UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comprensión del proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado mediante dinámica de sistemas. Caso: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

Maria Camila Bermeo Giraldo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2020

Comprensión del proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado mediante dinámica de sistemas. Caso: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

Maria Camila Bermeo Giraldo

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería-Ingeniería Administrativa

Director:

Ph.D. Walter Lugo Ruiz Castañeda

Co-Directora:

María Luisa Villalba Morales

Línea de Investigación:

Innovación y gestión tecnológica

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización

Medellín, Colombia

2020

A mis padres y mi familia.

“Es justamente la posibilidad de realizar un sueño lo que hace que la vida sea interesante”.

Paulo Coelho

Agradecimientos

A Dios, mis padres y hermanos por su apoyo, cariño y ánimo brindado para seguir adelante aun con los obstáculos del camino. A mis amigos, a Ivan y a su familia por haberme motivado a continuar, gracias por el apoyo incondicional que me han dado siempre y en especial para el cumplimiento de esta meta.

Es mi deseo agradecer muy especialmente a mi director, el Doctor Walter Lugo Ruiz Castañeda y a mi codirectora, candidata a doctora Maria Luisa Morales Villalba, por ser excelentes académicos y amigos, pero sobre todo por su valiosa enseñanza, orientación, paciencia y confianza para la elaboración del presente trabajo.

Agradezco a la Institución Universitaria Escolme por el tiempo otorgado para la realización de mis estudios de posgrado, por ser la institución para la cual trabajo y a la que le debo en gran medida mi crecimiento profesional. A mis jefes y amigos, la Magíster Lucia Palacios Moya y el Doctor Alejandro Valencias Arias por su apoyo y cariño, en especial por inspirarme a confiar en mí misma sobre la elaboración de esta tesis; y a mis compañeros de trabajo, por su comprensión y apoyo.

Extiendo mi agradecimiento Al Doctor Santiago Arango por sus orientaciones sobre la modelación de este trabajo. A Jackeline Macías Urrego y a Natalia Marulanda Grisales por compartir sus conocimientos en la modelación de proceso de transferencia.

Por último, pero con gran entusiasmo y orgullo agradezco a mi amada Universidad Nacional de Colombia a quien le debo todo lo construido y logrado hasta el momento, mis bases académicas, mis amigos y el amor. A mi Facultad de Minas por haber financiado mi maestría mediante la beca de exención de derechos académicos y a todos los docentes del Departamento de Ingeniería de la Organización de esta Facultad por sus orientaciones y asesorías.

Resumen

En el contexto universitario la importancia de materializar la transferencia de conocimiento y tecnología radica en que este proceso permite el desarrollo de capacidades que mejoran el desempeño y permite la circulación de las innovaciones, convirtiéndose en una alternativa para la generación de valor de la industria. Este trabajo tiene como objetivo contribuir a la comprensión del proceso de transferencia de los resultados de investigación al mercado utilizando como caso de estudio la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia y presentando, una caracterización de la problemática general de la Universidad en cuanto a la falta de formalidad del proceso de transferencia, de la identificación de los actores que intervienen y de las etapas necesarias para su desarrollo exitoso. La metodología se basa inicialmente en una revisión de literatura mediante un análisis bibliométrico y un análisis del caso de estudio de la Facultad de Minas para la determinación de los vínculos e interacciones causales del proceso. Luego, se propone un modelo utilizando dinámica de sistemas, simulando escenarios para analizar el desempeño del proceso de transferencia de la Facultad de Minas y los efectos en las relaciones de causalidad establecidas entre actores, etapas y capacidades para aportar información oportuna a la toma de decisiones que conlleven acciones estratégicas de mejora. Se concluye que la simulación de escenarios sirve para identificar las características y combinaciones, que podrían potenciar la acumulación de activos de conocimiento y tecnología, de aprendizaje del proceso y de las capacidades de transferencia tecnológicas en la Universidad.

Palabras clave: transferencia de conocimiento y tecnología, capacidades de transferencia, Universidad

Abstract

Understanding of the process of transferring research results to the market through system dynamics. Case: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

In the university context, the importance of materializing the transfer of knowledge and technology lies in the fact that this process allows the development of capacities that improve performance and allow the circulation of innovations, becoming an alternative for generating value from the industry. The objective of this work is to contribute to the understanding of the process of transferring the results of the research to the market using as a case study the Facultad de Minas of the Universidad Nacional de Colombia and presenting, a characterization of the general problem of the University in terms of the lack of formality in the transfer process, the identification of the actors involved and the necessary steps for its successful development. The methodology is based on a literature review that uses a bibliometric analysis and a case study from the Facultad de Minas to determine the causal links and interactions of the process. Then, it proposes a model that uses system dynamics, simulating scenarios to analyze the performance of the transfer of the Facultad de Minas and the effects on the causal relationships established between actors, steps and capacities to provide timely information for decision-making. That involves strategic improvement actions. It´s concluded that the simulation of scenarios serves to identify the characteristics and combinations that could improve the accumulation of knowledge and technological assets, learning processes and technological transfer capabilities in the University.

Keywords: knowledge and technology transfer, transfer capabilities, University

Tabla de contenido

Introducción **17**

Capítulo 1. Problemática y justificación de la investigación **21**
1.1 Planteamiento del problema 21
1.2 Justificación de la temática 23
1.3 Antecedentes de la temática 26
1.4 El proceso de transferencia de conocimiento y tecnología como un sistema complejo 34
1.5 Objetivos 35
1.5.1 Objetivo general 35
1.5.2 Objetivos específicos 35
1.6. Metodología de la investigación 36
1.7. Conclusiones 39

Capítulo 2. Análisis bibliométrico e Identificación de relaciones entre los componentes que conforman el proceso de TCT **41**
2.1. Introducción 41
2.2. Metodología: análisis bibliométrico 43
2.2.1. Preguntas orientadoras para el análisis bibliométrico 44
2.2.2. Análisis bibliométrico y la revisión sistemática de literatura 44
2.2.3. Criterios de elegibilidad de la base de datos 45
2.2.4. Ecuación de búsqueda y selección de los datos 46
2.2.5. Cálculo de indicadores y análisis de tendencias 46
2.3. Análisis de resultados 47
2.3.1. Indicadores de cantidad 47
2.3.2. Indicadores de calidad 50
2.3.3. Indicadores de estructura 52
2.3.4. Análisis de palabras clave para identificación de componentes del proceso de TC y TT 53
2.3.5. Componentes clave del proceso de TT y TC y su relacionamiento, vínculo o interacciones de causalidad a partir de capacidades 58

2.3.6. Relacionamiento, vínculo o interacciones de causalidad a partir de capacidades ... 67
2.4. Conclusiones ... 78

Capítulo 3. Caracterización del proceso de TCT en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín ... 80
3.1. Introducción ... 80
3.2. Funciones sustantivas de la Universidad ... 81
3.3. Proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Facultad de Minas 84
3.3.1. Centro de Desarrollo e Innovación-CDI ... 84
3.3.2. Diagrama del proceso de la transferencia de conocimiento y tecnología ... 86
3.4. Conclusiones ... 90

Capítulo 4. Modelación en dinámica de sistemas ... 91
4.1. Introducción ... 91
4.2. Características de complejidad del proceso de TCT ... 92
4.3. Metodología para la modelación del proceso de TCT ... 93
4.4. Identificación del problema ... 94
4.5. Diagrama causal ... 95
4.5.1. Bucles de realimentación ... 99
4.5.2. Efectos con demoras en las variables del proceso de TCT - Retardos ... 101
4.6. Formulación del modelo de simulación ... 102
4.6.1. Algunos supuestos para la modelación ... 103
4.6.2. Modo de referencia ... 104
4.6.3. Horizonte para el tiempo de modelación ... 107
4.6.4. Diagrama de flujos y niveles ... 107
4.7. Validación del modelo planteado ... 114
4.7.1. Prueba de condiciones extremas ... 115
4.7.2. Prueba de verificación de estructura ... 119
4.7.3. Prueba de consistencia dimensional ... 121
4.7.4. Prueba de comportamiento Experto ... 121
4.7.5. Prueba de comportamiento información real ... 123
4.8. Conclusiones ... 126

Capítulo 5. Análisis de escenarios ... 127
5.1. Introducción ... 127
5.2. Escenario base o problema ... 128
5.3. Escenario 1- Pesimista SPI ... 132
5.4. Escenario 2- Optimista ANA ... 136
5.5. Escenario 3- Pesimista CDE ... 142
5.6. Presentación de resultados de las simulaciones de los cuatro escenarios ... 147
5.7. Conclusiones ... 151

Capítulo 6. Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro ... 153
6.1. Conclusiones ... 153
6.2. Recomendaciones ... 155
6.3. Trabajo futuro ... 157

A. Anexo Definición de parámetros-Etapas del proceso TCT ... 160

B. Anexo Definición de parámetros-Capacidades de TCT ... 162

Referencias bibliográficas 167

Lista de figuras

Figura 1- 1 ": Árbol de problemas de la investigación" 23
Figura 1- 2 ": Diagrama causal de transferencia tecnológica" 30
Figura 1- 3 ": Diagrama de Forrester se presenta el proceso de transferencia de resultados de investigación a partir de capacidades de innovación en IES" 31
Figura 1- 4. ": Diagrama causal de transferencia tecnológica en el sector eléctrico" 32
Figura 1- 5“: Modelo transferencia de conocimiento, resultados de investigación y tecnología como red” 33
Figura 1- 6 ": Procedimientos y herramienta metodológica del proyecto" 36
Figura 1- 7 ": Enfoques de dinámica de sistemas” 39
Figura 2 - 1 ": Cantidad de publicaciones en el campo por año" 48
Figura 2 - 2 ": Autores con mayor producción" 49
Figura 2 - 3 ": Países con mayor producción" 49
Figura 2 - 4 ": Cantidad de publicaciones por institución" 50

Figura 2 - 5 ": Número de citaciones por año” 51
Figura 2 - 6 ": Número de citaciones por autor" 52
Figura 2 - 7:” Red de coautoría de investigadores con al menos una publicación en el campo de estudio”..... 53
Figura 2 - 8 “: Red de co-ocurrencia de palabras clave de autor de documentos publicados en el campo de estudio" 54
Figura 2 - 9 “: Temas emergentes, crecientes y decrecientes” 58
Figura 2 - 10 “: Etapas y actividades del proceso de TCT identificadas en la literatura” . 64
Figura 2 - 11": Actores del proceso de TCT identificadas en la literatura”..... 66
Figura 2 - 12 ": Nivel de maduración tecnológica" 76
Figura 3- 1 ”: Marcas de conocimiento en el CDI"..... 85
Figura 3- 2 ": Diagrama de flujo del proceso de TCT en la Facultad de Minas" 87
Figura 3- 3 ": Esquema general del proceso de TCT de la U.N. de la Sede Medellín" 87
Figura 4- 1 “: Metodología para la elaboración del modelo"..... 94
Figura 4- 2 ": Conexiones entre variables causales”..... 98
Figura 4- 3 ": Diagrama causal del proceso de TCT en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín” 99
Figura 4- 4 “: Cantidad acumulada de *Spin-off* en la USC" 105
Figura 4- 5 ": Cantidad acumulada de *Spin-off* en la UdeA"..... 105
Figura 4- 6 ": Comportamiento exponencial de la TCT para licenciamientos y servicios de adaptaciones en empresa" 106
Figura 4- 7": Producción total bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en *Scopus* y WoS, 2008- 2017”..... 107
Figura 4- 8 ": Diagrama Forrester del proceso de TCT"..... 108
Figura 4- 9 ": Diagrama Forrester de las etapas del proceso de TCT"..... 111
Figura 4- 10 ": Acumulación de capacidades-capacidad de I+D"..... 112
Figura 4- 11 ": Acumulación de capacidades-capacidad de PI"..... 113
Figura 4- 12 ": Acumulación de capacidades-capacidad de marketing tecnológico" 113
Figura 4- 13 ": Acumulación de aprendizaje-experiencia del proceso"..... 114
Figura 4- 14 ": pruebas de validación planteadas para la tesis"..... 115
Figura 4- 15 “: Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de capacidad de I+D en cero”..... 116
Figura 4- 16 “: Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de capacidad de gestión de PI en cero”..... 116
Figura 4- 17 “: Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de capacidad de gestión de marketing tecnológico en cero”..... 117
Figura 4- 18 “: Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de etapas del proceso de TCT en cero”..... 117
Figura 4- 19 ": Prueba Extremas Etapas- Sin flujo de conocimiento en mecanismo de transferencia" 118
Figura 4- 20 ": Prueba Extremas Etapas- Sin flujo de dinero en ventas de transferencia” 118
Figura 4- 21 ": Prueba Extremas Etapas- Aprendizaje experiencia del proceso en cero" 119

Figura 4- 22 ": Desempeño acumulado y partes de la curva en S" 124
Figura 4- 23 ": Prueba de comportamiento en “S” capacidad I+D” 124
Figura 4- 24 ": Prueba de comportamiento en “S” capacidad gestión de PI" 125
Figura 4- 25 ": Prueba de comportamiento en “S” capacidad de marketing tecnológico" 125
Figura 4- 26 ": Prueba de comportamiento de la tasa de producción científica” 126
Figura 5- 1“: Acumulación de capacidades de TCT bajo condiciones iniciales" 129
Figura 5- 2 ": Acumulación de activos de conocimiento en etapas TCT bajo condiciones iniciales" 129
Figura 5- 3 “: Escenario base - Acumulación de mecanismo de trasnferencia de TCT y de las ventas por la transferncia” 130
Figura 5- 4 ": Acumulación aprendizaje experiencia de la transferencia bajo condiciones iniciales" 131
Figura 5- 5 ": Comparación Escenario base vs Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel de capacidades de TCT acumuladas" 133
Figura 5- 6 ": Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel de etapas de TCT acumuladas" 134
Figura 5- 7 ": Comparación Escenario base vs Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel de mecanismos de transferencia (*spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías) acumulado" 135
Figura 5- 8 ": Comparación Escenario base vs Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel ventas de transferencia acumulado" 136
Figura 5- 9 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel de aprendizaje y experiencia del proceso de TCT acumulado" 138
Figura 5- 10 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel de capacidades de TCT acumulado" 139
Figura 5- 11 ": Escenario 2 optimista ANA - Nivel de etapas de TCT acumulado" 140
Figura 5- 12 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel de mecanismos de transferencia (*spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías) acumulado” 141
Figura 5- 13 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel ventas de transferencia acumulado" 142
Figura 5- 14 ": Comparación Escenario base vs Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel de capacidades de TCT acumulado" 144
Figura 5- 15 ": Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel de etapas de TCT acumulado" 145
Figura 5- 16 ": Comparación Escenario base vs Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel de mecanismos de transferencia (*spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías) acumulado" 146
Figura 5- 17 ": Comparación Escenario base vs Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel ventas de transferencia acumulado" 147
Figura 5- 18 ": Comparación del comportamiento de capacidades de TCT en los cuatro escenarios” 148

Figura 5- 19 ": Comparación del comportamiento de capacidades de TCT en los cuatro escenarios”..... 149
Figura 5- 20 “: Comparación del comportamiento de ventas por TCT en los cuatro escenarios”..... 150
Figura 5- 21 “: Comparación del comportamiento de aprendizaje-experiencia TCT en los cuatro escenarios” 150

Lista de tablas

Tabla 1- 1: Revisión de estudios recientes sobre TCT..... 28
Tabla 1- 2: Desarrollo de los objetivos específicos de la investigación 37
Tabla 2- 1: Número de citas por documento en el año 2003..... 51
Tabla 2- 2: Relacionamiento e interacción entre actores y etapas del proceso TCT a partir de capacidades de transferencia 76
Tabla 3- 1: Funciones y productos por etapas de TCT en Facultad de Minas 88
Tabla 4- 1: Relaciones causales propuestas y fuentes 96
Tabla 4- 2 : Resumen de validación de la estructura a partir de la literatura..... 120
Tabla 5- 1: Parámetros y valores Iniciales Escenario base..... 128
Tabla 5- 2: Parámetros y valores Iniciales Escenario 1-Pesimista SPI 132
Tabla 5- 3: Parámetros y valores Iniciales Escenario 2 optimista ANA 137
Tabla 5- 4: Parámetros y valores Iniciales Escenario 3 Pesimista CDE..... 143

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
I+D o I&D	Investigación y Desarrollo
PI	Propiedad intelectual
TCT	Transferencia de conocimiento y Tecnología
TT	Transferencia Tecnológica
TC	Transferencia de conocimiento

Introducción

Las universidades constituyen uno de los actores medulares del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTeI). Según el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación-MinCiencias (2018), su participación es vital en los flujos de conocimiento y tecnología, especialmente en la producción y en la transferencia de estos activos generados. Este relacionamiento de actores y el flujo en distintas direcciones del Sistema es lo que determina los procesos de innovación y de desarrollo tecnológico.

En el contexto de cambios tecnológicos y de la incursión de innovaciones en la industria, la universidad debe pensar en modificar sus funciones de acuerdo con su rol en la resolución de problemas reales de la sociedad, a partir de tres objetivos: "atender mediante respuestas innovadoras las nuevas demandas de formación, incrementar la actividad de I+D en interacción con el entorno socioeconómico y participar activamente en el desarrollo de la sociedad" (Di Meglio & Harispe, 2015, p. 205).

La importancia de llevar al mercado el conocimiento generado en la universidad es porque estudios señalan que la transferencia de conocimiento, le permite a esta proteger sus desarrollos tecnológicos para luego difundirlos en la industria y obtener una maduración de la tecnología, lo que contribuye a la acumulación de conocimiento y aportar al desarrollo de la sociedad (Morales, Sanabria & Plata, 2014). Además, de representar un posible retorno económico para la Universidad. A partir de lo anterior, el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología-TCT requiere de un aprendizaje institucional y de un proceso formal que se convierta en una oportunidad para facilitar la explotación eficaz y eficiente de los productos institucionales concebidos mediante las actividades de investigación (García, Gualdrón, & Bolívar, 2013). Dicho proceso de transferencia de activos intangibles al sector productivo sigue siendo una limitante para la universidad ya que estos desarrollos en la mayoría de los casos no salen de la universidad. Algunos autores como Morales et al., (2014) atribuyen esto a factores internos o externos como la dificultad para establecer el valor comercial de la invención, para escoger el mercado más adecuado, normatividad y reglamentación o el conflicto de intereses entre las partes, lo que no permite llegar a acuerdos sobre el desarrollo generado. Este trabajo, resulta importante debido a que plantea un modelo de transferencia de resultados de investigación al mercado para la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, con

el fin de analizar la dinámica y complejidad de la interacción entre los actores del proceso de transferencia y las capacidades requeridas. En consecuencia, se aporta a la comprensión del proceso mediante la presentación de un esquema formal de las etapas necesarias para trasladar los activos de conocimiento generados en la Universidad, a la industria y generar valor con su aplicación. Los resultados de esta tesis también permitirán generar estrategias y políticas para mejorar la eficiencia en de los procesos de transferencia de resultados investigativos en las universidades de carácter público.

En el desarrollo de este trabajo se presentaron limitaciones asociadas a la recolección de la información acerca de la definición y cuantificación de las capacidades de la transferencia y del aprendizaje puesto que la literatura no cuenta con estudios enfocados en la transferencia desde el contexto universitario, ni de casos exitosos de spin-off que dé cuenta de la rentabilidad obtenida o de inversiones de recursos en este proceso, sino que en su mayoría las investigaciones están orientadas en las empresas, lo cual dificulta la construcción de este tipo de modelos. Dada la carencia de información, se observaron problemas durante la calibración, la estimación de parámetros y la validación del modelo. Entonces, se recurrió al criterio de expertos del caso de estudio de la Facultad de minas, a datos puntuales de algunas universidades usadas como referentes cercanos y a propuestas de la autora basada en la literatura en general. Todo lo anterior para procurar que el modelo se aproximara a representar la realidad del fenómeno de la transferencia de conocimiento y tecnología de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

La presente tesis está conformada por 6 capítulos, los cuales se estructuran de la siguiente manera: En el capítulo 1, se expone la importancia del proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado. Inicialmente se describe el planteamiento del problema, se justifica la pertinencia del análisis de la transferencia de conocimiento y tecnología en la Facultad de Minas; más adelante se exponen algunos antecedentes alrededor de la temática y la pertinencia de la metodología basada en dinámica de

sistemas. De manera final, se presentan los objetivos generales y específicos de este trabajo de investigación.

