://doi.org/10.15665/rde.v15i1.559>
- Brownson, R. C., Proctor, E. K., Luke, D. A., Baumann, A. A., Staub, M., Brown, M. T. y Johnson, M. (2017). Building capacity for dissemination and implementation research: One university's experience. *Implementation Science : IS*, 12(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s13012-017-0634-4>
- Cameron, B. H. (2005). *IT Portfolio Management: Implications for IT strategic alignment*. Curran Associates Inc.
- Campos, N., Cortés, M. d. L. Á., Pippo, T. A., Rius, J., Fitzgerald, J. y Couve, A. (2025). Multiple factors shape technology transfer for the development and manufacture of vaccines in Latin America and the Caribbean. *Biologicals : Journal of the International Association of Biological Standardization*, 90, 101826. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2025.101826>
- Canto, A. M., Blanco, C. y Pazos, P. (2012). *Factors impacting technology transfer: The maquiladora industry in Yucatan, Mexico. 62nd IIE Annual Conference and Expo 2012*. Institute of Industrial Engineers. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84900324556&origin>
- Carayannis, E. G. (2011). Critical Success and Failure Factors and Lessons Learned. En M. del Giudice, M. R. Della Peruta y E. G. Carayannis (Eds.), *Innovation, Technology, and*

- Knowledge Management. Knowledge and the Family Business* (Vol. 7, pp. 251–260). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7353-5_9
- Carayannis, E. G., Samara, E. T. y Bakouros, Y. L. (2014). Entrepreneurship and Innovation Practices. En E. G. Carayannis, E. T. Samara y Y. L. Bakouros (Eds.), *Innovation, Technology, and Knowledge Management. Innovation and entrepreneurship: Theory, policy and practice* (pp. 159–201). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11242-8_7
- Cassi, L., Corrocher, N., Malerba, F. y Vonortas, N. (2008). RESEARCH NETWORKS AS INFRASTRUCTURE FOR KNOWLEDGE DIFFUSION IN EUROPEAN REGIONS. *Economics of Innovation and New Technology*, 17(7-8), 663–676. <https://doi.org/10.1080/10438590701785603>
- Ceccagnoli, M. y Hicks, D. (2013). Complementary Assets and the Choice of Organizational Governance: Empirical Evidence From a Large Sample of U.S. Technology-Based Firms. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 60(1), 99–112. <https://doi.org/10.1109/TEM.2012.2201159>
- Chapple, W., Lockett, A., Siegel, D. y Wright, M [Mike] (2005). Assessing the relative performance of U.K. university technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence. *Research Policy*, 34(3), 369–384. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.01.007>
- Chehrehpak, M., Alizadeh, A. y Shirkouhi, S. N. (2018). An empirical study on factors influencing technology transfer using structural equation modelling. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 23(3), Artículo 89801, 273. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2018.089801>
- Chen, R.-S., Sun, C.-M., Helms, M. M. y Jih, W.-J. (2008). Aligning information technology and business strategy with a dynamic capabilities perspective: A longitudinal study of

- a Taiwanese Semiconductor Company. *International Journal of Information Management*, 28(5), 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2008.01.015>
- Chinchilla-Rodríguez, Z., Benavent-Pérez, M., Moya-Anegón, F. de y Miguel, S. (2012). International collaboration in Medical Research in Latin America and the Caribbean (2003–2007). *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(11), 2223–2238. <https://doi.org/10.1002/asi.22669>
- Chooi, K. Y., Webb, J. R. y Bernard, K. N. (2020). Technology Transfer and International Organisations: The Question of Localisation. En R. Heeks, P. Bhatt, M. Huq, C. Lewis y A. Shibli (Eds.), *Technology and Developing Countries* (pp. 198–214). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781315037516-23>
- Chung, Y., Salvador-Carulla, L., Salinas-Pérez, J. A., Uriarte-Uriarte, J. J., Iruin-Sanz, A. y García-Alonso, C. R. (2018). Use of the self-organising map network (SOMNet) as a decision support system for regional mental health planning. *Health Research Policy and Systems*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s12961-018-0308-y>
- CIE & CCB (2024). Actividad empresarial del sector SALUD en Santander 2024.
- CPC & Universidad del Rosario (2025). Índice Departamental de Competitividad 2025, 101–103.
- Craiut, L., Bungau, C., Negru, P. A., Bungau, T. y Radu, A.-F. (2022). Technology Transfer in the Context of Sustainable Development—A Bibliometric Analysis of Publications in the Field. *Sustainability*, 14(19), 11973. <https://doi.org/10.3390/su141911973>
- CVN (2023). Importaciones de equipos médicos en Colombia superaron los \$16 millones de dólares durante 2022. <https://cvn.com.co/importaciones-de-equipos-medicos-en-colombia-superaron-los-16-millones-de-dolares-durante-2022/>