El capítulo 2, propone la identificación de los componentes en términos de actores y etapas y su interacción en el proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado mediante un análisis bibliométrico, en la que se establecieron preguntas orientadoras de investigación y la estrategia de búsqueda en la base de datos *Scopus* y de bases latinoamericanas. Consecutivamente, se muestra el análisis de resultados a través de indicadores de cantidad, calidad y estructura de los documentos científicos arrojados en la búsqueda. Asimismo, se analizan tendencias y términos clave de los documentos más importantes para la identificación de actores, etapas y vínculos de causalidad (capacidades) que explican el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología desde la Universidad.

En cuanto al capítulo 3, se aborda la transferencia desde el caso de estudio, caracterizando la situación actual de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Inicialmente se describen las misiones sustantivas de la Universidad que dan origen en sus actividades al traslado de resultados investigativos a la industria y se presentan las estructuras organizacionales por las cuales se lideran dichas actividades. Este capítulo termina con la propuesta de un diagrama de flujo que representa el proceso actual de transferencia.

El capítulo 4 plantea un análisis sistémico del proceso, justificando inicialmente su dinámica y complejidad, luego examina las interacciones y dinámicas que intervienen en el proceso de transferencia de resultados investigativos en la Facultad de Minas a partir de capacidades de transferencia y mediante el establecimiento de un diagrama causal. Posteriormente, se establecen supuestos, horizonte de tiempo y el modo de referencia para la elaboración del diagrama de Forrester. Seguido, se realiza el

proceso de validación del modelo para agregar mayor confiablidad a los resultados del modelo propuesto en este trabajo.

En el capítulo 5 se presentan los escenarios propuestos y el análisis de cada uno de ellos. En primer lugar, se describe a modo de introducción, la justificación de los escenarios planteados, luego en el desarrollo de cada escenario se discute la ocurrencia y los resultados obtenidos.

En el capítulo 6, se concluye de forma general sobre el desarrollo de la presente tesis, resaltando los aspectos representativos a lo largo de la construcción de cada capítulo, abarcando desde los hallazgos de la revisión de la literatura, la recolección de la información y su procesamiento, además del establecimiento de los componentes del proceso (etapas y actores) del proceso de transferencia y las relaciones causales encontradas a partir de las capacidades de transferencia y el aprendizaje. De igual forma, se recopilan los resultados más importantes arrojados por la simulación.

En relación con los anexos, el anexo A expone la definición de los valores iniciales de las variables y parámetros asociados a las etapas del proceso y el anexo B, exhibe los valores iniciales determinados para las capacidades de transferencia de conocimiento y tecnología para las variables y parámetros propuestos en el modelo. También, la parte final de este documento muestra las referencias bibliográficas utilizadas para el desarrollo de esta tesis.

Por último, es de destacar que los capítulos presentados en esta tesis cuentan con una estructura definida: introducción, contextualización de la temática, metodología y conclusiones con el ánimo de facilitar la comprensión y asimilación de las metodologías seleccionadas y los hallazgos obtenidos.

1. Capítulo 1. Problemática y justificación de la investigación

1.1 Planteamiento del problema[1]

De acuerdo a lo expuesto por Yuan, Li, Vlas y Peng (2018) “hoy en día, las universidades obtienen una parte significativa de sus ingresos al colaborar con las industrias” (p.37). Dentro de esta colaboración, existen potenciales dificultades entre la empresa y universidad, fundamentadas en sus características. La universidad se distingue por su carácter académico y social, mientras que la empresa tiene un carácter privado. La universidad y la empresa varían en su tamaño, capacidades, mientras que la universidad podría participar en varios sectores económicos; las empresas tienden a enfocarse en uno específico, lo anterior, ocasiona conflictos de intereses que se generan entre la universidad y la empresa (Vega et al., 2011). Otros autores como Parjanen, Melkas y Uotila (2011), plantean la existencia de brechas cognitivas, comunicativas, organizacionales, funcionales, culturales, temporales, sistémicas y geográficas entre quienes generan (universidades) y explotan (empresas) el conocimiento, las cuales influyen en el desarrollo de una cooperación exitosa y que, según Klerkx y Leeuwis (2009), son vistas como vacíos que obstaculizan el relacionamiento entre las partes creando conflictos. Al mismo tiempo, los conflictos podrían dificultar el desarrollo de una asociación sostenible entre la academia y el sector productivo. Por lo cual, solo se cuenta con alianzas limitadas para el desarrollo de proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) que respondan a problemas empresariales específicos y servicios de asesoría técnica y consultoría especializada. También se han evidenciado controversias en la Universidad, alrededor de la preocupación sobre conflicto de intereses y ética, frente al rol emprendedor que han asumido algunas instituciones educativas y científicos académicos de varias disciplinas al interesarse por comercializar sus investigaciones (Etzkowitz, 2003).

---

[1] Una versión previa a este capítulo fue presentado y enriquecido con los comentarios y sugerencias recibidas en el Seminario LALICS 2018 “Los retos de la CTI para la solución de problemas nacionales: compartiendo experiencias en América Latina y el Caribe”, UAM-Xochimilco, Ciudad de México, México, 8 y 9 de noviembre de 2018.

Las universidades, los centros de investigación, los centros de desarrollo tecnológico y empresas tienen barreras para la comercialización de los resultados en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) y para ingresar a competir en los mercados (nacionales e internacionales) con servicios, productos o con nuevos desarrollos tecnológicos (D. Montoya, 2005). También, presentan dificultades entre sus actores para identificar las actividades claves y los resultados que son susceptibles de transferir, mostrando incapacidad para efectuar el proceso de transferencia de los resultados al mercado. De lo anterior, surgen algunos interrogantes sobre la transferencia, uso y explotación en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín: ¿Cuáles son las actividades y los componentes claves del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología para la Universidad? ¿Cuáles son las interacciones entre las actividades y los componentes del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Universidad? ¿Es posible modelar mediante dinámica de sistemas el proceso de transferencia de los resultados de la investigación al mercado para contribuir a su comprensión?

El sistema de ciencia y tecnología en Colombia reconoce la importancia de los grupos de investigación y orienta políticas para mantener los estímulos a la excelencia, al considerar su principal actividad: investigación básica, aplicada y el desarrollo tecnológico (MinCiencias, 2018). Estos grupos se constituyen en las universidades, ya que es donde se encuentran las capacidades nucleares de investigación del país, es decir, las competencias generales que se asocian al proceso de investigación y la innovación (Higuita, Molano, & Rodríguez, 2011). En este sentido, se requiere desarrollar herramientas que los consoliden como núcleos de investigación y les permitan explotar el conocimiento y competir en los mercados, teniendo en cuenta garantías al desarrollo de su actividad académica e investigativa en el marco de la tercera misión de la universidad. Complementario al proceso de investigación propio de la Universidad, se requiere la protección de la propiedad intelectual de los resultados obtenidos, y una etapa posterior sobre la transferencia y explotación del conocimiento producido (Alpizar-Terrero et al., 2017). En esta última etapa, las limitaciones existentes en los canales de difusión y transferencia adecuados del conocimiento restringen su uso para satisfacer las necesidades de la universidad y de la sociedad.

Lo anterior expone la necesidad de estudiar la creación de nuevas estructuras al interior de la universidad capaces de facilitar la transferencia y comercialización de los resultados obtenidos en investigación y la comprensión de este proceso. Alineado con dichas estructuras la presente propuesta tiene como objetivos identificar y examinar las interacciones entre los componentes y actividades claves para el proceso, generar una visión sistémica de este y modelar el proceso mediante el paradigma de simulación de dinámica de sistemas. La Figura 1- 1 presenta el árbol de problemas que resume los cuestionamientos de la investigación:

Figura 1- 1 ": Árbol de problemas de la investigación"

Fuente: elaborado a partir de (AIE-Comité de Automatización de AIE, 2007; Beraza & Rodríguez, 2011; Gilsing, Bekkers, Bodas, & van der Steen, 2011; Vega et al., 2011; Etzkowitz & Leydesdorff, 2014; Pérez-hernández & Calderón-martínez, 2014; Angulo, 2016; Govind & Küttim, 2016; Cristobal, Villavicencio, Nuñez, & Luna, 2017).

1.2 Justificación de la temática

La globalización y la consolidación de mercados internacionales auspiciados por los tratados de libre comercio (TLCs) determinan el comportamiento de las empresas, quienes buscan ser más competitivas. Por tanto, y considerando que la innovación permite mejorar

sustancialmente la competitividad empresarial, se requiere que la empresa establezca vínculos de cooperación con otros actores generadores de innovación, tales como las universidades, centros de innovación, investigación, ciencia y tecnología. Ello permite a la empresa estar a la vanguardia de los cambios tecnológicos que sufre la industria y adaptarse mejor al mercado (Arredondo et al., 2016).

Por otro lado, la universidad enfrenta retos en cuanto a la necesidad de su activa participación en la competitividad y el desarrollo del país, por lo cual, ha venido ampliando su carácter misional de formación e investigación hacia un enfoque empresarial (Enríquez, 2013). Considerando su papel fundamental en el desarrollo de una economía basada en el conocimiento y las actividades investigativas (Pugh, 2016). Por tanto, la universidad amplía sus capacidades de creación y gestión del conocimiento, desarrollando actividades que van desde la investigación hasta la explotación comercial de este. Según González (2009), un nuevo estatus de la investigación científica debe orientarse hacia la “vinculación de la ciencia con los intereses comerciales” (p.750), donde la universidad debe asumir un compromiso con el desarrollo económico de la sociedad a través de la creación de programas y modelos que promueven la generación, difusión y aplicación de conocimiento, la explotación de negocios potenciales y la creación de empresas innovadoras.

Los cambios en la misión de las universidades y el nuevo estatus de la investigación científica requieren el desarrollo de estrategias y políticas para la difusión y comercialización de conocimiento al interior de la universidad y hacía la sociedad. Lo que conlleva a cambios en la estructura de formación de los docentes y estudiantes, y la redefinición de los objetivos de investigación, pues incentiva a los investigadores al desarrollo de innovaciones y nuevas tecnologías con el objetivo de su comercialización (Etzkowitz & Leydesdorff, 2014: Groves & Cuevas, 2016). Estos aspectos se agrupan en lo que se denomina la tercera misión de la universidad (Leyva, 2014; Rinaldi, Cavicchi, Spigarelli, Lacchè, & Rubens, 2018), donde se destaca el rol integrador de la universidad en el proceso generación, uso, absorción, aplicación, explotación y difusión del conocimiento.

La estructura interna de la universidad de tercera misión comprende entre sus subfunciones, actividades de propiedad intelectual en la transferencia de conocimientos y de tecnología (Perkmann et al., 2013; Secundo, Perez, Martinaitis, & Heinz, 2017). Cuando la creación del conocimiento es de carácter innovador, es susceptible de imitación y explotación por terceros o ajenos al proceso de desarrollo, lo que hace necesario una adecuada gestión de los derechos de propiedad industrial en la universidad. Además, sirve de mecanismo de enlace para la inserción en los procesos de innovación a la sociedad y para fortalecer las relaciones Universidad – Empresa – Estado, considerando el nuevo paradigma de comercialización del conocimiento enmarcado en la tercera misión de la universidad (López, Schmal, Cabrales, & García, 2009). Al lograr incorporar la investigación en los procesos productivos es cuando es posible entender esta como un potenciador de los procesos de innovación y de la tecnología (Beraza & Rodríguez, 2011; Enríquez, 2013).

En Colombia la universidad estaba limitada por sus lineamientos de responsabilidad social, investigación y producción científica de acuerdo con sus objetivos de no incluir la búsqueda de un retorno económico por el conocimiento desarrollado (Universidad Nacional de Colombia, 2014). La normatividad colombiana no permitía la participación del personal docente en la creación de empresas. Sin embargo, la universidad a través de sus institutos, centros y grupos de investigación ha desarrollado convenios con las empresas privadas para fortalecer la triada: Universidad – Industria – Estado mediante la realización de proyectos. También, ha desarrollado extensión y consultoría cuyo objetivo fundamental es responder necesidades específicas de una empresa de un sector económico especifico, en lo que se denomina proceso de consultoría especializada (Universidad Nacional de Colombia, 2014). Sin embargo, en Colombia hay avances en la normatividad con el objetivo de fortalecer la relación Universidad – Empresa – Estado. Para ello se aprobó la Ley No.1838 - 6 julio de 2017 “Por la cual se dictan normas de fomento a la Ciencia, Tecnología e Innovación mediante la creación de empresas de base tecnológica *(spin-offs*) y se dictan otras disposiciones” (Ley 1838 de 2017 "Por la cual se dictan normas de fomento a la ciencia, tecnología e innovación mediante la creación de empreas de base tecnológica (Spin-offs) y se dictan otras disposiciones, 2017, p. 1) y cuya motivación fundamental es fomentar la participación directa y libre de la universidad (docentes e investigadores) en los sectores económicos.

Las empresas *spin-offs* surgen como uno de los posibles mecanismos para transferir el conocimiento al mercado y es una oportunidad para generar valor a la sociedad a través de un emprendimiento, pues crea sus bases en el conocimiento obtenido por medio de la investigación. También incentiva al capital humano y a los investigadores que hacen parte del equipo innovador a formalizar a través de modelos de negocio sus ideas. Por tanto, contribuye al desarrollo del país creando empresa y generando nuevas oportunidades de empleo (Colciencias, Ruta N, & Tecnova-UEE, 2016). Por tanto, la presente investigación pretende contribuir a la literatura en la comprensión del proceso de transferencia de los resultados obtenidos en la investigación al mercado en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y proveer una visión sistemática al proceso para buscar fortalecer las capacidades y superar las debilidades que presentan las universidades del país, principalmente la de no saber difundir adecuadamente los trabajos realizados en convenio con las empresas (AIE-Comité de Automatización de AIE, 2007).

1.3 Antecedentes de la temática

Para efectos de este estudio al hablar de transferencia se hará bajo el análisis conjunto del término transferencia de conocimiento y tecnología-TCT, apoyado en las investigaciones de García, Patiño, Salazar y Ramírez (2019), Guerrero y Urbano (2012), Londoño, Velásquez, Villa, Franco y Viana (2018) y Vázquez (2017); quienes ya han divulgado el concepto en la literatura. Igualmente, se considera el contexto en el cual la Universidad se desenvuelve y fija su marco de acción, ya que al tratar solo la transferencia tecnológica se limitaría su participación en el proceso al desarrollo de productos con estas características, mientras que la visión que incluye la transferencia de conocimiento permite mantener la condición de intangibilidad de los resultados investigativos que también pueden ser apropiados por la industria. De este modo, se reconoce que no puede haber transferencia de tecnología sin que se dé lugar a la transferencia de conocimiento, tal como lo argumenta Pedraza y Velázquez (2013), al precisar que “la transferencia tecnológica o de tecnología, se define como la transferencia de conocimiento sistemático, para

la elaboración de un producto, la aplicación de un proceso o la prestación de un servicio" (p.225).

Por otra parte, la literatura evidencia estudios de la definición de actores y actividades del proceso de transferencia de resultados para caracterizarlo según las necesidades de cada universidad (Gardner, Fong, & Graham, 2004; Camacho, Becerra, & Arenas, 2009; Kwawu, Elhag, & Ballal, 2010; Feria & Hidalgo, 2012; Kalar & Antoncic, 2015; Ozcan, Ozyazici, & Ozerdem, 2016. Santoro y Gopalakrishnan (2001), analizan los siguientes factores influyentes en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología-TCT entre centros de investigación universitarios y la industria: confianza, geográfica, efectividad de la comunicación, políticas universitarias flexibles, proximidad, tamaño y estructura de la organización.

También, autores se han interesado por analizar el proceso y modelarlo para su comprensión e identificación de mejoras (López et al., 2009; Codner, Becerra, & Díaz, 2012). Se destacan estudios sobre la comprensión sistemática de las prácticas organizacionales en la gestión de la propiedad intelectual en universidades públicas, y como resultado se identifican problemas para solicitar y otorgar licencias de patentes basadas en resultados científicos, atribuidos a la falta de contacto comercial con las empresas y sus limitaciones para adaptar las tecnologías disponibles (Dalmarco et al., 2011). Otros estudios consideran las Oficinas de Transferencia de los Resultados de la Investigación-OTRI como la estructura que ensambla, divulga y negocia las innovaciones universitarias y hace cumplir las licencias acordadas (Castillo et al., 2018). Asimismo, investigadores analizan las capacidades de investigación y de emprendimiento a nivel organizacional y las relacionadas con el proceso de TCT como Arechavala y Sánchez (2017), quienes indagaron sobre la transformación de las universidades hacia el desarrollo de capacidades de investigación y de transferencia de conocimiento mediante un análisis de patrones entre las universidades mexicanas.

Al hacer una revisión más profunda a los estudios recientes (realizando la búsqueda en diciembre del 2019), se observa una fuerte relación de la temática con la innovación

especialmente para los estudios del 2018, esto es porque los mecanismos de los procesos de transferencia de conocimiento y tecnología apoyan el desarrollo del sector empresarial, al posibilitar el aumento de las innovaciones y del progreso económico y social. Ello puede ser una de las razones por las que la temática empresa- universidad resulta interesante para los investigadores y académicos. De esta manera, en los estudios del año 2019 se observa la necesidad existente por analizar el proceso y el cómo se desarrolla, abarcando también desde un enfoque político y de las capacidades requeridas, tal como se presenta en la Tabla 1- 1.

Tabla 1- 1: Revisión de estudios recientes sobre TCT.

Titulo	Autores	Aporte a la investigación
Being perceived as a knowledge 28university knowledge receiver: A multistudy investigation of the effect of age on knowledge transfer	(Burmeister et al., 2018)	Dos estudios para examinar cómo la edad influye en los roles asignados a las personas en los procesos de transferencia de conocimiento. (Percepción como remitentes o receptores de conocimiento).
Applying Service Design Method to Technology Transfer Process: A Pilot Study	(Liu et al., 2018)	Compontes centrales de ser exitosos o no en la transferencia de tecnología mediante la aplicación de la metodología de diseño del servicio y el análisis de los factores de las revisiones bibliográficas sobre cambiar el rol pasivo a activo en el proceso TCT.
Dynamic capabilities, subnational environment, and university technology transfer	(Yuan et al., 2018)	Cómo las universidades pueden crear y capturar valor a partir de sus esfuerzos de creación y comercialización de tecnología al adoptar una perspectiva de capacidades dinámicas
Time of adoption and intensity of technology transfer: an institutional analysis of offices of technology transfer in the United States	(Castillo et al., 2018)	Marco sobre tiempo de la decisión de las instituciones en lugar del porcentaje de instituciones que adoptan en cada momento. Tiempo de adopción. Incorpora la teoría de la organización a través de los efectos de imitación en el momento de la adopción.
Knowledge transfer in open innovation: A classification framework for healthcare ecosystems	(Secundo et al., 2018)	Revisión de literatura que explora cómo el conocimiento se transfiere y fluye entre todos los actores (hospitales, empresas y universidades) de los ecosistemas de la salud para apoyar la innovación abierta.
Where technology transfer research originated and where it is going: a quantitative analysis of literature published between 1980 and 2015	(Noh & Lee, 2019)	Estudio bibliométrico para identificar el origen del proceso de TCT y las tendencias de la investigación en la transferencia de tecnología, abarcando el periodo de tiempo desde 1980 hasta 2015.
Policy implications for the improvement of technology transfer and commercialization process in the Indian context	(Sheth, Acharya. & Sareen, 2019)	Identificar brechas políticas y sugerir soluciones para mejorar el proceso de TT en el contexto de la India, encuestando 12 de las principales organizaciones de este país.

Tabla 1- 1 (continuación)

Titulo	Autores	Aporte a la investigación
Knowledge transfer in open innovation: A classification framework for healthcare ecosystems	(Secundo, G., Toma, A., Schiuma, G. & Passiante, G., 2019)	Explorar cómo el conocimiento se transfiere y fluye entre todos los actores (hospitales, empresas, universidades, médicos, enfermeras y pacientes) de los ecosistemas de la salud para apoyar la innovación abierta mediante una revisión.
Technology transfer and technological capability: The regulator's role in the adoption of solar photovoltaics in Brazil	(Da Silva, M.P., De Martino Jannuzzi, G., 2019)	Analizar el proceso de transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades tecnológicas internas de las compañías eléctricas en el sector de la energía solar fotovoltaica (FV).

Fuente: elaboración propia con base a la literatura

- **El contexto colombiano**

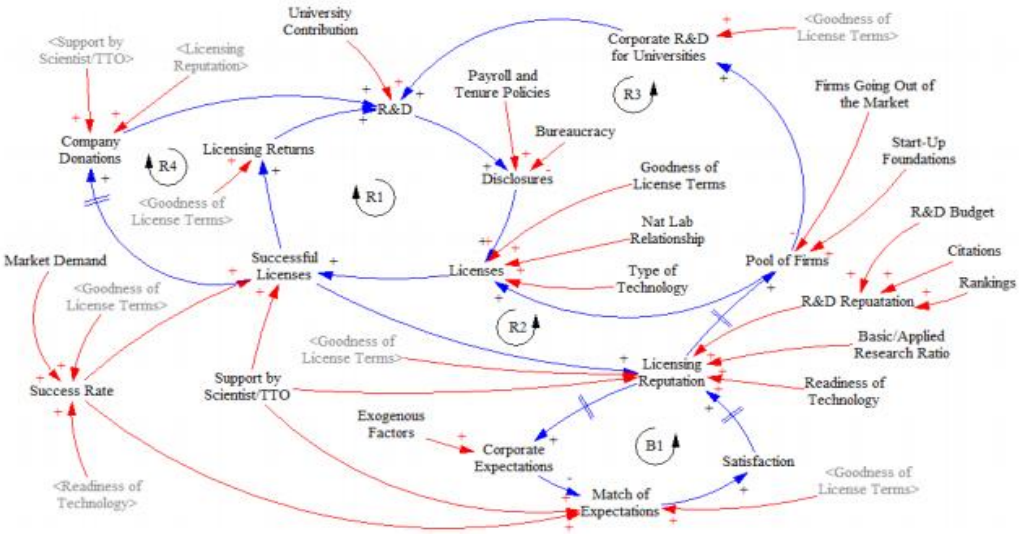
En Colombia hay pocos estudios recientes que respondan los interrogantes de la presente investigación. Investigadores han estudiado el proceso de transferencia desde la gestión de modelos aplicados a los diferentes contextos académicos. Por su parte Mendoza, Enid y Quintero (2017), plantearon estudiar los modelos de transferencia en la investigación, extensión y docencia en las instituciones universitarias, con el fin de proponer un modelo conceptual para la gestión de la transferencia de conocimientos en una facultad de ciencias exactas y naturales. Por otro lado Dueñas y Duque (2015), analizan los contextos de las relaciones universidad-empresa, en el que el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología constituyen un factor fundamental en las universidades en donde la innovación es uno de los principales resultados. Para ello utilizan la dimensión del marketing relacional. Donneys y Blanco (2015), realizaron un diagnóstico de las oficinas de transferencia de tecnología en las universidades, considerando algunas variables y funciones importantes de la gestión tecnológica: identificar, inventariar, vigilar, evaluar, proteger, enriquecer y transferir. El estudio se llevó a cabo mediante un estudio exploratorio. Autores como Osorio, Sánchez y Borero (2011), han realizado una revisión de los modelos de comunicación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación que se originan en tres Universidades del país. En este sentido, el concepto hace alusión a la difusión de innovaciones (llevar resultados de la ciencia al público) es decir suplir las necesidades de conocimiento sobre resultados de las investigaciones relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de un público mediante los modelos de comunicación. Autores como Jaime, Lizarazo y Camacho (2016), se ha preocupado por

documentar el proceso de transferencia de tecnología para identificar necesidades y problemáticas, principalmente el de la Universidad Industrial de Santander utilizándolo como un caso de estudio exploratorio guiado por una revisión de literatura y entrevistas. El estudio plantea la importancia de incentivos económicos, políticas, culturas y estrategias desde la gerencia universitaria para el desarrollo del proceso.

- **La TCT analizado desde dinámica de sistemas**

Desde el punto de vista metodológico, pocos autores se han interesado en el proceso de TCT en universidades públicas utilizando dinámica de sistemas, como se observa en la presente sección. Hallam, Wurth y Flannery (2014) estudiaron bajo un enfoque dinámico y utilizando el modelo expuesto de la Figura 1- 2, el proceso de transferencia tecnológica, encontrando algunas relaciones significativas entre variables, por ejemplo: la actividad de licenciamiento de tecnología es susceptible a las diferentes estrategias, perspectivas y decisiones políticas. En este caso se refiere a la intervención del Estado y del gobierno universitario dentro del desarrollo del proceso.

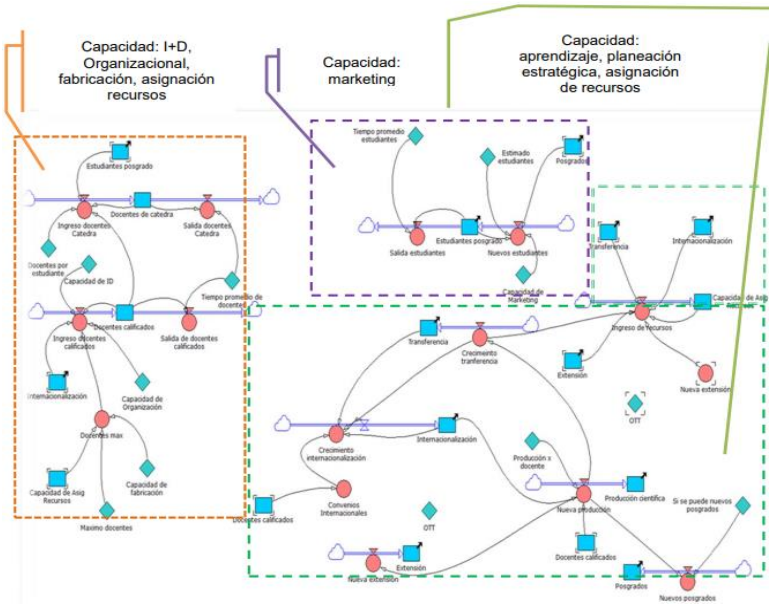
Figura 1- 2 ": Diagrama causal de transferencia tecnológica"



Fuente: (Hallam et al., 2014)

Macías (2014) abordó la TCT con el fin de resolver la problemática de las Instituciones de Educación Superior-IES para identificar actores, vínculos e interacciones causales del proceso, utilizando dinámica de sistemas a partir de las capacidades de innovación. En la Figura 1- 3 se expone el diagrama de Forrester del proceso de transferencia de resultados de investigación propuesto.

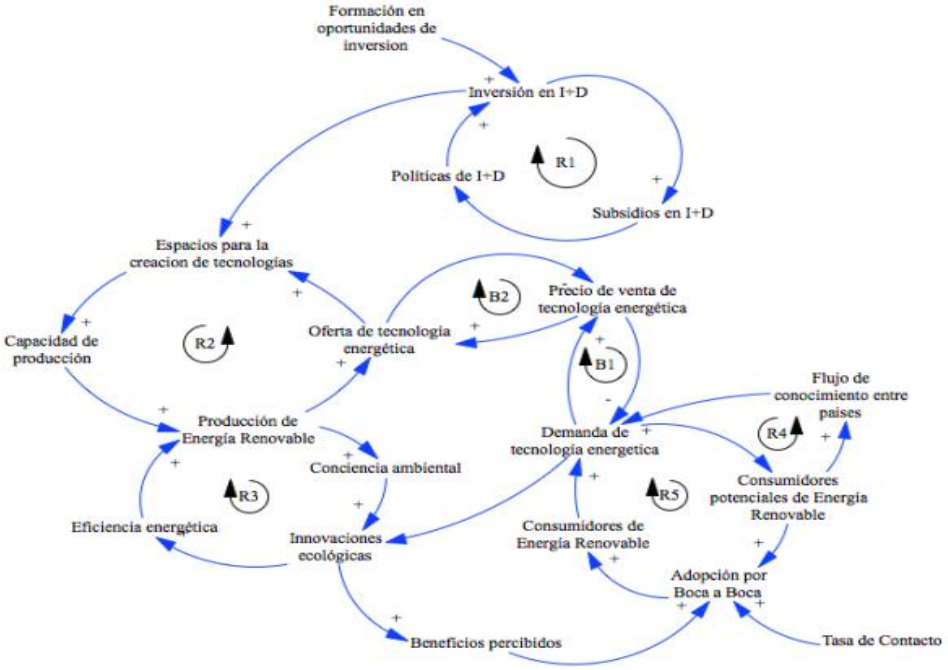
Figura 1- 3 ": Diagrama de Forrester se presenta el proceso de transferencia de resultados de investigación a partir de capacidades de innovación en IES"



Fuente: (Macías, 2014)

Por su parte, Betancur (2015), utilizó variables causales, para elaborar un análisis que aportara al entendimiento del proceso de transferencia de conocimiento aplicado al sector energético y con la finalidad de identificar algunas razones de por qué en ocasiones esta difusión falla. El modelo evaluó los diferentes aspectos clave que hacen parte de la TCT obteniendo una visión sistémica del proceso tal como se observa en la Figura 1- 4.

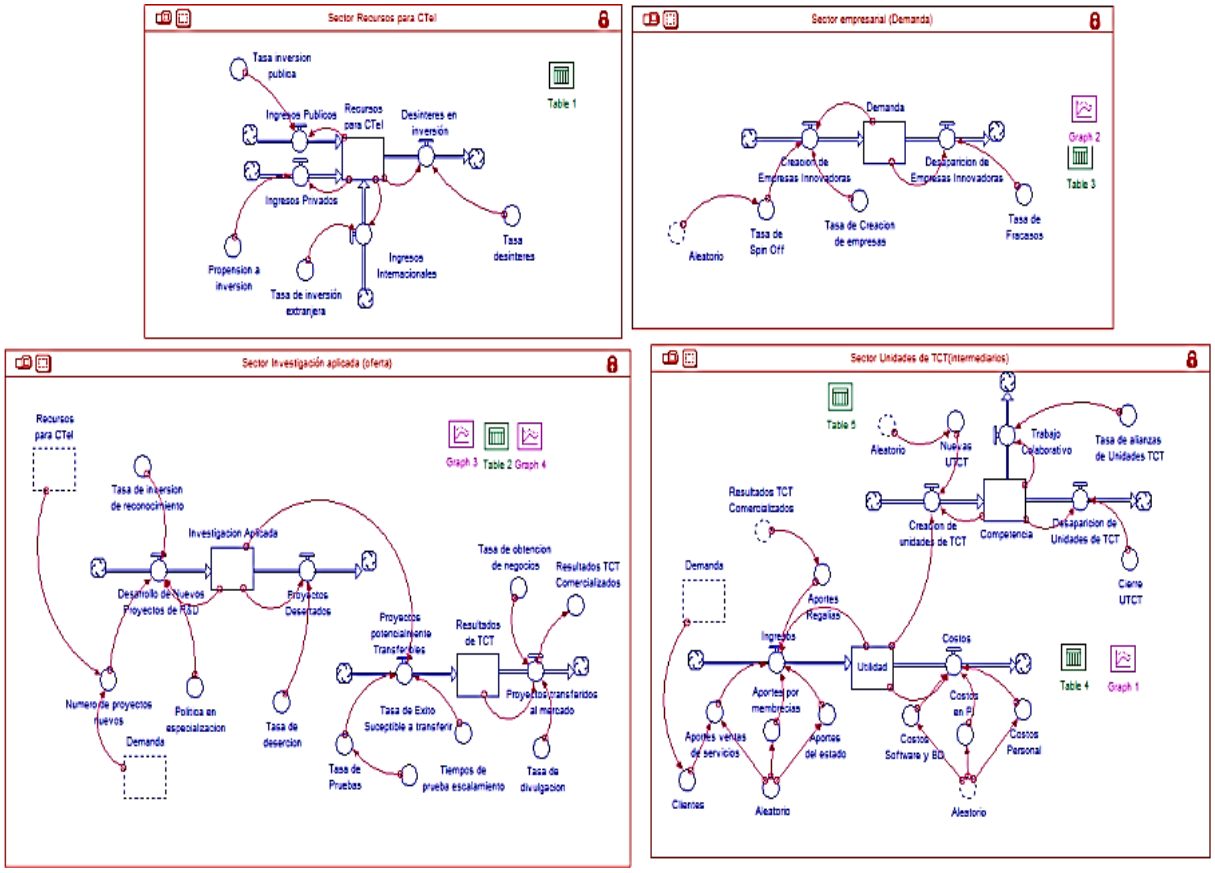
Figura 1- 4. ": Diagrama causal de transferencia tecnológica en el sector eléctrico"



Fuente: (Betancur, 2015)

Igualmente Sánchez (2018), en la Figura 1- 5 plantea un estudio para determinar si es posible un mecanismo en forma de red del proceso de TCT que integre sus actores y componentes, modelando mediante dinámica de sistemas, las posibles estructuras y funcionamiento de dicha red. A partir de allí, analizó cómo las estrategias políticas influyen en el aumento de los indicadores producción en CTeI en Colombia entorno la visualización de la red.

Figura 1- 5“: Modelo transferencia de conocimiento, resultados de investigación y tecnología como red”



Fuente: (Sánchez, 2018)

Los modelos anteriores dan cuenta de la importancia que ha adquirido en la última década, la sistematización y el análisis dinámico del proceso de TCT para comprender como se comporta y evidencia la estructura interna de sus componentes, sobre todo considerando la existencia de múltiples modelos según su aplicación en la industria y para así entender su interacción con otras estructuras externas.

1.4 El proceso de transferencia de conocimiento y tecnología como un sistema complejo

Alrededor del proceso de TCT de los resultados de investigación al mercado, ha habido algunos cuestionamientos relacionados a comprender cuáles serían las actividades, los actores de cada una de sus etapas y las interacciones entre estas, además de la causa de los retrocesos que presentan dichas actividades, que finalmente afectan la firma de un contrato de transferencia. Ello, puede explicarse por la inestabilidad y las características no lineales del proceso, que se reflejan en las diferencias de objetivos entre las partes y en el estado dinámico de la innovación tecnológica (Robledo, 2017), concepto que está altamente relacionado con la transferencia ya que este último, es reconocido como el elemento fundamental para aumentar las innovaciones en las organizaciones y por ende, el desarrollo económico y social (Vázquez, 2017). En otras palabras, la innovación es el resultado del proceso de la difusión del conocimiento y la tecnología

Olaya, Berbegal-Mirabent y Duarte (2014), sostienen que el relacionamiento de la triada Universidad-Empresa-Estado se configura como un sistema altamente complejo, debido a los intercambios generados en aspectos económicos y geográficos, y de las diferentes dinámicas y sinergias formadas entres sus protagonistas. En consecuencia, dado que el modelo de la triple hélice propuesto Etzkowitz y Leydesdorff (2014), sustenta el proceso de transferencia en las universidades al representar la interacción de los tres actores principales que intervienen en la generación, uso, y explotación de conocimiento, en este marco se reconoce que los componentes del proceso TCT forman parte de un sistema que se comporta de forma no lineal.

En tanto, el proceso de TCT es un sistema de componentes que se han ido especializando para poder interactuar entre ellos, por lo cual, requiere ser delimitado para analizar las relaciones dinámicas entre sus componentes. De lo anterior y de acuerdo con Feria e Hidalgo (2012), es preciso afirmar que la transferencia es un proceso complejo iterativo en el que el conocimiento y el aprendizaje hacen parte de la interacción y son resultados que se retroalimentan, modifican y completan en el progreso de este. Además, se fundamenta

en el desarrollo de la economía basada en el conocimiento, la cual es un sistema complejo (Valencia & Becerra, 2010). Así Alvarado-Moreno (2018), sugiere que la modelación del proceso de TCT no debe ser lineal, puesto que las relaciones establecidas no son unidireccionales entre las etapas, por tanto cuentan con insuficiencias e inexactitudes.

Finalmente, Miller, Mcadam y Mcadam (2016), menciona la necesidad de crear nuevas conceptualizaciones y modelos para comprender y tratar de administrar la complejidad creciente que viene sufriendo la transferencia de conocimiento y tecnología, ya que para la Universidad, por ejemplo, la transición de su enfoque tradicional de la formación e investigación a la de la internalización de una función de transferencia de tecnología, se llevó a cabo mediante la concesión de licencias a fuentes externas, y posteriormente se incluyó la creación de nuevas empresas que demandaban relacionamientos externos a partir de tecnologías que eran generadas por investigadores (profesores y estudiantes), cambiando por completo las dinámicas ya conocidas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Contribuir en la comprensión del proceso de transferencia de los resultados de investigación al mercado en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia

1.5.2 Objetivos específicos

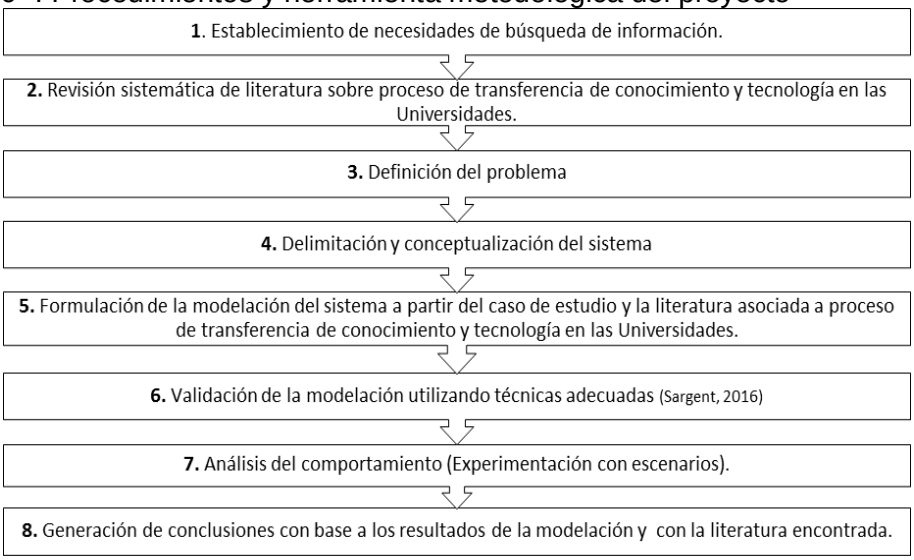
- Revisar los modelos de transferencia de resultados de investigación, para extraer los componentes, actividades claves e interacciones identificados en la literatura.
- Identificar los componentes y actividades claves para el proceso de transferencia en el caso de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional.
- Examinar las interacciones entre las actividades y los componentes del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología a través del caso de estudio de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

- Generar una visión sistémica del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en el caso de la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia.

1.6. Metodología de la investigación

El desarrollo de la investigación sugiere la utilización de una metodóloga basada en el modelado de sistemas complejos. Su autor Sterman (2018) de manera general propone: inicialmente buscar una visión del sistema sobre el comportamiento y conducta dinámica del fenómeno. Luego, realizar una conceptualización del sistema real determinando los ciclos de retroalimentación de información, relaciones de causalidad circular y la identificación de acumulaciones independientes (niveles) en el sistema y sus entradas y salidas (tasas). Posteriormente, se formula un modelo de comportamiento capaz de reproducir el problema dinámico de preocupación, expresándose en ecuaciones no lineales. Una vez elaborado este esquema, es posible comprender el sistema y crear perspectivas de su funcionamiento para luego implementar cambios que afecten la toma de decisiones sobre el sistema. La Figura 1- 6 presenta la metodología adaptada.