- Da Fonseca, E. M., Shadlen, K. C. y Bastos, F. I. (2021). The politics of COVID-19 vaccination in middle-income countries: Lessons from Brazil. *Social Science & Medicine (1982)*, 281, 114093. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114093>
- Da Silva, V. L., Kovaleski, J. L. y Pagani, R. N. (2022). Fundamental elements in Technology Transfer: an in-depth analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 34(2), 223–244. <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1894328>
- Da Silva Florencio, M. N. y Oliveira, A. de (2022). The importance of absorptive capacity in technology transfer and organizational performance: a systematic review. *International Journal of Innovation Management*, 26(02), Artículo 2230001. <https://doi.org/10.1142/S136391962230001X>
- DAFP (2024). Manual Operativo MIPG.
- Dahl, C. L. (2020). Reviewing inter partes review five years in: the view from university technology transfer offices. En J. H. Rooksby (Ed.), *Research handbooks in intellectual property. Research handbook on intellectual property and technology transfer*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788116633.00026>
- Dai, L., Ding, Z., Ma, H., Cao, Z. y Wang, R. (2024). Spatial linkages and endogenous mechanisms of technology transfer in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Dili Xuebao/Acta Geographica Sinica*, 79, 1503–1520. <https://doi.org/10.11821/dlxb202406009>
- Damianov, D. (2019). Lifecycle of Innovation and Life Cycle of an Innovative Product. En *2019 International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth (CREBUS)* (pp. 1–4). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CREBUS.2019.8840060>
- Davies, G. H., Flanagan, J., Bolton, D., Roderick, S. y Joyce, N. (2021). University knowledge spillover from an open innovation technology transfer context. *Knowledge*

Management Research & Practice, 19(1), 84–93.

<https://doi.org/10.1080/14778238.2020.1746204>

Davis, K. E. (2005). Regulation of Technology Transfer to Developing Countries: The

Relevance of Institutional Capacity *Law & Policy*, 27(1), 6–32.

https://doi.org/10.1111/j.1467-9930.2004.00189_27_1.x

Davydiuk, O., Shvydka, T., Hnatkivskyi, B., Ivanova, H. y Vaksman, R. (2024). Determining

directions for improving the legal regulation of technology transfer forms. *Eastern-*

European Journal of Enterprise Technologies, 2(13 (128)), 58–65.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301879>

Dell’Anno, D. y del Giudice, M. (2015). Absorptive and desorptive capacity of actors within

university-industry relations: does technology transfer matter? *Journal of Innovation*

and Entrepreneurship, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-015-0028-2>

Diebold, P., Vetro, A. y Mendez Fernandez, D. (2015). An Exploratory Study on Technology

Transfer in Software Engineering. En *2015 ACM/IEEE International Symposium on*

Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM) (pp. 1–10). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ESEM.2015.7321189>

Ding, Y., Zhang, Y [Yang] y Zhou, H. (2009). The strategy of technology transfer: A dynamic

analysis on standards, technology life cycle and international expansion. En *2009 16th*

International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management

(pp. 603–607). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIEEM.2009.5344520>

Do Nascimento Gambi, L. y Debackere, K. (2025). The Importance of an Inclusive

Technology Transfer Office Culture in Linking University and Industry. *CERN*

IdeaSquare Journal of Experimental Innovation, 9.

<https://doi.org/10.23726/CIJ.2025.1571>

- Doran, P., Thomson, R. y Webster, E. (2024). When royalties impede technology transfer. *The Journal of Technology Transfer*, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10961-024-10095-5>
- Durán, C., Sepulveda, J. y Carrasco, R. (2018). Determination of technological risk influences in a port system using DEMATEL. *Decision Science Letters*, 1–12. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2017.5.002>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. https://www.jstor.org/stable/pdf/258557.pdf?refreqid=fastly-default%3Aebf5b3a1b65c9d4e86e19b0110311d58&ab_segments=&initiator=&acceptTC=1
- Ekboir, J. M. (2003). Research and technology policies in innovation systems: zero tillage in Brazil. *Research Policy*, 32(4), 573–586. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00058-6](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00058-6)
- El Tiempo (2023). La calidad del Invima no se puede sacrificar: Afidro. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/salud/la-calidad-del-invima-no-se-puede-sacrificar-afidro-734084>
- Ernst, D. (2019). A Code of Conduct for the Transfer of Technology: Establishing New Rules or Codifying the Status Quo? En K. P. Sauvant y H. Hasenpflug (Eds.), *The New International Economic Order* (pp. 297–314). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429313110-19>
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fang, Q. y Xie, H.-M. (2022). Configuration effects of policy supply and policy coordination for technology transfer. *Studies in Science of Science*, 40(6), 991–1000. <https://www->

scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-86000159515&origin

Ferraro, G. y Iovanella, A. (2017). Technology transfer in innovation networks. *International Journal of Engineering Business Management*, 9, Artículo 1847979017735748. <https://doi.org/10.1177/1847979017735748>

Flick, U. (2015). *El diseño de investigación cualitativa*. Ediciones Morata S.L.

Flyvbjerg, B. (2006). Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Qualitative Inquiry*, 12(2), 219–245. <https://doi.org/10.1177/1077800405284363>

Foley, T. y Horwitz, L. I. (2025). *Learning Health Systems*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325912>

Fukugawa, N. (2013). Strategic Fit Between Regional Innovation Policy and Regional Innovation Systems: The Case of Local Public Technology Centers in Japan. En A. Pyka y E. S. Andersen (Eds.), *Long Term Economic Development* (pp. 295–311). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35125-9_13

Garcia, A., Ganey, N. y Wilbert, J. (2017). *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2017 Annual Meeting*. Human Factors and Ergonomics Society; MIRA Conference.