Figura 1- 6 ": Procedimientos y herramienta metodológica del proyecto"



Fuente: adaptado de la modelación de procesos complejos (Sterman, 2000, p. 88)

Entre los elementos importantes para la comprensión del proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado, se plantea la información que alimenta el modelo de simulación en dinámica de sistemas, la correspondiente a las actividades y los componentes del caso de estudio sobre TCT llevado a cabo en la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y, la conceptualización fundamentada en la literatura científica que permite identificar las actividades, los componentes para determinar la interacción entre estos y la construcción de los fundamentos teóricos del desarrollo de la investigación. La información analizada se contrasta con los resultados de la modelación. Finalmente, dadas las características de complejidad del proceso puede modelarse utilizando dinámica de sistemas. A continuación, en la Tabla 1- 2 se relaciona la metodología propuesta en el punto anterior con el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos de la investigación

Tabla 1- 2: Desarrollo de los objetivos específicos de la investigación

Objetivo Especifico	Herramienta /Método	Actividades	Resultado
(1) Revisar los modelos de transferencia de resultados de investigación, para extraer los componentes, actividades claves e interacciones identificados en la literatura.	-Revisión sistemática de literatura con respecto a temas: -Proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en las Universidades. -University Technology Transfer-UTT	Seleccionar e identificar las teorías y conceptos relevantes con respecto al problema planteado identificando la necesidad de búsqueda. Construir un marco teórico con la información relevante relacionada con conceptos que pueden aportar para comprender y delimitar el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Universidad	Marco teórico y estado de la problemática planteada.
(2) Identificar los componentes y actividades claves para el proceso de transferencia en la Universidad a través del caso de estudio de la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia.	Tomando como base el caso de estudio de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.	Análisis e identificación de las actividades y componentes del proceso de transferencia (delimitación del sistema).	Delimitación y conceptualización del sistema (variables y parámetros identificados)
(3) Examinar las interacciones entre las actividades y los componentes del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología	Tomando como base el caso de estudio de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia y la literatura.	-Establecimientos variables causales entre las actividades y componentes del proceso con base en la literatura encontrada	Modelación del sistema (Diagrama causa y de Forrester)

a través del caso de estudio de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.			
(4) Generar una visión sistémica del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia	-Formulación de la modelación del sistema a partir del caso de estudio y la literatura (Diagrama causal y mapas de flujos y niveles). -Elaboración y simulación de escenarios para la comprensión del fenómeno -Análisis del comportamiento (resultados de la modelación) y contraste con la teoría.	-Formulación del modelo. -Validación del modelo a partir del criterio de expertos en la temática y la herramienta (testeo). -Correr el modelo para obtener resultados -Identificar las variables sensibles del sistema. -Construcción de escenarios para variar resultados. -Contrastar los resultados de la modelación con las concepciones teóricas. -Analizar los resultados del modelo.	Aportaciones sobre la comprensión del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia.

Fuente: elaboración propia

- **Simulación mediante dinámicas de sistemas**

Para la modelación del fenómeno del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología se propone, utilizar la dinámica de sistemas. Esta herramienta permite comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema analizado (García, 2018), incluyendo un análisis al conocimiento sobre cada elemento que conforma la unidad de análisis, en este caso el proceso TCT.

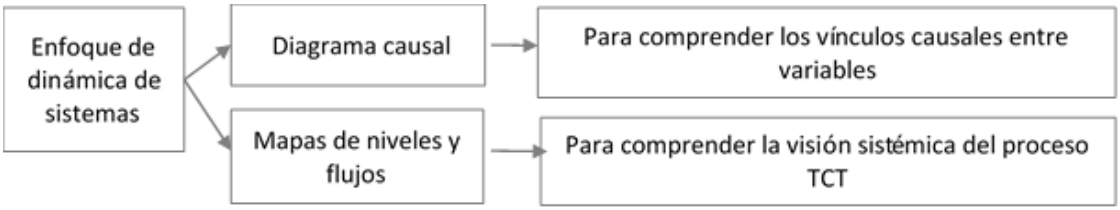
- **Diagrama causal**

Como enfoque de la dinámica de sistemas, se tiene el diagrama causal como el esquema que contiene los elementos clave del sistema y las relaciones entre estos. Luego de establecer las variables y las relaciones hipotéticas de estas, se representan en un esquema de flechas acompañadas de un signo (+ o -) con el fin de analizar cómo se presenta un variación de aumento o disminución en una variable a causa de otra (García, 2018).

- **Diagrama de Forrester**

Este diagrama de flujos es una representación de la estructura diseñada en el diagrama causal, utilizando un sistema con información más detallada y amplia. Se definen primero niveles para comprender el comportamiento de un sistema y finalmente, los flujos son las causas que originan el cambio (García, 2018). El esquema de la Figura 1- 7, justifica la utilización de la herramienta dinámica de sistemas con los dos tipos de enfoques: diagrama causal y mapas de niveles y flujos, ya que según Aracil y Gordillo (1995), los dos modelos permiten comprender el fenómeno objeto de estudio.

Figura 1- 7 ": Enfoques de dinámica de sistemas”



Fuente: elaborado a partir de (Aracil & Gordillo, 1995)

1.7. Conclusiones

En este capítulo se aborda la temática de la transferencia de conocimiento y tecnología como un solo concepto, el cual representa un estrecho vínculo entre las definiciones de la difusión del conocimiento y la de la tecnología durante el desarrollo del proceso, ya que esta última o el activo tecnológico a transferir, requiere siempre de la trasmisión del conocimiento (técnico o no) para que quien la recibe pueda ponerla en marcha de forma exitosa.

El análisis del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología ha sido estudiando inicial y ampliamente desde un enfoque lineal y secuencial lo que no ha permitido comprender a cabalidad su funcionamiento y la forma cómo cada organización debe usar sus propios recursos de la forma más eficiente para garantizar los objetivos del proceso de TCT. Por tanto, la literatura de la última década ha venido proponiendo el diseño de una visión sistemática del fenómeno de la transferencia de resultados investigativos a la

industria con el fin de comprender mejor las relaciones entre sus actores. En ella, se observa la necesidad de adaptar el fenómeno bajo un sistema de componentes y factores, con un comportamiento dinámico, no lineal con fluctuaciones e interdependencia de las variables asociadas.

La propuesta de analizar el proceso de TCT en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín desde un enfoque dinámico y mediante la construcción de un marco referencial, podrían aportar hacia la consecución de resultados más fieles a la realidad, permitiendo identificar y comprender el efecto de las variables principales en los casos exitosos de transferencias de resultados investigativos, mediante el análisis de los flujos y niveles, de los comportamientos e interacciones de los actores y las etapas implicadas en el proceso. Ello, dada la necesidad que tiene la Institución y los propios actores por reconocer con claridad las etapas y actividades, cómo la identificación de qué activos de conocimiento pueden ser transferidos.

Frente a la iniciativa de las Instituciones académicas para participar activamente en el desarrollo del sector productivo, la revisión del presente capitulo permitió verificar que aun con las relaciones establecidas entre la universidad y la industria, ninguna Universidad de países con mejores índices de desarrollo se ha convertido en empresa, abandonando por completo las misiones sustantivas de la investigación básica y la formación.

2. Capítulo 2. Análisis bibliométrico e Identificación de relaciones entre los componentes que conforman el proceso de TCT

2.1. Introducción[2]

Barrantes (2012), ha reconocido la complejidad del entorno en el que se desenvuelven las organizaciones, especialmente, debido al acelerado cambio del conocimiento, el desarrollo tecnológico y la innovación. Dichos cambios son posibles gracias a las actividades de transferencia de conocimiento y tecnología -TCT que promueven el adelanto, explotación, uso, modificación y transmisión de las innovaciones (MinCiencias, 2020). Igualmente Jasimuddin, Li y Perdikis (2019), señalan que para las empresas y las universidades la relevancia e importancia de la TCT radica en que ofrece capacidades que mejoran su desempeño frente a la competencia y permite la circulación de las innovaciones, convirtiéndose en una alternativa para la generación de valor de la industria. Así, en el marco de la "tercera misión" la Universidad ha ratificado la importancia de la TCT como mecanismo para mejorar su desempeño con respecto a la utilización de sus resultados de investigación por actores que generan valor en el mercado (Reilly, Robbins, & Scanlan, 2019), a través de innovaciones que han adoptado estos insumos de conocimiento y a su contribución como el motor regional en la industria aparte de sus misiones tradicionales de enseñanza e investigación (Sánchez-barrioluengo & Benneworth, 2019).

En este sentido, Colombia aún es renuente a reconocer la importancia de la innovación para el desarrollo de la competitividad, ya que según Londoño, Velásquez, Villa, Franco y Viana (2018), todavía existen brechas entre la generación de conocimiento y la transformación en adelantos tecnológicos con respecto a otros países más desarrollados,

[2] Una versión previa de este capítulo fue presentado y enriquecido con los comentarios y sugerencias recibidas en el "Tercer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (CAESCYT 2019)", Mar del Plata, Argentina, 13 al 15 de noviembre de 2019.

lo cual se evidencia en la carencia de recursos que puedan mejorar los sistemas de producción. Tal como lo menciona Gera (2012), “existe una brecha estructural en la forma en que el conocimiento se crea en el mundo académico y se utiliza en la industria que debe ser superada” (p. 253). Esto es lo que genera barreras en varias etapas del conocimiento del ciclo de la TCT. En adición, si se compara con los resultados de Colombia con respecto a las actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación considerando su ingresó a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-OCDE se observa que el Gobierno debe potencializar lineamientos en este sentido, ya que, es un tema que requiere ser gestionado y aún posee muchas deficiencias en el entorno colombiano (Cubillos, 2018).

El aumento de las brechas de conocimiento y del cambio tecnológico entre la empresa y la Universidad, tiene lugar porque para llevar a cabo los desarrollos tecnológicos que impacten la productividad de las empresas, la universidad aúna esfuerzos con la industria con el fin de mejorar sus capacidades, sin embargo este relacionamiento requiere de un sistema o proceso eficiente de transferencia y comercio de tecnología que no presente problemas de confianza, tiempos, etapas, financiamiento, lenguajes, brechas, cultura, entre otros, tal como lo evidencian algunos trabajos empíricos (Baek, Sul, Hong, & Kim, 2007; Chen & McQueen, 2010; Miller, Mcadam, & Mcadam, 2016; Munari, Rasmussen, Toschi, & Villani, 2016;Brandão, Rücker, & Vonortas, 2019; Reilly et al., 2019). Ello, ya que existen múltiples actores y componentes que intervienen en la transferencia de un resultado investigativo hacia la industria (Olaya et al., 2014) y una falta de claridad de los actores para reconocer cuales son las etapas del proceso de TCT, hace que los flujos de conocimiento no cumplan con las expectativas de los involucrados en el proceso.

De acuerdo con Pineda, Morales y Ortiz (2011) en Colombia, las universidades deben enfrentar el reto de diseñar y adoptar modelos de transferencia que logren aumentar sus competencias investigativas, mejorando la gestión de la propiedad intelectual y la interacción con la Industria y el Estado a partir de sus capacidades y el contexto en el que se desarrollan. Este capítulo pretende visualizar el desarrollo científico e investigativo de la temática y realizar una revisión de los modelos de transferencia de resultados de investigación mediante un análisis bibliométrico, para extraer los componentes, actividades

claves e interacciones identificados en la literatura y en otras universidades del mundo. Los resultados de este estudio ofrecen una actualización de conocimientos sobre la conceptualización del proceso de TCT considerando el dinamismo de la temática. A diferencia de otros estudio bibliométricos desarrollados como el de Noh y Lee (2019), el cual abarcó el análisis de literatura para el periodo especifico comprendido entre 1980 hasta 2015 centrándose en el proceso de transferencia tecnológica, el presente trabajo incluye el tratamiento del concepto de transferencia de conocimiento junto con el de tecnología, ampliando el horizonte de análisis para los documentos publicados hasta el año 2020. La estructura del capítulo va de la siguiente manera: la primera parte expone y describe la metodología utilizada en el análisis bibliométrico; seguido, se presenta el análisis y discusión de los resultados obtenidos en la revisión de los estudios asociados a la transferencia de conocimiento y tecnología en las universidades en términos de la identificación de los componentes (actores y etapas) clave del proceso; y finalmente, la sección de las conclusiones.

2.2. Metodología: análisis bibliométrico

Cancino, Merigó, Coronado, Dessouky y Dessouky (2017), definen la bibliometría como un análisis cuantitativo de publicaciones que se utiliza cada vez más para investigar las tendencias en cuanto al contenido, colaboración y citas en áreas científicas o en revistas especializadas durante un periodo determinado. La bibliometría abarca diversos campos de investigación comprendiendo las matemáticas y las ciencias sociales y se ha convertido en una herramienta de la política científica y la gestión de la investigación analizando a través de métodos cuantitativos y estadísticas patrones en las publicaciones (Khiste & Paithankar, 2017). Para Vitón y Diaz-Samada (2019), el resultado de los indicadores bibliométricos representan una fuente confiable para comprender y discernir entre revistas, artículos y autores. Adicionalmente, los resultados del análisis bibliométrico proporcionan una visión general de las principales tendencias de revistas mostrando el impacto generado con las investigaciones y la producción científica (Merigó, Pedrycz, Weber & De la Sotta, 2018).

2.2.1. Preguntas orientadoras para el análisis bibliométrico

Con el fin de delimitar correctamente la búsqueda del estudio bibliométrico, se plantean las preguntas de investigación, estos son los interrogantes que se trazan para identificar cual es el vacío de conocimiento existente y permite reconocer los términos más apropiados de la búsqueda con el fin de recopilar lo que se ha escrito sobre la temática, entonces, la revisión de los documentos científicos debe buscar responder dichos cuestionamientos con aportes nuevos al conocimiento ya identificado (Tapia et al., 2019). En adición para Hamui (2015), “el planteamiento de la pregunta de investigación hace la diferencia en la profundidad de los hallazgos y las aportaciones al campo de estudio” (p.1.).

Dado que en las preguntas de investigación se detallan las problemáticas alrededor del tema a analizar expresándose los conceptos mediante un sistema de relaciones frente a la realidad que se procura estudiar (Hamui, 2015) y considerando el objetivo de este capítulo el cual consiste en revisar el proceso de transferencia de resultados de investigación para extraer los componentes, actividades claves e interacciones identificadas en la literatura mediante una bibliometría, se presentan a continuación las preguntas que orientan el análisis:¿Cuáles es el estado actual de la literatura y los temas que son tendencias en los modelos de transferencia de conocimiento y tecnología desarrollados por las universidades en el mundo? ¿Cuáles son los componentes (etapas y actores) clave del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología? ¿Cuáles son las principales relaciones, o vínculos o interacciones de causalidad que intervienen en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología?

2.2.2. Análisis bibliométrico y la revisión sistemática de literatura

Para realizar un análisis de la literatura alrededor de una temática existen varias técnicas para los artículos de revisiones como la Revisión Sistemática de Literatura-RSL y los estudios bibliométricos. Una de las diferencias entre los dos tipos de estudio se encuentra en la utilización de indicadores numéricos para analizar la literatura, tal como el factor de impacto o el índice de colaboración (Velásquez, 2015). Además, se distinguen la una de la

otra por el alcance en los resultados a examinar, la revisión proporciona una visión general en términos cualitativos y la bibliometría desde una perspectiva cuantitativa.

En cuanto a la *RSL*, se observa que es una técnica sistemática, explícita y reproducible que permite identificar, evaluar e interpretar cualquier tipo de publicaciones (Martín-Navarro, Lechuga & Medina-Garrido, 2018) y según los criterios de inclusión y exclusión se obtiene un número limitado de artículos. Desde esta perspectiva, Beltrán (2005), señala que la revisión sistemática incluye las formas cuantitativa y cualitativa pero se diferencia de acuerdo al no usar métodos estadísticos combinados para el análisis de los resultados obtenidos. Por otro lado, *las revisiones de alcance*, es utilizada para sintetizar la literatura disponible de un campo determinado que se reconoce como emergente y creciente de una forma exponencial a través de un mapa del conocimiento y se especifica en describir los componentes población, concepto y contexto (De Labry et al., 2016). Contrario a las revisiones anteriormente descritas, los resultados del análisis bibliométrico brindan una visión general del desarrollo de la literatura científica en un campo o área determinado (Redondo et al., 2017) y forma parte de las metodología de investigación del área de las bibliotecas y las ciencias de la información, cuyos investigadores la utilizan para explorar tendencias haciendo uso de estadísticas descriptivas y de análisis estructurados en redes acerca de la elaboración de indicadores como palabras clave, publicaciones, citas, autores, instituciones y su respectiva conexión (Liang & Liu, 2018). De lo anterior, la revisión de la presente investigación se realizó bajo un análisis bibliométrico utilizando la base de datos de *Scopus* proporcionando una amplia información que incluye indicadores de cantidad, calidad y estructura.

2.2.3. Criterios de elegibilidad de la base de datos

En el estudio actual, se seleccionó la base de datos *Scopus* ya que como ELSEVIER (2017), lo indica, desde su lanzamiento en el 2004 se convirtió en la mayor base bibliográfica de citas y resúmenes de revistas, libros, actas de congresos y publicaciones comerciales en la literatura revisada por pares en idioma inglés, además cuenta con 22.800 títulos de más de 5.000 editores alrededor del mundo permitiendo observar los resultados de las investigaciones internacionales en las distintas áreas como la ciencia, tecnología, medicina, ciencias sociales, artes y humanidades. De acuerdo con Chadegani et al., (2013), *Scopus*

es una base de datos que permite realizar búsquedas y ordenar los resultados considerando algunos parámetros tales como primer autor, citas, institución, año, entre otros. También, se consideró la base *Scopus*, por las funciones que ofrece para facilitar el análisis de resultados con relación a citas, de colaboración en investigación y el formato de exportación de datos a Microsoft Excel para el registro, tabulación y mapeo de los datos.

2.2.4. Ecuación de búsqueda y selección de los datos

La estrategia de búsqueda se estableció utilizando términos específicos que estuvieran en el título, el resumen o las palabras clave de cada documento. La ecuación sufrió algunas modificaciones a lo largo de la investigación con el fin de aumentar en los resultados la validez y calidad de los registros hallados. En ese caso, se examinaron los primeros 153 documentos para garantizar que hicieran parte del alcance de la revisión, considerando especialmente que fueran modelos de transferencias de conocimiento y tecnología en el contexto universitario, además de orientar los términos TCT, TC y TT de acuerdo con el Tesauro de la UNESCO para la estandarización del análisis temático. Después de los ajustes y la validación, la ecuación de búsqueda se estableció de la siguiente manera: TITLE-ABS-KEY ("Knowledge transfer process" OR "technology transfer process" OR "technology transfer university" OR "Knowledge transfer university") AND (actor or components or stage) AND model AND university.

Luego, de los registros obtenidos de la ecuación de búsqueda se procedió a revisar que los documentos estuvieran completos en cuanto a datos de referencia como autor, titulo, revista, DOI, entre otros y contaran con la disponibilidad del artículo cuando se pretendía acceder al enlace externo. Finalmente, se leen los resúmenes y se organizan los registros de manera cronológica de acuerdo con el número de artículos publicados por año y el número de autores por artículo.

2.2.5. Cálculo de indicadores y análisis de tendencias

Siguiendo los lineamientos del análisis bibliométrico, una vez se obtuvieron los datos, se organizan para generar indicadores específicos como el crecimiento por año de las

publicaciones, países más productivos, palabras clave o más frecuentes de los autores y revistas, instituciones que más contribuyen en el campo de estudio, así como los autores y tipo de documentos más publicados, continuando con el número de citaciones por año, por autor y por publicaciones (Cadavid et al., 2012). Se establecen también, indicadores de colaboración en la investigación y su configuración en red. En cuanto a la visualización de coautorías, se utilizó el software VOSviewer de Fetscherin y Heinrich (2015), para elaborar la red analizando elementos en términos de distancia y frecuencia, proporcionando resultados en forma de redes y grupos o *clusters* asociados a diferentes colores. Estas asociaciones consideran, la función y fuerza de enlace entre los artículos analizados. Para este estudio se utilizó VOSviewer contemplando dos técnicas de análisis: (i) Análisis de coautoría reconoce la colaboración entre los autores y puede servir para explorar las redes de futuros proyectos de investigación; (ii) Análisis de co-ocurrence establece un conjunto de coincidencias entre cada palabra frecuentes entre los artículos para examinar los términos más importantes en el tema de estudio. De acuerdo con Alarcon-Ruiz, Diaz-Barrera, Vera-Monge, Alva-Diaz y Metcalf (2019), la interpretación de los mapas de visualización se basa en tres aspectos: distancia, cuanto menor sea la distancia entre dos conceptos, más relacionados están; tamaño, cuanto mayor es el tamaño del concepto, mayor es la frecuencia de ocurrencia; y colores, los cuales agrupan por tópicos los conceptos que estén más relacionados. Finalmente, para obtener información sobre los temas que son tendencia y de mayor interés en la literatura, se analizaron los artículos cuyos conceptos sobresalieron como los más frecuentes para luego identificar los componentes clave del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología desde el contexto universitario.