García Martí, S., Pichon-Riviere, A., Augustovski, F. y Espinoza, M. (2024). How can managed entry agreements contribute to coverage decisions in Latin America? *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 40(1), e65. <https://doi.org/10.1017/S0266462324000527>

Gbadago, F. Y. (2025). Analyzing local content and in-country spending requirements to advance technology transfers and support entrepreneurial development in Ghana's upstream petroleum sector. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04549-w>

- Gerli, F., Calderini, M. y Chiodo, V. (2022). An ecosystemic model for the technological development of social entrepreneurship: exploring clusters of social innovation. *European Planning Studies*, 30(10), 1962–1984. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1999396>
- González Sabater, J. (2009). *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*. www.gonzalezsabater.com.
- Gorschek, T., Garre, P., Larsson, S. y Wohlin, C. (2006). A Model for Technology Transfer in Practice. *IEEE Software*, 23(6), 88–95. <https://doi.org/10.1109/MS.2006.147>
- Govindarajan, U. H., Narang, G., Singh, D. K. y Yadav, V. S. (2025). Blockchain technologies adoption in healthcare: Overcoming barriers amid the hype cycle to enhance patient care. *Technological Forecasting and Social Change*, 213, 124031. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124031>
- Granieri, M. (2019). *TTOS as hybrid organization: Strategies of integration and differentiation*. International Business Information Management Association, IBIMA. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074066845&origin>
- Grzegorzczuk, M. (2019). The role of culture-moderated social capital in technology transfer – insights from Asia and America. *Technological Forecasting and Social Change*, 143, 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.021>
- Guerrero Rincón, I., Ramoni Perazzi, J., Ruiz Herrera, F. J., Viana Barceló, R. A., Romero Valbuena, H. L., Guerrero Rincón, A. A., Pérez Cáceres, N. A. y Romero Pabón, G. A. (2025). *Diagnóstico del sector Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) en Santander* (1ª ed.).
- Guzman, C., Mattar, S., Alvis-Guzman, N., La Hoz, F. D. y Arias, E [Edgar] (2024). Biotechnological sovereignty is not a mere nationalist concept, it is a necessity for

- Colombia and Latin America. *Cadernos De Saude Publica*, 40(9), e00202323.
<https://doi.org/10.1590/0102-311XEN202323>
- Hafeez, A., Shamsuddin, A. B., Saeed, B., Mehmood, A. y Andleeb, N. (2020). Exploring the impact of absorptive capacity on technology transfer effectiveness mediated by organizational innovation: A conceptual framework, 9(3). <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85082672263&origin>
- Han, J.-S. y Lee, S.-Y. T. (2013). The impact of technology transfer contract on a firm's market value in Korea. *The Journal of Technology Transfer*, 38(5), 651–674.
<https://doi.org/10.1007/s10961-012-9257-8>
- Hassan, A., Jamaluddin, M. Y. y Menshawi, K. M. (2015). International technology transfer models: A comparison study. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 78(1), 95–108. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84938932484&origin>
- Hassan, A., Jamaluddin, M. Y. y Queiri, A. (2016). TECHNOLOGY TRANSFER MODEL FOR THE LIBYAN INFORMATION AND COMMUNICATION INDUSTRY. *Jurnal Teknologi*, 78(8), 99–100. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.5872>
- Hawley, M. S. y Brownsell, S. (2011). Mainstream adoption: assistive technology transfer's final hurdle. En *Assistive Technology Research Series. Everyday Technology for Independence and Care*. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-814-4-340>
- Heeks, R., Bhatt, P., Huq, M., Lewis, C. y Shibli, A. (Eds.). (2020). *Technology and Developing Countries*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781315037516>
- Henke, R. (2012). Managing innovative technology development in aeronautics: technology assessment (TA) techniques. En T. M. Young y M. Hirst (Eds.), *Woodhead Publishing in materials. Innovation in aeronautics* (pp. 214–224). Woodhead Publishing.
<https://doi.org/10.1533/9780857096098.2.214>

- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.). McGraw-Hill.
- Hilkevics, S. y Hilkevics, A. (2017). The comparative analysis of technology transfer models. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 540–558. [https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4\(11\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(11))
- Holmén, M., Sanchez-Preciado, D. J. y Ljungberg, D. (2025). How does technology transfer evolve in rural regions? Transferors, recipients, and the role of absorptive capacity in developing economies. *Journal of Rural Studies*, 118, 103688. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2025.103688>
- Holt, L. K. (2007). *A tool for technology transfer evaluation: Technology Transfer Readiness Levels, (TTRLs): 58th International Astronautical Congress 2007*. Curran.
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35(5), 715–728. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.005>
- Huang, G., Li, Y., Tang, Y. y Peng, Y. (2009). Three cycle model of technological innovation and linking models based on the science-technology value chain. En J. Xu, V. Kachitvichyanukul y Y. Jiang (Eds.), *Management science and engineering management. Proceedings of the Third International Conference on Management Science and Engineering Management: Bangkok, Thailand, November 2-4, 2009* (pp. 536–540). World Academic Union.
- Jabar, J. y Soosay, C. (2010). An assessment of technology transfer in Malaysian manufacturers and the impact on performance and innovativeness. En *2010 IEEE International Conference on Management of Innovation & Technology* (pp. 983–989). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2010.5492874>
- Jennett, P. y Watanabe, M. (2006). Healthcare and Telemedicine: Ongoing and Evolving Challenges. *Disease Management & Health Outcomes*, 14(Suppl 1), 9–13. <https://doi.org/10.2165/00115677-200614001-00004>

- Jiang, X., Wu, H., Wang, Q. y Li, G. (2020). Preliminary study on the pathway of scientific and technological achievements of clinical hospitals transferred by medical device enterprises in the Yangtze River Delta. *Chinese Journal of Medical Science Research Management*, 33(6), 421–425. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn113565-20200322-00101>
- Jiménez, V. y Comet, C. (2016). Los estudios de caso como enfoque metodológico. *ACADEMO Revista De Investigación En Ciencias Sociales Y Humanidades*, 3(2).
- Jin, D., Mo, X., Subramanian, A. M., Chai, K. H. y Hang, C. C. (2016). Key management processes to technology transfer success. En *2016 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)* (pp. 67–71). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2016.7605009>
- Jo, D. y Park, J. (2020). Evaluation of Technology Transfer Performance in Technology-Based Firms. En R. Lee (Ed.), *Studies in Computational Intelligence: Vol. 850. Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing* (Vol. 850, pp. 247–260). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26428-4_16
- Kahouli, B., Omri, A. y Afi, H. (2024). Technological innovations and health performance: Effects and transmission channels. *Technological Forecasting and Social Change*, 204, 123450. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123450>
- King, M. L. (2024). How manufacturing won or lost the COVID-19 vaccine race. *Vaccine*, 42(5), 1004–1012. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.12.031>
- Kokot-Stępień, P. y Krawczyk, P. (2023). *Business Environment Institutions as a Catalyst for Knowledge and Technology Transfer*. Academic Conferences and Publishing International Limited.