2.3. Análisis de resultados

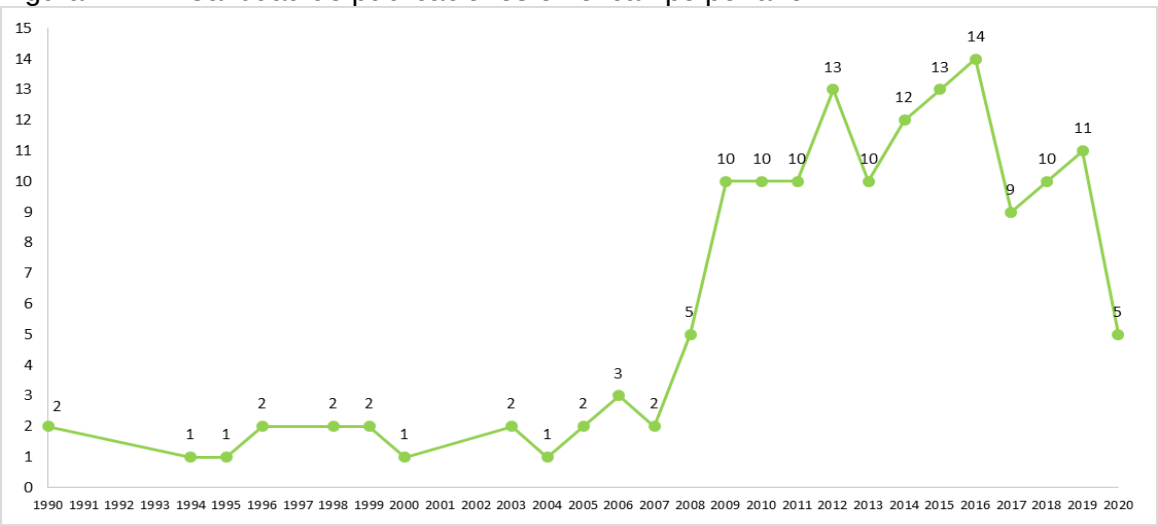
Con el fin de examinar el proceso de transferencia de resultados de investigación, para extraer los componentes, actividades claves e interacciones de la literatura se realizó un análisis de revisión de producción científica basado en un análisis bibliométrico.

2.3.1. Indicadores de cantidad

En primera instancia, el estudio arrojó como resultado 153 documentos que demuestran un desarrollo creciente de las investigaciones que van desde el periodo 1990 al 2020. En la

Figura 2 - 1 se presenta los años de mayor número de documentos generados sobre la temática: 2012, 2015 y 2016 con 13,13 y 14 publicaciones respectivamente. Se observa como desde el año 2007, la literatura alrededor de los modelos de transferencia de conocimiento y tecnología ha despertado gran interés por parte de los investigadores ya que, desde dicho año, se producen 134 contribuciones que representan el 87,58% del total de las publicaciones.

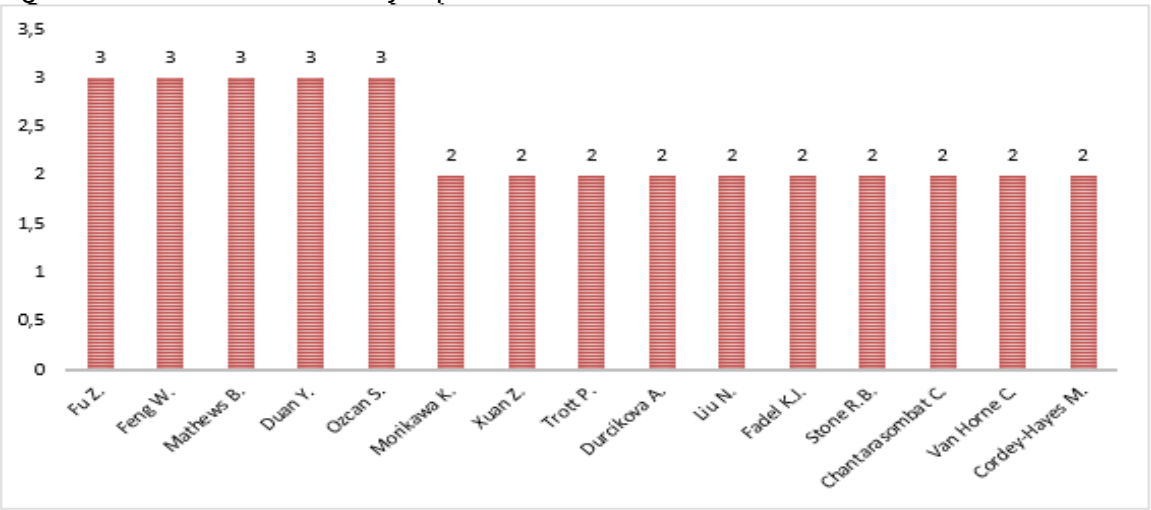
Figura 2 - 1 ": Cantidad de publicaciones en el campo por año"



Fuente: elaboración propia a partir de resultados en Scopus.

El análisis de los autores más productivos mostró que un total de 378 investigadores fueron responsables de la producción científica encontrada en el periodo 1990 al 2020. Se destaca como los autores más productivos a Fu Z., Feng W., Duan Y y Mathews B., con un total de 3 contribuciones cada uno. En segundo lugar, con respecto a los autores más contribuyentes se encuentran Morikawa K., Xuan Z., Trott P., Durcikova A., Liu N., Fadel K.J., Stone R.B., Chantarasombat C., Van Horne C., y Cordey-Hayes M., con 2 publicaciones cada uno. En ese sentido, la distribución de los 15 autores con mayor número de contribuciones en el área de estudio se observa en la Figura 2 - 2.

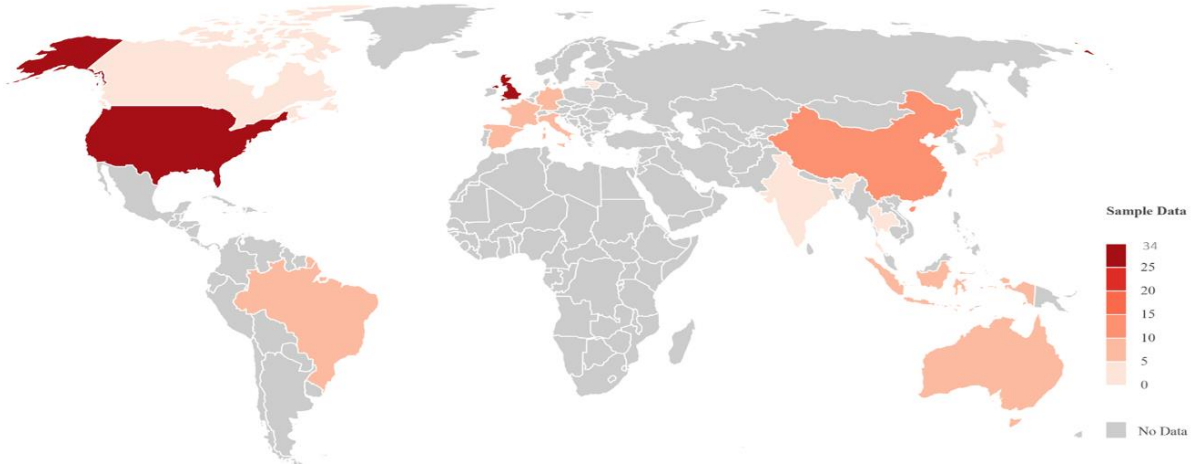
Figura 2 - 2 ": Autores con mayor producción"



Fuente: elaboración propia a partir de resultados en *Scopus*

En cuanto a los países que más publican sobre la temática, se destacan: Estados Unidos con 34, Reino Unido con 29 y China con 13 documentos publicados. Estos tres países, se resaltan por sus publicaciones basadas en casos de estudio e investigación aplicada sobre la transferencia de conocimiento y tecnología. Además, según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual-OMPI (2018), dichos países se encuentran en el Índice Mundial de Innovación 2018 entre los 20 países principales, ello, por sus resultados innovadores y superiores a causa de su nivel de desarrollo (ver Figura 2 - 3).

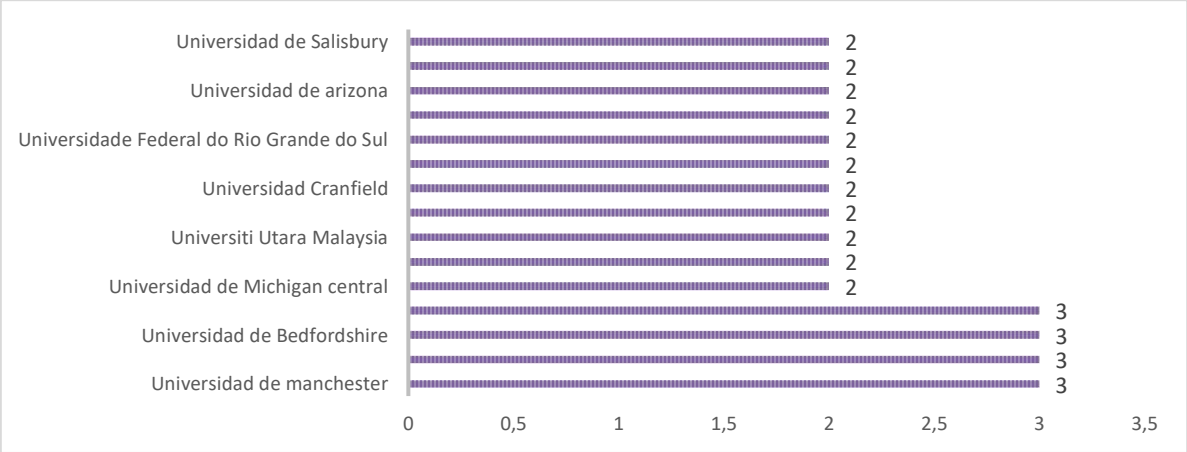
Figura 2 - 3 ": Países con mayor producción"



Fuente: elaboración propia a partir de resultados en *Scopus*

Referente a la producción científica de las instituciones, en la Figura 2 - 4 se presenta las 15 primeras organizaciones que más publican acerca de la temática, las cuales corresponden al 9,80% del total de los documentos hallados. Las universidades más productivas son la Universidad de Manchester, la Universidad de Leeds y la Universidad de Bedfordshire procedente de Reino Unido con 3 publicaciones cada una; y la Universidad de Agricultura de China, también con 3 documentos publicados.

Figura 2 - 4 ": Cantidad de publicaciones por institución"

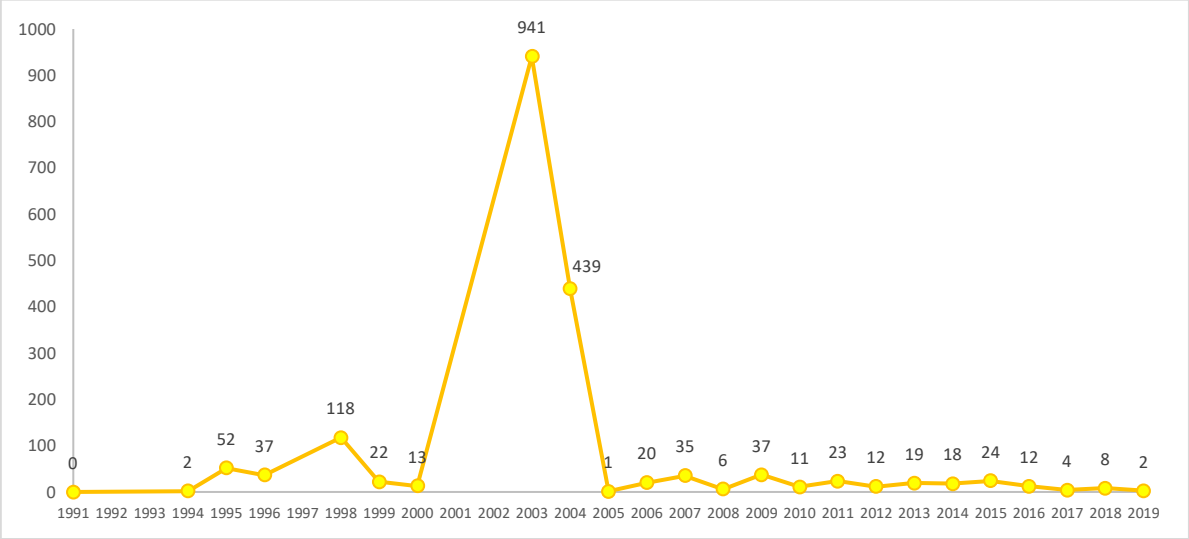


Fuente: elaboración propia a partir de resultados en Scopus

2.3.2. Indicadores de calidad

En la Figura 2 - 5, se muestra la evolución por año del número de citas obtenidas en los 153 registros recuperados de *Scopus*, encontrándose un total de 4477 citaciones. En el análisis, sobresale el año 2003 como el año de mayor impacto con 941 citas en promedio por documento, seguido del 2004 con 439 citaciones en promedio por artículo. Es claro que el número más bajo de citación se debe a los documentos más recientes acerca del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología, evidenciándose una tendencia decreciente del impacto del campo de estudio para los últimos 10 años, puesto que solo se registran 13 citaciones en promedio por año para los artículos publicados durante dicho periodo.

Figura 2 - 5 ": Número de citaciones por año”



Fuente: elaboración propia a partir de resultados en *Scopus*

Con respecto al año de mayor citación (2003), se observa que las citas suman en total para dicho periodo 1881 citas recibidas en los 2 documentos publicados, como se observan en la Tabla 2- 1. Asimismo, en la Tabla 2- 1 se presenta el número total de citas en el año 2003 correspondiente para cada artículo.

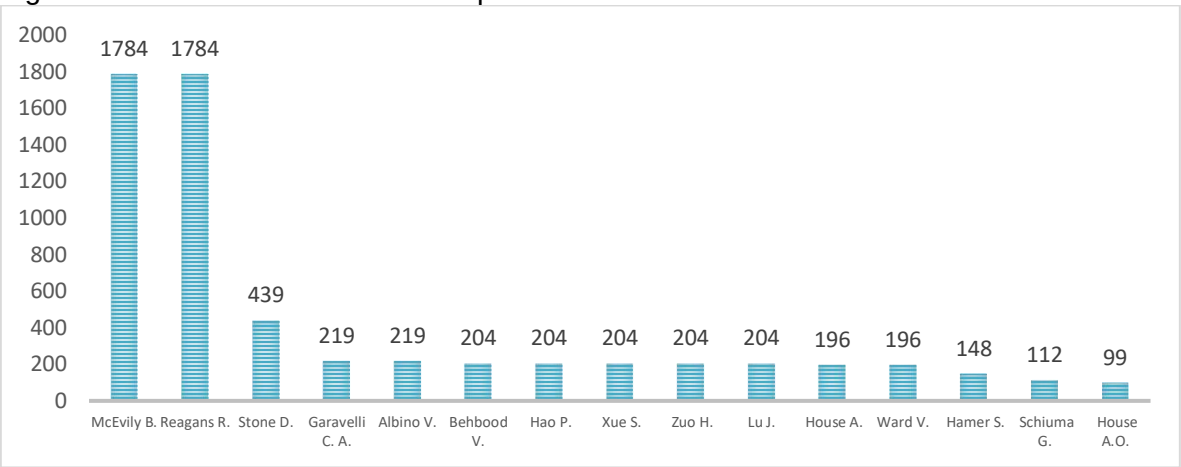
Tabla 2- 1: Número de citas por documento en el año 2003

Titulo documento	**Número de citas año 2003**	**Revista**
Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range	1621	Administrative Science Quarterly
Product technology transfer in the upstream supply chain	92	Journal of Product Innovation Management

Fuente: elaboración propia a partir de resultados en *Scopus*

Referente a los autores con el mayor número de citaciones en la temática del proceso de TT y TC se presentan en la Figura 2 - 6, los 15 autores de mayor impacto. En tanto, los investigadores McEvily B., y Reagans R., cuentan con 1784 citaciones cada uno ubicándose en el primer lugar del top de autores; seguido de Stone, D., con 439 citas y en el tercer lugar Garavelli A.C., y Albino V., con 219 citaciones para cada uno.

Figura 2 - 6 ": Número de citaciones por autor"

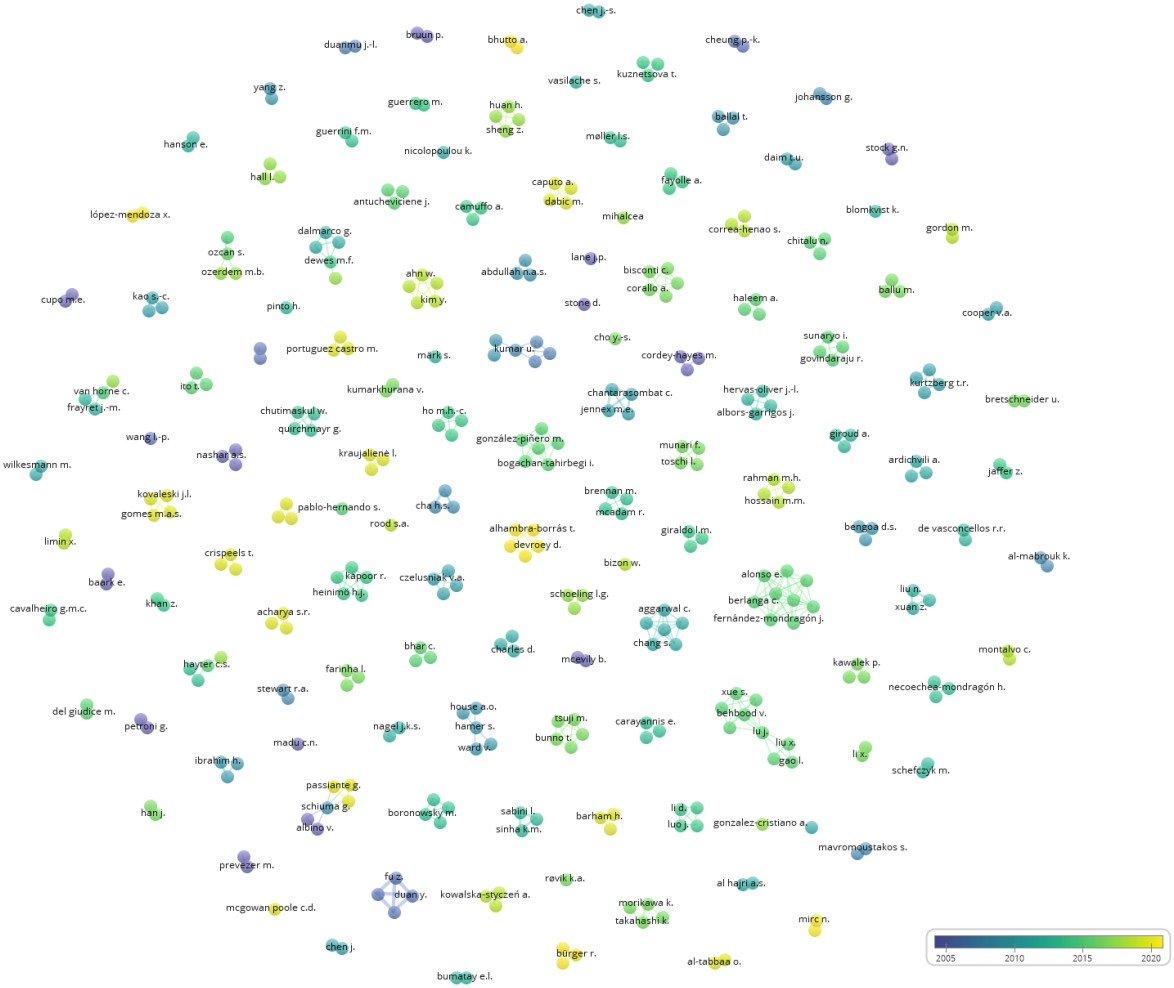


Fuente: elaboración propia a partir de resultados en *Scopus*

2.3.3. Indicadores de estructura

La Figura 2 - 7, expone el mapa de la red de coautoría de investigadores sobre el tema de transferencia de conocimiento y tecnología para el periodo 2005-2020, el cual permite observar la colaboración entre 365 investigadores que tienen al menos una publicación en el tema. La visualización conecta a autores que tienen un tema de investigación similar y los colores, indican grupos o colaboración identificados por VOSviewer. En general, se identificaron 134 clúster de autores, los cuales se encuentran conectados entre sí formando pequeñas subredes. A lo largo del tiempo, la densidad de la red entre los autores disminuye, mostrando la baja intensidad de conexión y relacionamiento entre los nuevos investigadores lo que significa autores que trabajan en menor conexión con otros. El análisis de la red completa permite ver que el número de autores que escribe individualmente incrementa para el año 2020.