- Koo, J. (2007). Determinants of Localized Technology Spillovers: Role of Regional and Industrial Attributes. *Regional Studies*, 41(7), 995–1011. <https://doi.org/10.1080/00343400601142746>
- Košturiak, J. y Debnár, R. (2007). Continuous innovation process and knowledge management. En M. Zeleny, Y. Shi, D. L. Olson y A. Stam (Eds.), *Advances in multiple criteria decision making and human systems management: Knowledge and wisdom in honor of Professor Milan Zeleny* (pp. 289–302). IOS Press.
- Kriste, M., Moffett, S., McAdam, R. y Brennan, M. (Eds.) (2012). *What effect does multi-stakeholder roles and interactions have on university technology commercialisation*. Academic Publishing.
- Krücken, G., Meier, F. y Müller, A. (2007). Information, cooperation, and the blurring of boundaries – technology transfer in German and American discourses. *Higher Education*, 53(6), 675–696. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-7650-4>
- Kruger, S. y Steyn, A. A. (2020). Enhancing technology transfer through entrepreneurial development: practices from innovation spaces. *The Journal of Technology Transfer*, 45(6), 1655–1689. <https://doi.org/10.1007/s10961-019-09769-2>
- Lai, W.-H. y Tsai, C.-T. (2008). Analyzing influence factors of technology transfer using fuzzy set theory. En *PICMET '08 - 2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology* (pp. 2287–2295). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2008.4599852>
- Laperche, B. (2021). Pattern – Linear, Interactive and Hybrid Patterns of Innovation. En D. Uzunidis, F. Kasmi y L. Adatto (Eds.), *Innovation Economics, Engineering and Management Handbook 1* (pp. 265–274). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119832492.ch32>

- Larasati, R. (2023). AI in Healthcare: Impacts, Risks and Regulation to Mitigate Adverse Impacts: 3rd Workshop on Adverse Impacts and Collateral Effects of Artificial Intelligence Technologies, *AiOfAi 2023*, 3593, 27–32. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85180796691&origin=scopus>
- Lavoie, J. R. y Daim, T. (2020). Towards the assessment of technology transfer capabilities: An action research-enhanced HDM model. *Technology in Society*, 60, 101217. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101217>
- Lavoie, J. R., Daim, T. y Carayannis, E. G. (2022). Technology Transfer Evaluation: Driving Organizational Changes Through a Hierarchical Scoring Model. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(6), 3392–3406. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3042452>
- Leischnig, A., Geigenmueller, A. y Lohmann, S. (2014). On the role of alliance management capability, organizational compatibility, and interaction quality in interorganizational technology transfer. *Journal of Business Research*, 67(6), 1049–1057. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.06.007>
- Liggins, G. y Robinson, R. (2005). Plan for technology transfer at the outset. En *2005 IEEE International Engineering Management Conference: September 11-13, 2005, St. John's, Newfoundland & Labrador, Canada* (pp. 63–67). IEEE Operations Center. <https://doi.org/10.1109/IEMC.2005.1559088>
- Liu, B., Tang, N. y Zhu, X. (2008). Transferring technology across borders: institutional effects in Chinese context. *The Journal of Technology Transfer*, 33(6), 619–630. <https://doi.org/10.1007/s10961-007-9054-y>

- Liu, Y., Li, M., Feng, H. y Feng, N. (2024). Technological cooperation or competition? optimal strategies of incumbent and entrant in ICT markets. *Omega*, 125, 103037. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103037>
- Liu, Z. y Ding, R. (2023). Dynamic Evaluation of Project Governance in Collaborative Innovation Projects: A Case of Industry Technology Research Institute. *Sustainability*, 15(16), 12493. <https://doi.org/10.3390/su151612493>
- López Mendoza, X. y Mauricio, D. (2020). Critical success factors in the stages of technological transfer from university to industry: study in the Andean countries. *International Journal of Business and Systems Research*, 14(1), Artículo 104151, 95. <https://doi.org/10.1504/IJBSR.2020.104151>
- los Ríos, M. de y Galvis Tovar, J. E. (2024). Colombia: Integration of Health Data Protection Regulations and the Case for International Health Data Transfers. En M. Corrales Compagnucci y M. Fenwick (Eds.), *Perspectives in Law, Business and Innovation. International Transfers of Health Data* (pp. 239–259). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-9983-1_12
- Ma, H., Wei, Y. D., Dai, L. y Xu, X. (2022). The proximity and dynamics of intercity technology transfers in the Guangdong–Hong Kong–Macau Greater Bay Area: Evidence from patent transfer networks. *Environment and Planning a: Economy and Space*, 54(7), 1432–1449. <https://doi.org/10.1177/0308518X221104822>
- Mahmoud, O., Khalifa, O., Hashim, A.-H., Rashid, S. y Ahmed, S. (2012). Technology transfer in developing countries. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 6, Artículo 19981090. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84863184641&origin>