Figura 2 - 7:” Red de coautoría de investigadores con al menos una publicación en el campo de estudio”



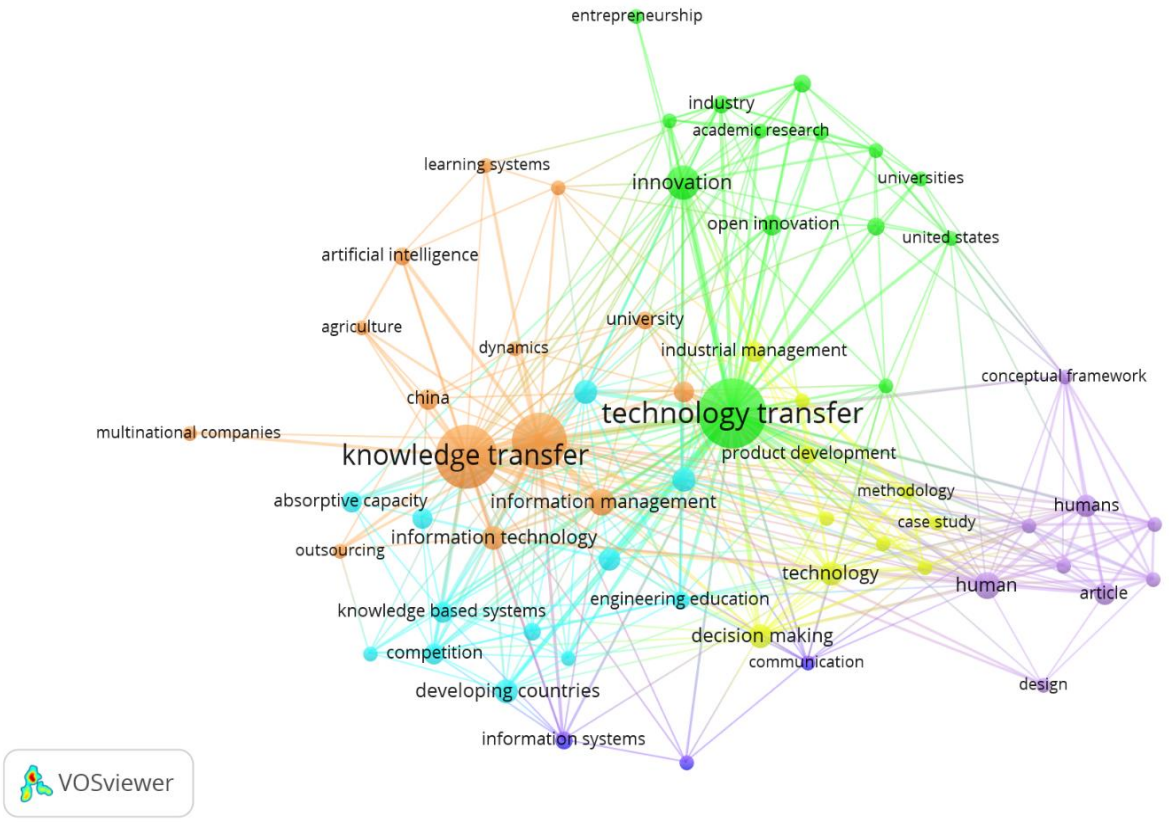
Fuente: elaboración propia a partir del software VOSviewer

2.3.4. Análisis de palabras clave para identificación de componentes del proceso de TC y TT

A continuación, se analizan las palabras clave más comunes, utilizadas por los autores e indexadas por las revistas. Para hacerlo, se desarrolla una coincidencia de visualización de palabras clave con el software VOSviewer. El análisis permite identificar los tópicos más relevantes para el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología y los temas estudiados en el campo que generan mayor publicación a través de las palabras clave más importantes, con el fin de caracterizar posteriormente, sus artículos.

En la Figura 2 - 8 se presenta los resultados de la visualización de la red considerando un umbral de tres ocurrencias para las 1033 palabras identificadas, de las cuales 62 cumplían este umbral. Se tiene en cuenta que, en el caso de un empate en las apariciones de números, las palabras clave aparecen en orden alfabético. El tamaño de la etiqueta indica la frecuencia: si mayor es el tamaño del concepto, mayor es la frecuencia de ocurrencia.

Figura 2 - 8 “: Red de co-ocurrencia de palabras clave de autor de documentos publicados en el campo de estudio"



Fuente: elaboración propia a partir del software VOSviewer

En ese sentido, se analizó la frecuencia de las principales palabras clave que arrojó la Figura 2 - 8, ello evidencia al concepto de “transferencia de conocimiento” como el más frecuente con 35 coincidencias, este es para Porrawatpreyakorn, Chutimaskul, Quirchmayr y Sodanil (2014) un proceso de comunicación conformado por cuatro etapas: (1) Iniciación, antecedentes que inciden la decisión de transferir el conocimiento y planificación; (2)

Implementación, seguimiento del plan establecido y flujo de recursos entre la fuente y el receptor del conocimiento; (3) Aceleración, uso del conocimiento transferido para resolver los problemas y cumplir con lo definido mejorando el rendimiento en el trabajo y la satisfacción laboral y (4) Integración, se trata de la “rutinización” del conocimiento, es decir que este se convierta en una práctica donde la transferencia del proceso se reconoce como exitoso, una vez el destinatario demuestra integrar el conocimiento transferido en su conocimiento habitual para utilizarlo sin ningún tipo de apoyo ni siquiera de la fuente.

Seguido, transferencia de tecnología-TT se observan 56 coincidencia se han realizado investigaciones en el ámbito académico desde la negociación, por ejemplo Baglieri, Baldi y Tucci (2018), identifican tipos de modelos de negocios de transferencia tecnológica que pueden generar vínculos económicos y no económicos, las cuales parten de la conformación de oficinas de transferencia de tecnología, además trata los diversos comportamientos alrededor de la negociación como la publicación, búsqueda del conocimiento frente a la custodia de la tecnología, la comercialización y la explotación de los resultados de la investigación. Las investigaciones confirman que la TT puede ser percibida como una estrategia de gestión de conocimiento, el cual permite el proceso de recepción e intercambio entre diferentes organizaciones con el fin de aumentar el aprendizaje organizativo para ser más competitivo (Lee, Kim, Kim, Kim, & Ahn, 2018). En este sentido, Florez-Martinez y Sánchez-Torres (2018), indican que las organizaciones dedicadas a la investigación y desarrollo se reconocen como creadoras permanentes de conocimiento, las cuales pueden direccionar sus capacidades para definir lineamientos relacionadas con los aspectos para la transferencia de resultados de investigación al sector productivo. Entre los estudios revisados, se hace alusión a distintos factores que pueden influir en el éxito del proceso de TT, en este sentido Hassan y Jamalludin (2017), expone factores como la iniciativas de Apoyo al Gobierno, las Capacidades de aprendizaje de los Centros de Aprendizaje y Emprendedores, Características del cesionario, características de quien transfiere y el ambiente del proceso son elementos clave para su efectiva implementación. Para Canto, Blanco y Pazos (2012), estos factores se dividen en dos: internos como naturaleza de la tecnología, similitud entre los métodos de fabricación y la tecnología de las empresas, inversión en I + D, capacidad de respuesta a la Inversión Extranjera Directa (IED), el costo de personal y la mano de obra calificada; y, externos como los factores culturales, acceso a la información, dinamismo del mercado, distancia cultural,

ubicación geográfica, políticas del gobierno local, costos de transporte, tarifas de aduanas y capacitación, políticas y disponibilidad de recursos del país anfitrión y costo de materia prima.

También sobresale el término “gestión de conocimiento” con 9 coincidencias que según Lee, Wang y Lin (2010), se refiere a las actividades que se interrelaciona en la adquisición de equipos de alta tecnología como la transferencia de la relación comprador-proveedor y la gestión del conocimiento propia del equipo. Por su parte, Wei y Limin (2018) basado en Nonaka, Takeuchi y Umemoto (1996), reconocen cuatro etapas en el proceso de transferencia de conocimiento- TC (1) externalización del conocimiento, etapa en la cual el conocimiento tácito es convertido en explicito, codificándolo con palabras, gráficos, fórmulas, entre otros. (2) intercambio de conocimientos, que permite el aprendizaje sobre todo cuando existe diferencia de conocimientos entre los sujetos de conocimiento (universidades) mediante una red de cooperación de aprendizaje para intercambiar y aprender conocimiento explícito. (3) innovación del conocimiento, donde el conocimiento tácito y explícito se innovan gracias a que cada individuo analiza los conocimientos aprendidos en el intercambio de conocimientos e interactúa con los propios conocimientos existentes y, (4) internalización del conocimiento, en dicha etapa el conocimiento es aplicado ya que los individuos absorben y digieren el conocimiento explícito internalizándolo en un nivel más alto de conocimiento tácito para lograr su dominio.

El siguiente término con el mayor número de coincidencia es “innovación” con 8 publicaciones. Examinando las investigaciones abordadas se encuentra que la innovación requiere de intermediarios que apoyan los procesos de gestión de conocimiento, por lo que demandan la existencia de capacidades de creación, exploración, almacenamiento y transferencia de conocimiento, constituyéndose en factores clave que se aplican en el momento en el que el intermediario accede a la base de datos de red del propietario de la tecnología (Mount et al., 2015).

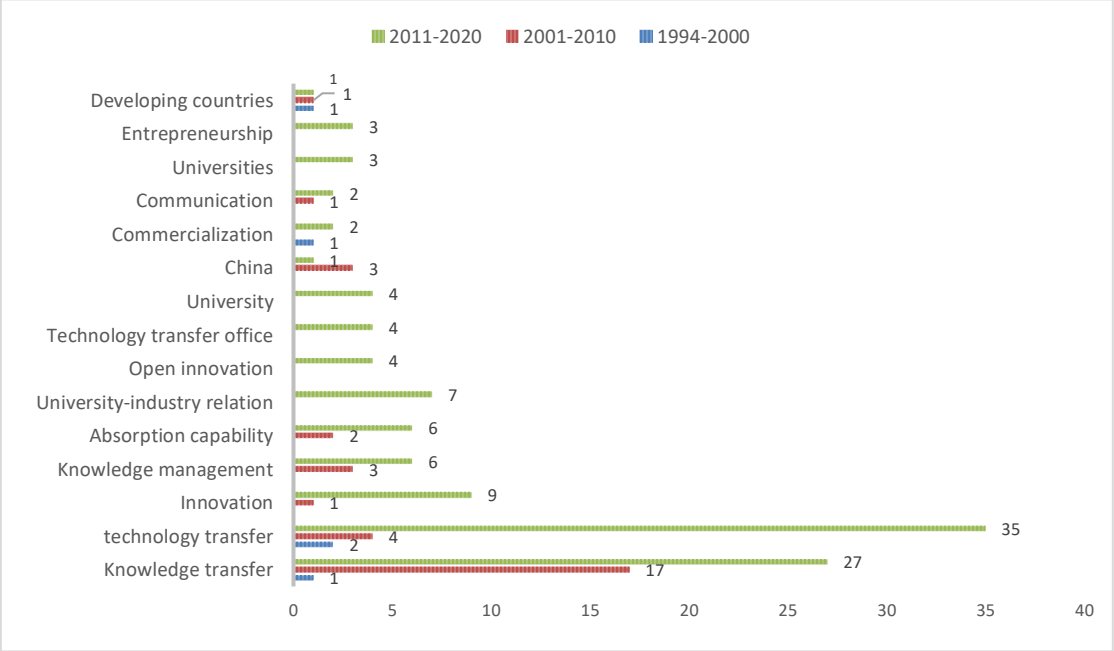
En cuanto a la “capacidad de absorción” con 4 coincidencias, las investigaciones apuntan a que para los sectores y las pequeñas y medianas empresas es necesario un cierto nivel

de recursos internos desarrollados con la capacidades de absorción ya que es lo que les permitirá poder acceder a recursos externos (Hervas-Oliver et al., 2012). Es decir que, según Hervas-Oliver et al., (2012), con menos capacidad de absorción se establecen vínculos débiles con los demás actores de los ecosistemas de innovación como los centros de investigación, ya que el relacionamiento se hace directamente con los proveedores que terminan transmitiendo el conocimiento. De tal manera que, la capacidad de absorción y la capacidad de divulgación, determinan cómo se transfiere el conocimiento bajo características de efectividad y eficiencia entre los miembros de las redes y ecosistemas de innovación y conocimiento (Mu et al., 2010).

La Figura 2 - 9 revela los tópicos de la investigación en el campo de TCT que presentan crecimiento, disminución, y las que tienden a surgir. El análisis se realizó observando el periodo del comportamiento de las palabras más consultadas por los investigadores. De esta manera, los temas de estudio en los que se observa crecimiento de acuerdo con la búsqueda efectuada son: "transferencia de conocimiento", "transferencia tecnológica" debido a que para el periodo del 2010 al 2019 se evidenció un incremento de documentos con respecto al periodo anterior del 2001 al 2009, que incluían dichos conceptos. De la misma manera, "innovación", "gestión de conocimiento", "capacidad de absorción" y "comunicación" son las palabras clave que presentan un aumento en el periodo 2011 al 2020. Al comparar los tres periodos de la ventana de observación se encuentra que la palabra "países en desarrollo" se mantiene constante con igual número de documentos (1) para cada periodo.

En cuanto a los temas emergentes, el tópico "Oficina de Transferencia de Tecnología", se presenta como un tema que despierta interés entre los investigadores para dar respuesta al proceso de TT y TC y surge especialmente para el periodo del 2011 al 2020. De allí, Castillo et al., (2018) exploraron la adopción de modelos de transferencia en universidades que acogían las oficinas de transferencia, encontrando que las instituciones con mayores ingresos de investigación y posicionadas en ranking y clasificaciones fueron las primeras en adoptarlo lo que da cuenta de los recursos que demanda no solo desarrollar el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología sino gestionarlo. Otros temas tendencia, son "emprendimiento", "innovación abierta" y "relacionamiento entre industria y Universidad".

Figura 2 - 9 “: Temas emergentes, crecientes y decrecientes”



Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Scopus*

2.3.5. Componentes clave del proceso de TT y TC y su relacionamiento, vínculo o interacciones de causalidad a partir de capacidades

Componentes: etapas de TCT

Como parte del análisis de resultados de la bibliometría anteriormente descrita, se presenta a continuación una revisión de documentos que permitió identificar las etapas y actividades del proceso de transferencia de conocimiento que reconoce la literatura. Para efectos del estudio los componentes del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología-TCT hacen referencia a las etapas o actividades necesarias para llevar los resultados de investigación al mercado por medio de la firma de un contrato de negociación y a los actores relacionados a cada una de estas fases.

La TCT es el resultado de generar, almacenar y recuperar el conocimiento para transferirlo a las organizaciones en la generación de nuevos productos o servicios y mejora de procesos productivos (Vázquez, 2017). Para Castillo, Gilless, Heiman y Zilberman (2018), la transferencia de tecnología es el proceso por el cual las ideas y los productos pasan de las instituciones y entidades de investigación al mercado. Según González (2011), la TCT

permite que el receptor utilice la tecnología en las mismas condiciones y con los mismos beneficios que el proveedor, para sus propósitos de innovación tecnológica y requiere de un acuerdo consensuado (licencia, proyecto, incorporación de personal, entre otros) entre el proveedor y el receptor de la tecnología. Solano, Arzola, Durán y Chacón (2013), consideran nueve etapas en el proceso: identificación, planteamiento del proyecto de transferencia de tecnología, negociación, preparación para la transferencia de tecnología, transferencia y apropiación de la tecnología, resguardo y almacenamiento, evaluación, aplicación y comercialización y finalmente difusión. Baglieri et al., (2018) señalan que se le han hecho exigencias a las universidades a que hagan cada vez más por la sociedad en las últimas décadas además de realizar investigaciones y difundir el conocimiento mediante la enseñanza y las publicaciones, por tanto, la literatura expone una variedad de actividades y etapas de transferencia de conocimiento y tecnología de la universidad que busca promover el desarrollo económico y la actividad empresarial.

- **Etapa 1**

Siegel, Waldman, Atwater y Link (2004) Citado en Bradley, Hayter y Link (2013), plantean ocho actividades principales que caracterizan el proceso de TCT, iniciando con el proceso de descubrimiento por parte de un científico o investigador universitario. En la misma línea investigadores como Balachandra y Friar (1997), se acercaron a la delimitación del proceso de transferencia de conocimiento en el marco de la “universidad innovadora”, la cual busca comercializar los resultados de la investigación mediante la existencia de una unidad de transferencia de conocimiento a partir de dos actividades de explotación: licencia de una propiedad intelectual o el establecimiento de una empresa basada en el conocimiento (*spin off*). Estos autores proponen una primera fase o etapa de recopilación de ideas. Esta misma etapa Yuan et al., (2018) y Berbegal-Mirabent, Sabaté y Cañabate (2012), la denominan creación de tecnología. Adicionalmente, Balachandra y Friar (1997), mencionan una etapa previa a la generación de ideas relacionada con la cultura de innovación en la institución y es la que determina la orientación de la investigación hacía un modelo de negocio.

- **Etapa 2**

La segunda fase se caracteriza por ser el investigador quien comunica y divulga el resultado generado a la instancia encargada de la transferencia, reconocida en las universidades como las Oficinas de transferencia de resultados de investigación-OTRIS (Siegel et al.,

2004) Citado en (Bradley et al., 2013). En cuanto a Berbegal-Mirabent et al., (2012), la segunda etapa se refiere a la de adquisición es decir, las OTRIS reciben e identifican el conocimiento para transferirlo utilizando cualquiera de los dos mecanismos principales la creación de empresa o incorporación del bien en una empresa existente.

- **Etapa 3**

Según Siegel et al., (2004) Citado en Bradley et al.,(2013), el tercer paso es la evaluación de los resultados obtenidos en investigación para definir si puede ser patentado e identificar el potencial de explotación y generación de valor en la industria. Esta definición es contraria a la de Berbegal-Mirabent et al.,(2012) donde la tercera etapa es llamada conexión se refiere a la gestión de la OTRIS para lograr conectar la oferta con la demanda y buscar una explotación del conocimiento generado.

- **Etapa 4**

En el proceso de transferencia propuesto por Siegel et al., (2004) Citado en Bradley et al., (2013), indica que si una vez conocido el bien (tangible o intangible) la decisión es patentar, el cuarto paso es la solicitud de la patente e invertir. Sin embargo, el cuarto paso de Berbegal-Mirabent et al.,(2012) se adelanta a la transmisión después de haber logrado un contrato (la firma final) entre las partes interesadas.

- **Etapa 5**

El siguiente paso mencionado por Siegel et al., (2004) Citado en Bradley et al., (2013) y Balachandra y Friar (1997), requiere que la patente sea otorgada, en ese caso la OTRIS busca comercializar la tecnología con las empresas, el ideal es hacer coincidir una necesidad del mercado con la utilización de la tecnología y permitir que la universidad reciba un beneficio económico. En cuanto Yuan et al., (2018) el proceso de transferencia en la universidad termina acá en la búsqueda de comercialización de tecnología patentada. De forma distinta para la quinta etapa de Berbegal-Mirabent et al.,(2012) plantea una fase de asimilación y uso del conocimiento de acuerdo con lo establecido en un contrato ya previamente establecido.

- **Etapa 6**

La sexta actividad comprende el establecimiento de un acuerdo de licenciamiento que estipule la participación monetaria y de uso de la tecnología de cada una de las partes del proceso: Universidad, inventor y empresario (Siegel et al., 2004) Citado en (Bradley et al., 2013). Para Beraza y Rodríguez (2010), se refiere a los mecanismos posibles para la explotación de una patente, allí la forma en que el conocimiento es utilizado cambia, cambiando también la forma tradicional de transferencia de las universidades (la formación). En cuanto al autor Berbegal-Mirabent et al.,(2012), la sexta y última etapa, es denominada difusión y es la transformación del conocimiento generado en la investigación al mercado en forma de productos, con el fin de recibir un retorno económico para las partes acordadas en el contrato. Por su parte, Balachandra y Friar (1997), define la sexta etapa del proceso como la creación de valor en la cual se aplica el conocimiento en un mercado específico bien sea a través de la formación de una nueva empresa o de la aplicación para una ya establecida.