- Majidpour, M. (2012). Externalities in North-South technology transfer: the case of CNG engines in Iran. *World Review of Science, Technology and Sustainable Development*, 9(1), Artículo 44774, 1. <https://doi.org/10.1504/WRSTSD.2012.044774>
- Makedon, V., Myachin, V., Plakhotnik, O., Fisunen, N. y Mykhailenko, O. (2024). Transfer of technologies: industry, energy, nanotechnology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(13 (128)), 47–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796>
- Manatovna, T. A., Dabylytayeva, N. E., Ruziyeva, E. A., Sakhanova, G. y Yelubayeva, Z. M. (2023). Unlocking Intersectoral Integration in Kazakhstan's Agro-Industrial Complex: Technological Innovations, Knowledge Transfer, and Value Chain Governance as Predictors. *Economies*, 11(8), 211. <https://doi.org/10.3390/economies11080211>
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E [Esteban] y Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas [Systematic reviews of the literature: what should be known about them]. *Cirugia española*, 91(3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Marais, R., Grobbelaar, S. y Kock, I. H. de. (2020). *A comparative review of technology transfer in sub-saharan Africa infrastructure requirements of healthcare technologies*. International Association of Management of Technology. 26th International Association for Management of Technology Conference, IAMOT 2017, Leoben, Austria.
- Mazurkiewicz, A., Giesko, T., Poteralska, B. y Tan, K. H. (2022). Crossing the chasm: overcoming technology transfer barriers resulting from changing technical requirements in the process of innovation development in R&D organisations. *Technology Analysis & Strategic Management*, 34(10), 1187–1201. <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1950673>

- Mendoza, X. P. L. y Sanchez, D. S. M. (2018). A systematic literature review on technology transfer from university to industry. *International Journal of Business and Systems Research*, 12(2), Artículo 90699, 197. <https://doi.org/10.1504/IJBSR.2018.090699>
- Mercado, S. M., Querijero, Nelson Jose Vicent B. y Lapitan, A. V. (2024). Contingent Effectiveness In Technology Transfer Of Two Animal Feed Innovations In A Philippine State University's Public Research Institute. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 30(2), 195–209. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85211603491&origin>
- Min, J.-W., Kim, Y. y Vonortas, N. S. (2020). Public technology transfer, commercialization and business growth. *European Economic Review*, 124(103407), 103407. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2020.103407>
- Min, J.-W., Vonortas, N. S. y Kim, Y. (2019). Commercialization of transferred public technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.10.003>
- Minciencias (2023). Políticas de Investigación e innovación orientadas por Misiones-PIIOM: Misión Soberanía Sanitaria y Bienestar Social.
- Minciencias (2024). Informe de Gestión de Minciencias 2024.
- Minsalud (2015). Marco conceptual de análisis de los sistemas de salud. <https://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/Marco%20Conceptual%20de%20An%C3%A1lisis%20de%20los%20Sistemas%20de%20Salud-%20CAP%201.pdf>
- Minsalud. (2024). *MinSalud lanza estrategia orientada al fortalecimiento de la gestión de la gobernanza en todo el territorio nacional*. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/estrategia-orientada-al-fortalecimiento-de-la-gestion-de-la-gobernanza-en-todo-el-territorio-nacional.aspx>

- Mowery, D. C. (1983). The relationship between intrafirm and contractual forms of industrial research in American manufacturing, 1900–1940. *Explorations in Economic History*, 20(4), 351–374. [https://doi.org/10.1016/0014-4983\(83\)90024-4](https://doi.org/10.1016/0014-4983(83)90024-4)
- Naidu, G. M. y Togay, M. (2015). On the Transfer of Technology and Management Know-How. *Proceedings of the 1982 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference*, 577. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16946-0_169
- Nakanishi, Y. J., Elrahman, O. A. y Horn, R. (2007). *Transportation technology transfer training and education needs: Boston, Massachusetts, USA, 15 - 17 March 2007*. Curran.
- Nascimento, S. M., Paiva, T. M. G. de, Kasuga, M. P. M., Silva, Thiago de Assis Furtado, Crozara, C. M. G., Byk, J. y Da Furtado, S. C. (2024). Artificial intelligence and its ethical and legal implications: an integrative review, 32, Artículo e3729. <https://doi.org/10.1590/1983-803420243729>
- Nazeer, N., Rasiah, R. y Furuoka, F. (2021). Technology Transfer, Technological Capability, Absorptive Capacity and Firm Performance: An Investigation of the Textile and Clothing Firms in Pakistan. *Malaysian Journal of Economic Studies*, 58(1), 99–124. <https://doi.org/10.22452/MJES.vol58no1.6>
- Negandhi, A. R. y Palia, A. P. (2018). Alternative Approaches to Development of Computer Technology: A Comparison of India, Japan, and Singapore. En E. Kaynak y K.-H. Lee (Eds.), *Global Business* (pp. 388–422). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429430213-18>
- Ocaña Samada, E., Pérez González, Y., Moreno Lavín, D., Guerra Betancourt, Katerine y Torres Guerra, A. (2023). Institutional Leadership In Technologies Transfer In the Health System. *Revista Cubana De Salud Publica*, 49(1), Artículo e3644. <https://www->

scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-

85152769857&origin

Oktay, F. y Özer, V. (2012). Technology Transfer Through Joint Ventures in the Aviation MRO Industry: The Case of Turkish Technic. En M. A. Yülek y T. K. Taylor (Eds.), *Designing Public Procurement Policy in Developing Countries* (pp. 235–252). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1442-1_12

Olcay, G. A. y Bulu, M. (2016). Technoparks and Technology Transfer Offices as Drivers of an Innovation Economy: Lessons from Istanbul's Innovation Spaces. *Journal of Urban Technology*, 23(1), 71–93. <https://doi.org/10.1080/10630732.2015.1090195>

OMPI. (2022). *Transferencia de conocimientos y tecnología*. OMPI. <https://www.wipo.int/es/web/technology-transfer>

Padua Filho, W. C., Padua, I. C. C. y Fernandes, N. S. (2019). Negotiation: techniques, strategies and approaches to medical professionals. *International Journal of Healthcare Management*, 12(1), 48–53. <https://doi.org/10.1080/20479700.2017.1389510>

Parkany, E. (2016). Webinars, Advisory Boards, Technology Transfer Implementation Plans, and Other Examples of Universities' Best Practices in Technology Transfer. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2552(1), 1–7. <https://doi.org/10.3141/2552-01>

PEDCTI (2020). Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación- PEDCTI Santander 2020. <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/pedcti-santander.pdf>

PINNOS, AFIDRO y Universidad El Bosque (2023). Panorama del Ecosistema de Innovación en Salud en Colombia 2023. *PINNOS*, 2.

Pivec, N. y Potočan, V. (2021). Strength of culture and transfer of knowledge in organizations. *Management*, 26(1), 21–35. <https://doi.org/10.30924/mjcmi.26.1.3>

- Pollard, D. (2006). Innovation and Technology Transfer Intermediaries: A Systemic International Study. En *Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams. Innovation through Collaboration* (Vol. 12, pp. 137–174). Emerald (MCB UP).
[https://doi.org/10.1016/S1572-0977\(06\)12006-3](https://doi.org/10.1016/S1572-0977(06)12006-3)
- Polónia, D. F. y Gradim, A. C. (2021). Innovation And Knowledge Flows In Healthcare Ecosystems: The Portuguese Case. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 18(3), 374–391. <https://doi.org/10.34190/ejkm.18.3.2122>
- Pontón Silva, J., Sánchez Salazar, E. y Botero Ospina, M. (2019). Technology Transfer Policy in Colombia-Recent developments: Case study contribution to the OECD TIP Knowledge Transfer and Policies project.
<https://stip.oecd.org/assets/TKKT/CaseStudies/6.pdf>
- Postolache, G., Girão, P. S. y Postolache, O. (1989). Requirements and Barriers to Pervasive Health Adoption. En F. Foulkes (Ed.), *The Tyndale New Testament commentaries. The letter of Paul to the Ephesians: An introduction and commentary* (2^a ed., Vol. 2, pp. 315–359). Inter-Varsity Press; Eerdmans. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32538-0_15
- Prud'homme, D., Zedtwitz, M. von, Thraen, J. J. y Bader, M. (2018). “Forced technology transfer” policies: Workings in China and strategic implications. *Technological Forecasting and Social Change*, 134, 150–168.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.022>
- Pyka, A. y Andersen, E. S. (Eds.). (2013). *Long Term Economic Development*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35125-9>
- Queiroz, M. y Coltman, T. (2013). *On the conceptualization of strategic information technology alignment: Development and validation of a multidimensional construct*.

- RMIT University. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84923862561&origin>
- Quiñones, R. S., Caladcad, J. A. A., Himang, C. M., Quiñones, H. G., Castro, C. J., Caballes, S. A. A., Abellana, D. P. M., Jabilles, E. M. Y. y Ocampo, L. A. (2020). Using Delphi and fuzzy DEMATEL for analyzing the intertwined relationships of the barriers of university technology transfer: Evidence from a developing economy. *International Journal of Innovation Studies*, 4(3), 85–104. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.07.002>
- Ravi, R. y Janodia, M. D. (2022). Factors Affecting Technology Transfer and Commercialization of University Research in India: a Cross-sectional Study. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(1), 787–803. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00747-4>
- Rho, S., Lee, M. y Makkonen, T. (2020). The role of open innovation platforms in facilitating user-driven innovation in innovation ecosystems. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 11(3), Artículo 10035203, 288. <https://doi.org/10.1504/IJKBD.2020.10035203>
- Rogers, E. M., Takegami, S. y Yin, J. (2001). Lessons learned about technology transfer. *Technovation*, 21(4), 253–261. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00039-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00039-0)
- Rothaermel, F. T. y Hill, C. W. L. (2005). Technological Discontinuities and Complementary Assets: A Longitudinal Study of Industry and Firm Performance. *Organization Science*, 16(1), 52–70. <https://doi.org/10.1287/orsc.1040.0100>
- Säär, A. y Rull, A. (2015). Technology Transfer in the EU: Exporting Strategically Important ICT Solutions to Other EU Member States. *Baltic Journal of European Studies*, 5(2), 5–29. <https://doi.org/10.1515/bjes-2015-0011>

- Saberwal, G. (2010). Bio-business in brief: A bit about technology transfer. *Current Science*, 99(2), Artículo 00113891. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-77956243544&origin>
- Sáez, Y., Batista, R. S., Vásquez, L. y Collado, E. (2024). Enhancing innovation through structured engagement: An analysis of technology transfer management at the Technological University of Panama. En *IEEE Technology and Engineering* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/TEMSCONLATAM61834.2024.10717713>
- Salgado Martínez, A. L. y Saravia Arenas, J. (2019). Conceptualization of technology transfer and its impact evaluation: Case Cotecmar(157381), 231–250. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85081101021&origin>
- Salicrup, L. A. y Fedorková, L. (2006). Challenges and opportunities for enhancing biotechnology and technology transfer in developing countries. *Biotechnology Advances*, 24(1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.06.004>
- Salvador-Carulla, L., Woods, C., Miquel, C. de y Lukersmith, S. (2024). Adaptation of the technology readiness levels for impact assessment in implementation sciences: The TRL-IS checklist. *Heliyon*, 10(9), e29930. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29930>
- Sánchez Preciado, D. J. (2022). *Enabling Transfer of Intermediate Technologies - A Rural Business Project Case in Rural Colombia*. 28th IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC-IAMOT55089.2022.10033278>
- Sapaloglu, I. y Bolatan, G. I. S. (2022). The Impact Of Innovation Performance On Operational Performance: The Example Of Technopark Istanbul. En *2022 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON EUROPE)*

(pp. 100–105).