- **Etapa 7**

El paso siete se refiere a la adaptación y utilización de la tecnología por parte de la organización o empresa nueva creada (Siegel et al., 2004) Citado en (Bradley et al., 2013). En consecuencia, para Beraza y Rodríguez (2010), la Universidad en esta etapa se alinea con el propósito de desarrollo y obtención de beneficio económico por el bien tangible o intangible generado.

- **Etapa 8**

Este paso da cuenta de la adaptación y utilización de la tecnología por parte de un empresario con una necesidad específica como la mejora de una competencia o la generación de valor en sus procesos productivos (Siegel et al., 2004) Citado en (Bradley et al., 2013). Mientras que para Beraza y Rodríguez (2010), esta etapa revela la aplicación del desarrollo generado en investigación en un mercado especializado y espera verse reflejada en las distintas actividades que implique el funcionamiento de una empresa ya consolidada. Las etapas siete y ocho, según lo mencionado por Berbegal-Mirabent, Sabaté

y Cañabate (2012) reúnen las actividades transmisión (traspaso), asimilación (apropiación), uso (aplicación) y difusión (propagar) del conocimiento y la tecnología, sin importar el tipo de mecanismo escogido para llevar el resultado investigativo a un mercado o industria específica.

- **Revisión en bases latinoamericanas**

Con el fin de ampliar el rango de información acerca de la temática sobre el proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado, se realizó una revisión en las bases de datos de SciELO - Scientific Electronic Library Online y Redalyc- Red de Revistas Científicas de América Lanita y el Caribe, España y Portugal, utilizando la misma combinación de conceptos (en español) en todos los campos, de la búsqueda realizada en *Scopus:* “Proceso de transferencia de conocimiento", "proceso de transferencia de tecnología”, "transferencia de tecnología universitaria", "transferencia de conocimiento universitaria".

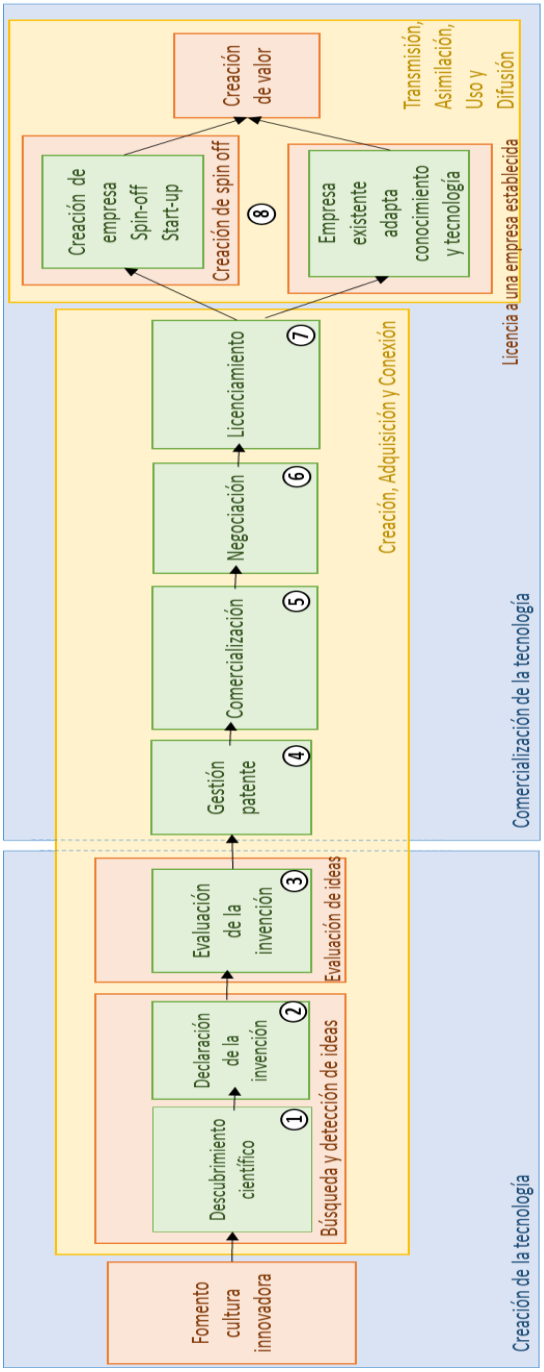
El panorama en Latinoamérica no es distinto a lo abordado en la base internacional *Scopus*, por su parte se evidencia relación entre la clasificación de las etapas y actividades del proceso de TCT y los actores relacionados en cada una de estas. Caicedo-Asprilla (2019), sugiere una clasificación del proceso desde una mirada internacional a través de 5 aspectos (etapas y actores), las características del emisor, las del receptor, objeto a ser transferido, entorno de las relaciones y mecanismos de transferencia.

Para Padilla-Meléndez y Li (2017) y González (2011), el proceso requiere de dos partes fundamentales: un remitente del conocimiento y un receptor del conocimiento. Asimismo Castro, Martins, González, Dressler y Carvalho (2013) y González (2011), definen la fuente (origen de la tecnología), el receptor (la empresa que piensa incorporar la tecnología en sus rutinas mejorar productos o procesos) y factores de relacionamiento entre las partes (confianza, intensidad de los vínculos y proximidad cultural).

Tal como lo manifiestan Santos, Pontes, Damásio y Setenta (2017), hay cuatro etapas del proceso de transferencia propuesto inicialmente por Ikujiro Nonaka, Hirotaka Takeuchi y Katsuhiro Umemoto (1996). La primera etapa, corresponde a la socialización que permite la conversión del conocimiento tácito en conocimiento explícito. Segunda etapa (externalización), se refiere a compartir el conocimiento generado a través del diálogo y el lenguaje escrito para asociarle símbolos a su significado. La tercera etapa es la de combinación con el fin de reconfigurar y categorizar el conocimiento explícito haciendo posible el generar nuevos conocimientos y finalmente, la etapa de internalización que transforma el conocimiento explícito en conocimiento tácito.

Por su parte, Vila, Guagliano, Galante y Arciénaga (2013), resalta cinco componentes del proceso de transferencia: agente de transferencia, medio de transferencia, objeto a transferir, recipiendario de la transferencia, y el entorno demandante de la transferencia. En la misma línea Castillo-Vergara y Alvarez-Marin (2015), plantea el proceso de transferencia desde la perspectiva de la formación de empresas *Spin-Off* como un mecanismo efectivo de la difusión, apropiación y explotación del conocimiento tecnológico, distinguiendo cuatro etapas globales: Una primera etapa de generación de ideas (investigación enfocada al ámbito empresarial) de negocio en las actividades de investigación bajo lineamientos más radicales para la explotación de los resultados obtenidos en la Universidad. En segundo lugar, se encuentra la búsqueda de potencial de negocio en las ideas anteriormente identificadas que puede ser validado en un proyecto empresarial lo que significa una inversión de recursos. Una tercera fase trata de la creación de la empresa *Spin-Off* para explotar y comercializar el negocio haciendo uso de los recursos disponibles. La última etapa, hace alusión a la consolidación de la empresa para la creación de valor económico mediante la concepción de ventajas tangibles e intangibles para la economía o el mercado en el que se participa. La Figura 2 - 10 recoge las actividades y etapas identificadas en la literatura sobre el proceso de TCT.

Figura 2 - 10 “: Etapas y actividades del proceso de TCT identificadas en la literatura”



Fuente: elaboración propia a partir de la revisión bibliométrica

Nota: Cada color representa una propuesta sobre las etapas y actividades que conforman el proceso de TCT por parte de diferentes autores y que, al compararse en algunas de sus actividades, se traslapan o agrupan entre sí.

Componentes: actores

De acuerdo con Hallam, Wurth y Flannery (2014), hay tres actores relevantes e indispensables del proceso de transferencia de resultados de investigación independientemente del mecanismo a utilizar. En primer lugar, menciona al inventor o generador del bien a transferir como investigadores científicos o estudiantes que originan un bien tangible con potencial de ser aplicado en empresas del sector real y en la solución de problemas corporativos. De acuerdo con Marulanda, Valencia y Marín (2019), este actor vital del proceso de TCT es conocido también como la fuente que da origen al conocimiento a transferir. En segunda instancia, se encuentran las oficinas de transferencia tecnológicas, para otras instituciones puede ser conocida como la unidad que gestiona la propiedad intelectual (obtención, almacenamiento y portafolio) que se encarga de conectar las necesidades de las empresas y empresarios con las funcionalidades del resultado generado en las universidades y quien finalmente negocia los acuerdos de transferencia de tecnología (Hallam et al., 2014). El tercer actor, es la parte interesada en recibir el conocimiento o la tecnología, bien sea la empresa creada o el empresario, que quiere comercializar la tecnología basada en el conocimiento de la Universidad. Asimismo, Marulanda et al., (2019), denomina este actor como el receptor o destinatario, el encargado de utilizar la tecnología y conocimiento generado. Cabe anotar que según Paniccia y Baiocco (2018), los actores del proceso de TCT pueden ser clasificados de acuerdo a tres niveles de participación entre la Universidad, Industria y el Estado, la denominada tiple hélice propuesta por Etzkowitz y Leydesdorff, (2014) y explicada bajo una visión co-evolutiva, es decir desde “la dinámica de las relaciones en los diferentes niveles organizativos dentro de las universidades capaces de crear empresas innovadoras y nuevas empresas orientadas a la sostenibilidad” (Paniccia & Baiocco, 2018, p. 1). En este sentido, el primer nivel (micro) comprende departamentos universitarios, científicos e investigadores, entre ellos monitores estudiantes de doctorado y el personal administrativo de la institución quienes desarrollan la investigación académica. El segundo nivel (meso), se ubica un parte dentro de la Universidad con actores como las oficinas de transferencia de tecnología y fuera de esta como las incubadoras y parques científicos encargados de intermediar entre la academia y la Industria. Por último, el tercer nivel (macro) de Paniccia y Baiocco (2018), se localiza dentro de la Institución, especialmente el gobierno universitario quien legisla, condiciona y fomentar el proceso de TCT.

Por último, la complejidad de desarrollar la transferencia de conocimiento en las organizaciones se basa en lo diverso de sus propios objetivos y agendas a lo largo del tiempo y es este recurso, uno de los más importantes que determina la continuación del conocimiento en el flujo del proceso de TCT, donde los intermediarios y los actores externos a la Universidad podrían facilitar el cesión de la tecnología a una empresa (Lindkvist et al., 2019). Siguiendo el manual de transferencia de tecnología y conocimiento de González, (2011), los intermediarios podrían participar en cualquier etapa del proceso mediante actividades de apoyo como aceleradores, facilitadores, dinamizadores, asesores, difusores entre otros. En relación con lo anterior, la Figura 2 - 11 permite observar los actores del proceso de TCT y la variación de los nombres de los agentes que intervienen, desde el punto de vista de algunos autores.

Figura 2 - 11": Actores del proceso de TCT identificadas en la literatura”

Fuente: elaboración propia a partir de la revisión bibliométrica

Nota: Cada color representa una propuesta sobre los actores y componentes que conforman el proceso de TCT por partes de diferentes autores y que al compararse algunos se agrupan o coinciden entre sí. De forma trasversal se observa el objeto o activo de conocimiento como el actor principal por el cual existe y se fundamenta el proceso de la TCT (Becerra, 2019).

2.3.6. Relacionamiento, vínculo o interacciones de causalidad a partir de capacidades

Considerando que uno de los problemas principales analizados en la Universidad hace alusión a la incapacidad para efectuar el proceso de TCT de forma exitosa, se exploran las capacidades que pueden influir en este proceso con el fin de analizar el relacionamiento de los actores en cada una de las etapas y actividades del proceso. En este sentido algunos estudios ya han argumentado el relacionamiento existente entre el desarrollo de los sistemas de transferencia de tecnología llevados a cabo en la Academia e Instituciones de Educación Superior-IES (Macias et al., 2018) y en sectores específicos de la industria (Marulanda & Montoya, 2015; Quintero et al., 2019) y las capacidades disponibles de los actores que componen del proceso.

La innovación y la transferencia de conocimiento y tecnología

Es preciso reconocer la importancia de la transferencia de conocimiento y tecnología en los sistemas de innovación, ya que como lo supone Caicedo (2012), si las interacciones o vínculos entre los actores no conducen al proceso de TCT hay una deficiencia en la generación y aprendizaje de conocimiento y tecnología por parte de las instituciones que hacen parte de la red de innovación. De la misma manera, la transferencia de conocimiento dentro del sistema Nacional de Innovación-SIN se distingue como un elemento fundamental en la economía del aprendizaje en la que las organizaciones e instituciones de un país aportan al desarrollo, la difusión y utilización de las innovaciones (Valencia & Becerra, 2010). Los autores Pedraza y Velázquez (2013), confirman la necesidad del vínculo entre el sector empresarial con las Instituciones académicas y las instituciones estatales y gubernamentales para contribuir y potenciar la mejora de competencias en las compañías y enfocar las actividades de investigación hacia la solución de necesidades específicas a través del relacionamiento entre los actores que hacen parte del SIN y la consolidación del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología.

Por consiguiente, para Vega et al.,(2011), la innovación migra al concepto de proceso colectivo que es efectuado por las organizaciones estableciendo vínculos de cooperación y colaboración con actores e instituciones científicas y académicas, industriales o gubernamentales, dando lugar al sistema de innovación. Desde esta perspectiva la

transferencia de conocimiento es el vehículo por el cual las universidades dejan de ser espacios aislados, para ser protagonista del proceso de creación de innovaciones mediante actividades de investigación básica y aplicada, con la necesidad de relacionarse con un ambiente económico (alianzas) y desarrollar conjuntamente los bienes a incorporar en el sector empresarial. De lo anterior, la TCT conlleva un nexo entre la Universidad y la Empresa y entre otros agentes internos como las mismas dependencias de la institución, y externos como organizaciones con mayores recursos disponibles para la generación de desarrollo científico, que posteriormente pueda ser transformado en desarrollo económico, es decir un contrato con beneficios monetarios para sus partes. De la misma forma, el Estado es quien promueve los procesos de TCT mediante proyectos, recursos, apoyos, concursos de planes de negocios, entre otros, que en ocasiones pueden ser vistos como intermediarios entre la universidad y la industria (Paniccia & Baiocco, 2018).

Mecanismos y medios de transferencia de conocimiento y tecnología

La literatura define los mecanismos de transferencia de conocimiento y tecnología más utilizados en las universidades para llevar a cabo su nuevo rol como universidad emprendedora. A continuación, se exponen algunos mecanismos, sin embargo, para el marco de esta investigación se profundizará solo el mecanismo que esboza el caso de estudio:

- **Licencias de patentes**

Durante el proceso de patentamiento las universidades requieren reconocer las patentes con alto potencial de uso industrial, es decir las que se consideran relevantes en la promoción de la competitividad de las empresas en la industria; y de uso investigativo para la solución de problemas sociales importantes (García, 2017). Ello, condiciona uno de los mecanismos de transferencia para la explotacion y uso de las patentes, el licenciamiento.

Martínez-Pacheco, Vargas-Chaves y Salgado-Figueroa (2018), definen las licencias de patentes como un contrato de transferencia de tecnología donde el desarrollo o innovación tecnológica ha sido realizado con anterioridad y el cual tiene características de negocio, representado por una parte que realiza la transmisión del saber hacer o *know-how* a la otra parte a cambio de una contraprestación económica o regalía.

- **Convenios y consultorías entre la universidad y la empresa**

La relación Universidad-Empresa enmarca la interacción entre estas dos partes estableciendo una asociación, alianza o convenio que busca identificar y solucionar las necesidades investigativas del sector empresarial (Arias & Aristizábal, 2011). Este proceso permite que el sector real obtenga acceso a los avances tecnológicos desarrollados por los científicos con el fin de generar nuevos desarrollo científico-técnico, tecnológico y económico. En este sentido la transferencia se da por medio de convenios, acuerdos en el cual se establece pago y con ello, comercializar el conocimiento generado mediante relaciones colaborativas (García, Gualdrón & Bolívar, 2013).

- **Creación de empresas basadas en resultados de la investigación llevada a cabo en las universidades *Spin-offs.***

Las *spin-offs* son empresas constituidas desde la universidad, que se dedican a la explotación del conocimiento, tecnología o resultados de investigación obtenidos mediante las actividades investigativas de las universidades (Arias & Aristizábal, 2011). Ademas, este tipo de empresas cumplen con unas características generales que señalan Pirnay, Surlemont y Nlemvo (2003) como: (1) Tener origen en una organización ya establecida (organización matriz); (2) Implicar a uno o mas personas de la organización matriz, con un rol o función independiente y (3) Estas personas que hacen parte de la organización matriz abandonan la compañía para establecer la nueva empresa *spin-off*. Autores como Beraza y Rodríguez (2010), identifican los factores que determinan la utilización de la creación de *spin-offs* como mecanismo de TCT al interior de las universidades:

> La concesión de licencias exclusivas, la toma de participaciones en el capital de las *spin-offs*, la flexibilidad de la política de personal, el acceso a los recursos universitarios, una adecuada distribución de los *royalties* y la oferta de capital semilla por parte de la universidad favorecen la transferencia de conocimiento mediante la creación de *spin-offs* (p. 132).

- **Publicaciones en revistas científicas y aportes a congresos**

Este tipo de mecanismo de transferencia se refiere al conocimiento generado de los procesos investigativos en la generación de conocimiento y la difusión de este en eventos académicos. En Colombia Colciencias (2017), establece cuatro tipos de los productos

(desarrollo tecnológico e innovación) resultados de las actividades de investigación: (1) Productos resultados de actividades de generación de nuevo conocimiento; (2) Productos resultados de actividades de desarrollo tecnológico e innovación, como los artículos, libros y capitulo de libros de resultado de investigación, como los productos empresariales, regulaciones, normas y reglamentos, productos tecnológicos y consultoras; (3) Productos resultados de actividades de apropiación social del conocimiento, como la participación en proyectos de Ciencia Tecnología e Innovación-CTeI, comunicación social del conocimiento, generación de estrategias pedagogías y circulación del conocimiento en eventos científicos; (4) Productos de actividades relacionadas con la Formación de Recurso Humano en CTeI, como tesis de maestría y doctorado, trabajo de grado de pregrado y proyectos de investigación y desarrollo.

- **Formación de personal- capacitaciones**

Estas actividades funcionan bajo acuerdos y contratos, cuyo objeto está basado en la formación y capacitación en temas específicos sobre los diversos sectores económicos para dar respuesta a problemas técnicos y especializados y que es impartido mediante un entrenamiento brindado por Universidades a empresas y entidades de la industria (Filgueiras et al., 2013).

Capacidades del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología

En primera instancia una capacidad se define como la habilidad de desempeñar una tarea o actividad que involucra patrones complejos de coordinación y cooperación entre la gente y los recursos (Grant, 2013). Ahora bien, para llevar a cabo cualquier mecanismo de transferencia se hace necesario que cada actor cuente con ciertas capacidades que son requeridas según la etapa del proceso de TCT. Díaz et al., (2005) explica la relación en la una primera etapa de la transferencia como la necesidad de conversión de los conocimientos tácitos (no expresados formalmente) a conocimientos explícitos (expresados y entendibles) científicos y tecnológicos, en donde la Universidad es quien crea un vínculo directo con los demás agentes del proceso, hasta la asimilación de la tecnología como un proveedor; pero, cuando esta es apropiada por la empresa, el papel de la Universidad termina y son los empresarios y los gerentes quienes deben dirigir la nueva tecnología hacia la creación de valor, asumiendo los riesgos asociados al proceso. Luego, la empresa por

su parte debe ser capaz de crecer y establecer conexión con otros mecanismos de carácter estatal que contribuyan a configurar sus capacidades para el uso de la tecnología, para la producción y las relacionadas con el área organizacional. Sin embargo, Díaz et al.,(2005) indica que la Universidad puede volver a interactuar con la empresa después de la adopción del conocimiento generado mediante consultorías con una nueva orientación hacia el crecimiento.

Desde un enfoque de gestión organizacional, para la fuente de conocimiento u origen del mismo se atribuye el desarrollo de la capacidad de transferencia, abarcando a partir del dominio del conocimiento que se piensa valioso y las motivaciones para enseñarlo o traspasarlo a un tercero; y desde la perspectiva del agente receptor, es requerida la capacidad de absorción sobresaliendo la motivación para asimilar y aprender a utilizar el conocimiento recibido (Castro et al., 2013). De acuerdo con el manual de transferencia de tecnología y conocimiento de González (2011), el actor del proceso que juega el papel de proveedor o fuente de conocimiento es quien requiere contar con la capacidad de I+D para dar paso a los resultados investigativos a transferir.