IEEE.

<https://doi.org/10.1109/TEMSCONEUROPE54743.2022.9802023>

Sarmiento, M. G. (2023). *Documento Técnico “Política Pública De Ciencia, Tecnología E Innovación para el Departamento de Santander 2023-2032”*. Gobernación de Santander.

Seleman, A. y Bhat, M. G. (2016). Multi-criteria assessment of sanitation technologies in rural Tanzania: Implications for program implementation, health and socio-economic improvements. *Technology in Society*, 46, 70–79.
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.04.003>

Serrano-Ruiz, J. C., Ferreira, J., Jardim-Goncalves, R. y Ortiz, Á. (2025). Relational network of innovation ecosystems generated by digital innovation hubs: a conceptual framework for the interaction processes of DIHs from the perspective of collaboration within and between their relationship levels. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 36(3), 1505–1545. <https://doi.org/10.1007/s10845-024-02322-5>

Shankar, U., Bandopadhaya, T. K. y Mehta, C. (2018). Climate change and technology transfer: Tying the knot through human rights. *Journal of Intellectual Property Rights*, 23(1), 27–34. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85050478124&origin>

Shaverdi, M. y Yaghoubi, S. (2021). A technology portfolio optimization model considering staged financing and moratorium period under uncertainty. *RAIRO - Operations Research*, 55, S1487-S1513. <https://doi.org/10.1051/ro/2020036>

Shugurova, I. V. y Shugurov, M. V. (2015). The International Legal Policy in the Field of Technology Transfer and the Intellectual Property Rights: Some Controversial Issues. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. Publicación en línea avanzada. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n5s1p177>

- Shukla, S. K. y Shukla, S. (2023). Technology transfer offices and life sciences based innovations : An Indian perspective. *Asian Biotechnology and Development Review*, 25(3), 101–119. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85186910798&origin>
- SIC. (2025). *Estadísticas de Propiedad Industrial de Colombia - SIC*. https://public.tableau.com/app/profile/cigepi/viz/EstadsticadePropiedadIndustrialdeColombia-SIC/Estadisticas_PI
- Siegel, D. S., Veugelers, R. y Wright, M [M.] (2007). Technology transfer offices and commercialization of university intellectual property: performance and policy implications. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 640–660. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grm036>
- Siegel, D., Waldman, D., Atwater, L. E. y Link, A. N. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, 21(1-2), 115–142. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2003.12.006>
- Silveira Porto, G. y Aparecido Dias, A. (2018). Technology transfer management in the context of a developing country: evidence from Brazilian universities. *Knowledge Management Research & Practice*, 16(4), 525–536. <https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1514288>
- Simms, C. y Frishammar, J. (2024). Technology transfer challenges in asymmetric alliances between high-technology and low-technology firms. *Research Policy*, 53(3), 104937. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104937>

- Song, J., Yu, Z., Zhao, Y. y Sun, J. (2024). Research on Technology Transfer Strategy of Digital Economy Enabling Green Innovation System. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(4), 4721–4733. <https://doi.org/10.15244/pjoes/176567>
- Soto, D. y Renard, F. (2015). New prospects for the spatialisation of technological risks by combining hazard and the vulnerability of assets. *Natural Hazards*, 79(3), 1531–1548. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1912-6>
- Sung, T. K. y Gibson, D. V. (2005). Knowledge and technology transfer grid: empirical assessment. *International Journal of Technology Management*, 29(3/4), Artículo 5997, 216. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2005.005997>
- Surina, A., Kultin, D. y Kultin, N. (2020). An Expert System as a Tool for Managing Technology Portfolios. En D. G. Arseniev, L. Overmeyer, H. Kälviäinen y B. Katalinić (Eds.), *Lecture Notes in Networks and Systems: Vol. 95. Cyber-Physical Systems and Control* (Vol. 95, pp. 746–753). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34983-7_74
- Tahmooresnejad L., Shafia M.A. y Salami R. (2011). *Identifying impact factors in technology transfer with the aim of technology localization*. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-79959621947&origin>
- Tang, X., He, P., Zhang, Y [Ying], Xu, Y. y Jiang, X. (2025). From bench to bucks: Measuring the medical technology transfer. *The Journal of Technology Transfer*, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s10961-025-10211-z>
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, 15(6), 285–305. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2)

- Toca, A., Iațhevici, V., Nițulenco, T. y Rusu, N. (2018). Some aspects of technology transfer. *MATEC Web of Conferences*, 178, 8006. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201817808006>
- Tolin, G., Capella, F., Pedemonte, F. y Rossi, L. (2025). Towards a governance of technology transfer: fostering impact through goals, people, and resources. *The Journal of Technology Transfer*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10961-025-10237-3>
- Tonisson, L. y Maicher, L. (2015). Clean Technology Industry. En V. Gonzalez-Prida y A. Raman (Eds.), *A volume in the Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series. Promoting sustainable practices through energy engineering and asset management* (pp. 263–286). Engineering Science Reference An Imprint of IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8222-1.ch011>
- Torres Vargas, A. y Jasso Villazul, J. (2018). Capabilities and knowledge transfer: evidence from a university research center in the health area in Mexico. *Contaduría Y Administración*, 64(1), 67. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1808>
- Toso, R., Tsang, J., Xie, J., Hohwald, S., Bain, D. y Willison-Parry, D. (2016). Risk Management in Biologics Technology Transfer. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 70(6), 596–599. <https://doi.org/10.5731/pdajpst.2016.006718>
- Tran, T. A. (2016). Decision-Making Tools: University Technology Transfer Effectiveness. En T. U. Daim (Ed.), *Innovation, Technology, and Knowledge Management. Hierarchical Decision Modeling* (pp. 255–274). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18558-3_12
- Tranfield, D., Denyer, D. y Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review

- Tseng, A. A. y Raudensky, M. (2014). Performance Evaluations of Technology Transfer Offices of Major US Research Universities. *Journal of Technology Management & Innovation*, 9(1), 93–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242014000100008>
- Tummers, M., Kværner, K., Sampietro-Colom, L., Siebert, M., Krahn, M., Melien, Ø., Hamerlijck, D., Abrishami, P. y Grutters, J. (2020). On the integration of early health technology assessment in the innovation process: Reflections from five stakeholders. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 36(5), 481–485. <https://doi.org/10.1017/S0266462320000756>
- Uddin Murad, M. A., Ahmad, F. y Cetindamar, D. (2023). Critical Success Factors of Technology Transfer: An Investigation into the Health Sector of Bangladesh Using ISM-DEMATEL Approach. En *2023 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.23919/PICMET59654.2023.10216839>
- Valič, T. B. y Uršič, E. D. (2024). Technology Transfer Offices for Better Management of The University-Industry Collaboration: Comparison of Slovenia, Italy, And Malta. *Journal of Technology Management and Innovation*, 19(2), 43–53. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85201616294&origin>
- Visvanathan, C. y Kashyap, P. (2012). Effective policy framework for the promotion of 3R technology transfer. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 15(3/4/5/6), Artículo 49241, 501. <https://doi.org/10.1504/IJETM.2012.049241>
- Voisard, B., Dragomir, A. I., Boucher, V. G., Szczepanik, G., Bacon, S. L. y Lavoie, K. L. (2024). Training physicians in motivational communication: An integrated knowledge transfer study protocol. *Health Psychology : Official Journal of the Division of Health*

- Psychology, American Psychological Association, 43(11), 842–852.*
<https://doi.org/10.1037/hea0001395>
- Wang, G [Gangfeng], Tian, X. y Geng, J. (2014). Optimal Selection Method of Process Patents for Technology Transfer Using Fuzzy Linguistic Computing. *Mathematical Problems in Engineering, 2014(1)*, Artículo 107108. <https://doi.org/10.1155/2014/107108>
- Werutsky, G., Barrios, C. H., Cardona, A. F., Albergaria, A., Valencia, A., Ferreira, C. G., Rolfo, C., Azambuja, E. de, Rabinovich, G. A., Sposetti, G., Arrieta, O., Dienstmann, R., Rebelatto, T. F., Denninghoff, V., Aran, V. y Cazap, E. (2021). Perspectives on emerging technologies, personalised medicine, and clinical research for cancer control in Latin America and the Caribbean. *The Lancet. Oncology, 22(11)*, e488-e500. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(21\)00523-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(21)00523-4)
- WIPO. (2024). *Global Innovation Index 2024*. <https://doi.org/10.34667/TIND.50062>
- Wu, W., Meng, S.-S. y Xu, M.-L. (2021). How to diminish technology transfer barriers: A qualitative research of five double - first class universities, *39(12)*, 2213–2222. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85140295117&origin>
- Yacuzzi, E. (2005). *EL ESTUDIO DE CASO COMO METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: TEORÍA, MECANISMOS CAUSALES, VALIDACIÓN*, Universidad del CEMA. <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/296.pdf>
- Yin, R. (1994). Investigación sobre estudio de casos: Diseño y Métodos. <https://panel.inkuba.com/sites/2/archivos/YIN%20ROBERT%20.pdf>
- Yin, Z.-F., Liu, M.-Y., Deng, Y.-Y. y Shen, Y. (2022). R&D investment, innovation outsourcing and technology protection strategy, *40(1)*, 81–90. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85210294565&origin=scopus>

- Yoon, B., Lee, C. y Hwang, J. (2011). A framework for impact analysis of the international transfer of marine technology in a climate change era: an input-output analysis and analytic hierarchy process approach. *Asian Journal of Technology Innovation*, 19(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/19761597.2011.578418>
- Young Phillips, F. (2016). The Circle of Innovation. *Journal of Innovation Management*, 4(3), 12–31. https://doi.org/10.24840/2183-0606_004.003_0004
- Yu, Y., Gu, X. y Chen, Y. (2016). Research on the Technology Transfer Efficiency Evaluation in Industry-University-Research Institution Collaborative Innovation and Its Affecting Factors Based on the Two-Stage DEA Model. En J. Xu, A. Hajiyevev, S. Nickel y M. Gen (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing. Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management* (Vol. 502, pp. 237–249). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1837-4_21
- Zahra, S. A. y George, G. (2002). Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization, and Extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185–203. <https://doi.org/10.5465/amr.2002.6587995>
- Zhou, Q., Deng, X., Wang, G [Ge], Mahmoudi, A. y Zhang, N. (2024). Exploring the key drivers of inter-organizational knowledge transfer in projects: evidence from international construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Publicación en línea avanzada. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2024-0692>