- **Capacidad de absorción**

La capacidad de absorción determina si el conocimiento puede ser difundido entre los actores del proceso ya que en el caso de los investigadores, son quienes gestionan los recursos y, de los empleados, son los encargados de reconocer el valor del conocimiento para comprender su contenido y facilitar la interacción (Cohen & Levinthal, 1989). En este sentido, Padilla-Meléndez y Li (2017), indica que la capacidad de absorción se hace necesaria en el proceso de transferencia de conocimiento, ya que es de quien depende el éxito del proceso y el desarrollo o generación del conocimiento. Asimismo, se observa relación entre las distintas capacidades para el desarrollo tecnológico, puesto que Macias et al., (2018), sostienen que “la capacidad de innovación dependen de si las empresas beneficiarias han relacionado el conocimiento previo o la capacidad de absorción para entender y aprovechar las oportunidades tecnológicas” (p.533). Lo anterior evidencia que la capacidad de absorción puede contribuir a la intermediación de recursos que están ubicados lejos uno de otros, gracias al interacción entre los actores.

- **Capacidades dinámicas**

Desde la perspectiva del proceso de TCT en la Universidad, este tipo de características dinámicas se refieren a la reconfiguración de las capacidades en las instituciones académicas para renovarse con el ideal de una mejor adaptación al mercado y los entornos institucionales (Yuan et al., 2018). Para Rodrigues y Carvalho, (2019), la capacidad dinámica en las actividades de TCT tiene el potencial de contribuir directa o indirectamente a aumentar el desempeño organizacional y crear ventaja de las empresas sobre las demás, en la medida en que reconfigure el proceso haciendo el flujo más eficiente de las tecnologías y conocimientos desarrolladas de una compañía a otras, recibiendo ingresos por su uso. De la misma forma Teece, Pisano y Shuen 1(997) y Calderon-Garcia y Kolbe, (2017), señalan que la capacidades dinámicas permiten la aplicación de las capacidades en entornos complejos e inestables para la creación de ventajas competitivas y mejorar el desempeño de la organización. De otro modo, dado que se considera la transferencia como un factor fundamental de la innovación se analizan las siete capacidades de innovación de (Yam et al., 2004).

- **La capacidad de aprendizaje:** es la capacidad de una organización para identificar, asimilar y explotar el conocimiento del medio ambiente. Esta capacidad converge con la capacidad de absorción para identificar con el conocimiento aprendido si el objeto a transferir tiene potencial de ser explotado.
- **La capacidad de I + D:** Consiste en la habilidad de la organización para integrar la estrategia de I + D, la implementación del proyecto, la gestión de la cartera de proyectos y el gasto en I + D.
- **La capacidad de asignación de recursos:** es la capacidad de una organización para adquirir y asignar el capital, la experiencia y la tecnología adecuados en el proceso de innovación.
- **La capacidad de fabricación:** capacidad de la organización para transformar los resultados de I + D en productos, que satisfacen las necesidades del mercado, concuerdan con la solicitud realizada.

- **La capacidad de comercialización:** es la capacidad de una empresa para publicitar y vender productos sobre la base de comprender las necesidades de los consumidores, el entorno competitivo, los costos y beneficios, y la aceptación de la innovación.
- **La capacidad organizacional:** la capacidad de una organización para asegurar el mecanismo y la armonía organizacional, cultivar la cultura de la organización y adoptar buenas prácticas de gestión.
- **La capacidad de planificación estratégica:** es la capacidad de una organización para identificar fortalezas y debilidades internas y oportunidades y amenazas externas, formular planes de acuerdo con la visión corporativa y las misiones, y ajusta los planes para su implementación.

Además, de ser consideradas las capacidades de innovación para el contexto empresarial, la Universidad dentro del proceso TCT puede buscar desarrollar algunas de estas habilidades igual que las empresas tal como lo propone en su investigación Macías (Macías, 2014). Oros autores como Arechavala y Sánchez (2017), proponen siete capacidades específicas para llevar a cabo las actividades de transferencia de resultados investigativos en las universidades, por tanto son capacidades definidas para este actor del proceso:

- **Capacidad para vincularse con la industria y de responder a sus necesidades**: esta capacidad hace énfasis en los tiempos de respuesta a las necesidades existentes, lo que acarrea cambios en la configuración burocrática de las Instituciones. Esta capacidad puede ser equiparable con la capacidad de I+D para responder a través de proyectos los requerimiento del entorno (Yam et al., 2004).
- **Capacidad legal para procesar convenios:** aquí se relaciona la capacidad legal para ejecutar los convenios y acuerdos comercialización de conocimiento. El trámite es realizado de forma expedita incluyendo las necesidades de recursos monetarios y riesgos inherentes a la etapa para llevar la tecnología y el cocimiento nuevo a la industria.
- **Capacidad para vislumbrar el valor económico tecnologías y gestionar patentes:** es la habilidad para gestionar eficientemente considerando el largo plazo los procedimientos de solicitud de patentes, derechos de propiedad intelectual y contratos de licenciamiento de tecnología.

- **Capacidad para incentivar entre investigadores y estudiantes el contacto con empresas y el trabajo de investigación aplicada:** habilidad para crear conexión entre investigadores y empresas mediante el trabajo de investigación aplicada generado para su aplicación en la industria.
- **Capacidad para identificar, formar y organizar talento empresarial y de negocios para la explotación de tecnologías desarrolladas en la universidad:** en esta etapa los actores de la universidad deben gestionar el talento disponible para seleccionar el mecanismo de transferencia más rentable (creación de empresas o aplicación a una empresa existente). Esta capacidad es similar a la capacidad organizacional y está relacionada con las buenas prácticas de gestión empresarial (Yam et al., 2004).
- **Capacidad para organizar y apoyar con recursos suficientes la operación de una oficina de transferencia de tecnología (asignar recursos y enlace):** establecimiento de una OTRI para el enlace con otras organizaciones, con un enfoque especializado para su función y con características diferenciadoras de otras dependencias al interior de la Universidad.
- **Capacidad para movilizar el conocimiento (transferencia):** esta capacidad permite que el conocimiento de profesores y estudiantes llegue hasta la industria y apoye a organizaciones no gubernamentales y a organismos públicos desde una perspectiva individual de la fuente del conocimiento.

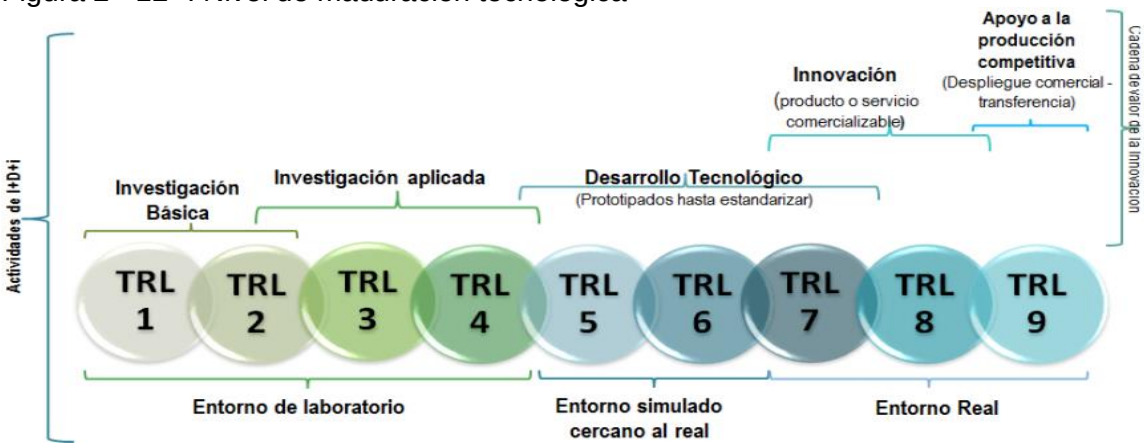
Nivel de maduración o *Technology Readiness Levels-TRLs* del objeto de transferencia

De acuerdo con COLCIENCIAS (2016) existe una clasificación de la tecnología y el conocimiento según su preparación para ser explotado: Inicialmente, el TRL 1 es el nivel más bajo, relacionado con la investigación científica y es cuando esta cambiar a investigación aplicada y desarrollo. El TRL 2, es el siguiente nivel de preparación y busca identificar las aplicaciones prácticas de los principios básicos del anterior nivel observado. El TRL 3, este nivel inicia la I+D a través de estudios y experimentos de laboratorio para la validación de la "prueba de concepto" de las aplicaciones y conceptos formulados en TRL 2. En cuanto al TRL 4, comprende la validación y ensamble de componentes o de un sistema en un ambiente de laboratorio para funcionar en conjunto y realizar pruebas siendo consecuente con las posibles aplicaciones del sistema. El TRL 5, se enfoca a fin de obtener

una visión más realista de las piezas o el componente ensamblado para posteriormente probarla en un entorno "simulado" o más cercano a la realidad. TRL 6, este nivel se encarga de llevar el componente a un modelo para la demostración exitosa en un entorno relevante que puede variar en una aplicación real del sistema, o ser solo similar a la aplicación planificada, pero utilizando las mismas tecnologías. TRL 7, en este nivel el prototipo requiere de una demostración real entorno espacial por lo que este debe estar más cerca o a la escala del sistema operativo planificado y diseñado. El alcance de esta fase se debe a elementos como la ingeniería de sistemas y la confianza en la gestión del desarrollo. TRL 8, para la mayoría de las tecnologías este nivel es el final y corresponde el "desarrollo del sistema" con todos los elementos tecnológicos, además posee las condiciones para pasar a ser aplicado a un sistema real ya que ha sido demostrado que la tecnología funciona a nivel comercial a través de una aplicación a gran escala. TRL 9, se refiere a la operación del sistema, ya que la tecnología se encuentra en su forma final y operable como producto ya desarrollado listo para ser aplicado en la sociedad.

Es claro que no todo el conocimiento y tecnología generado en las Universidades en actividades de investigación, logra llegar hasta las etapas finales de maduración y alistamiento debido a las capacidades limitantes de su estructura, lo que obliga a buscar otras intuiciones que si cuenten con los recursos, infraestructura y espacios propicios para obtener un producto preparado y más acorde a las exigencias del mercado. En otras palabras, el alistamiento de la tecnología hace parte de las etapas previas a la comercialización de la TCT y es un elemento importante que condiciona el objeto a transferir. La Figura 2 - 12 muestra las etapas descritas en el proceso de maduración de la tecnología.

Figura 2 - 12 ": Nivel de maduración tecnológica"



Fuente: (COLCIENCIAS, 2015)

Finalmente, la Tabla 2- 2 presenta la relación entre los actores y etapas de acuerdo con las capacidades requeridas en cada actividad del proceso de TCT y muestra para el objeto de transferencia, el nivel de maduración que puede tener en cada una de las etapas del proceso.

Tabla 2- 2: Relacionamiento e interacción entre actores y etapas del proceso TCT a partir de capacidades de transferencia

Etapas / Actores	Etapa 1 Descubrimiento	Etapa 2 Declaración	Etapa 3 Evaluación	Etapa 4 Patente	Etapa 5 Comercialización	Etapa 6 Negociación	Etapa 7 Licenciamiento	Etapa 8 Creación empresa	Etapa 9 Adaptación a empresa
Grupos de investigación	Cap. aprendizaje Cap. I+D Cap. legal	Cap. I+D		Cap. legal	Cap. Legal				
Universidad (Institución)	Cap. aprendizaje Cap. I+D Cap. legal Cap. incentivo contacto investigativo	Cap. I+D		Cap. legal Cap. asignar recursos y enlace	Cap. de fabricación Cap. de comercialización Cap. Legal Cap. asignar recursos y enlace	Cap. para vincularse con la industria Cap. organizacional Cap. asignar recursos y enlace	Cap. para vincularse con la industria Cap. Organizacional Cap. Legal Cap. asignar recursos y enlace	Cap. organizacional Cap. de transferencia	Cap. organizacional Cap. de transferencia
Estudiantes	Cap. aprendizaje Cap. I+D	Cap. I+D							
Profesores	Cap. aprendizaje Cap. I+D	Cap. I+D							
Gobierno universitario	Cap. de planificación estratégica Cap. I+D Cap. incentivo contacto investigativo	Cap. I+D Cap. incentivo contacto investigativo			Cap. incentivo contacto investigativo	Cap. de planificación estratégica Cap. incentivo contacto investigativo	Cap. de planificación estratégica		

Tabla 2- 2 (Continuación)

Etapas / **Actores**	**Etapa 1 Descubrimiento**	**Etapa 2 Declaración**	**Etapa 3 Evaluación**	**Etapa 4 Patente**	**Etapa 5 Comercialización**	**Etapa 6 Negociación**	**Etapa 7 Licenciamiento**	**Etapa 8 Creación empresa**	**Etapa 9 Adaptación a empresa**
Intermediarios			Cap. gestionar	Cap. gestionar	Cap. de comercialización	Cap. asignar recursos y enlace	Cap. asignar recursos y enlace	Cap. de transferencia	Cap. de transferencia
			Patentes	Patentes	Cap. de fabricación	Cap. asignar recursos y enlace	Cap. asignar recursos y enlace		
			Cap. asignar recursos y enlace	Cap. asignar recursos y enlace	Cap. organizacional				
					Cap. asignar recursos y enlace				
Estado	Cap. incentivo contacto investigativo	Cap. incentivo contacto investigativo		Cap. legal	Cap. organizacional	Cap. organizacional	Cap. organizacional	Cap. legal	Cap. Legal
					Cap. Legal	Cap. legal	Cap. de planificación estratégica	Cap. incentivo contacto investigativo	Cap. incentivo contacto investigativo
					Cap. incentivo contacto investigativo		Cap. Legal		
							Cap. incentivo contacto investigativo		
OTRI			Cap. legal	Cap. legal	Cap. de comercialización	Cap. legal	Cap. Legal	Cap. legal	Cap. Legal
			Cap. gestionar	Cap. gestionar	Cap. Legal			Cap. de transferencia	Cap. de transferencia
			Patentes	Patentes					
			Cap. asignar recursos y enlace	Cap. asignar recursos y enlace					
Empresa con necesidad existente	Cap. aprendizaje							Cap. aprendizaje	Cap. Aprendizaje
								Cap. de fabricación	Cap. de fabricación
								Cap. organizacional	Cap. Organizacional
								Cap. de planificación estratégica	Cap. de planificación estratégica
Empresa nueva creada	Cap. aprendizaje							Cap. aprendizaje	Cap. Aprendizaje
								Cap. de fabricación	Cap. de fabricación
								Cap. organizacional	Cap. Organizacional
								Cap. de planificación estratégica	Cap. de planificación estratégica
Objeto de transferencia	TRL1-TRL2	TRL2-TRL4	TRL 4-TRL8	TRL 9	TRL 9				

Fuente. Elaboración propia

2.4. Conclusiones

Se desarrolló una visión bibliométrica del campo de estudio referente al proceso de transferencia de conocimiento y tecnología utilizando tres enfoques, que implican un análisis de productividad o cantidad, uno de impacto o citación y un mapeo gráfico de red o estructura, a través del cual fue posible comprender el estado actual de la literatura y los temas que son tendencias en este campo de investigación. Teniendo en cuenta el mapeo gráfico y algunos indicadores como el número total de citas y la productividad, la investigación sobre TCT se ha analizado desde diferentes puntos de vista en función de revistas, artículos, autores, instituciones y países. Como periodo crítico de investigación durante el análisis comprendido entre 1990 al 2020 se consideran los años de 2012, 2015 y 2016 como los años de mayor productividad con 13, 13 y 14 documentos respectivamente. Un resultado interesante del mapa es la visualización de coautoría es que Fu Z., Feng W., Duan Y., y Mathews B., fueron los autores más productivos y los que contaban con una mayor colaboración entre si al momento de publicar sus investigaciones.

La revisión bibliométrica también permitió identificar los componentes en cuanto a etapas y actores reconocidos como clave del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología según la literatura. Se destacan como las etapas clave actividades que pueden estar basadas en el fomento a la innovación como el descubrimiento científico, la declaración de la invención (generación de conocimiento), evaluación de la invención, gestión de la protección, comercialización, negociación y licenciamiento a través de la creación de empresas o de la aplicación de la invención para solucionar una necesidad de empresas existente con el fin de generar valor al mercado. Como actores claves, la literatura destacó a estudiantes de posgrado y docentes de investigación como los inventores o autores del conocimiento generado; las oficinas de transferencias de conocimiento-OTRIS, empresarios y empresas creadas como los receptores del activo de conocimiento generado; e instituciones públicas con variadas funciones de intermediación, como la intervención, reglamentación o políticas reguladas por el Estado.

En cuanto a los vínculos entre los actores y las etapas del proceso de TCT se pudo inferir que la literatura precisa su relacionamiento a partir de las capacidades de transferencia e

innovación requeridas para desarrollar cada una de las etapas del proceso. De allí, se pueden diferenciar 10 capacidades fundamentales como: capacidad de I+D, de aprendizaje, legal, de incentivo y contacto para investigación, de asignación de recursos y enlace con la industria, de gestionar patentes, organizacional, de fabricación, de comercialización y de planificación estratégica.

3. Capítulo 3. Caracterización del proceso de TCT en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

3.1. Introducción

Las instituciones educativas deben revisar constantemente sus procesos sustantivos: docencia, investigación y extensión cerciorándose de cumplir con la misión de transformar la sociedad mediante los profesionales que egresan con una adecuada formación integral para el aporte al desarrollo de la industria (González & González, 2013). En ese sentido Morales, Sanabria y Caballero (2015), indican que los enfoques misionales implican un conjunto de elementos que condicionan la enseñanza universitaria hacia la búsqueda del crecimiento del conocimiento y el perfeccionamiento de las capacidades de los estudiantes para su ejercicio profesional. Autores como Morales, Suárez y Pérez (2019), reconocen un nuevo enfoque por el cual se realiza la extensión y las actividades científicas respondiendo a las necesidades cambiantes de la sociedad, denominada la Tercera misión o la función de vinculación. Asimismo Ortiz-Reyes, Williams-Tejeda, Delgado, López y Negrón (2018), aseguran que las actividades que definen la tercera misión se orientan hacia la generación, aplicación y uso del conocimiento por fuera de los entornos académicos (transferencia de conocimiento).

Marulanda y Rojas (2019), definen la tercera misión de las universidades, específicamente de las Instituciones de Educación Superior-IES, como un mecanismo que articula las necesidades identificadas en los grupos de interés que conforman la sociedad por medio de la transferencia tecnológica y reconoce al conocimiento como el activo intangible más importante de las organizaciones que mejora sus capacidades. En este orden de ideas, la tercera misión de la Universidad contiene los conceptos de transferencia tecnológica e innovación ya que contribuye a la búsqueda de una sociedad del conocimiento (Astigarraga & Eizagirre, 2017). Por lo tanto, “la tercera misión de la universidad conecta innovación,

empresa, sociedad civil y desarrollo cultural, social y económico bajo la perspectiva de la transferencia de conocimiento" (López, 2019, p. 20).

El presente capitulo expone la caracterización del proceso actual que sigue la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín para llevar a cabo la transferencia de sus resultados de investigación a la Industria, el cual servirá de insumo en el capítulo 4 para la representación sistémica del proceso de TCT. Inicialmente, se describen las misiones sustantivas de la Universidad Nacional de Colombia, detallando donde se llevan a cabo actividades de investigación y generación de conocimiento y transferencia de este. También, se describe el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología, como objeto de estudio para identificar las etapas, actividades y actores involucrados en la generación de resultados de investigación susceptibles de ser transferidos. Para lo anterior, se recopiló información primaria y secundaria con el fin de tener datos que reflejaran la realidad de la Institución y con los cuales se proponen alimentar los modelos: diagrama causal y de Forrester en el capítulo 4, y así garantizar un análisis confiable del proceso de TCT. Los datos primarios fueron recolectados de entrevistas a dos expertos: un administrativo de la dependencia de Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas y un experto en la gestión tecnológica en la vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Sede Medellín.

3.2. Funciones sustantivas de la Universidad

Con el objetivo de comprender en qué espacios y actividades se lleva a cabo la transferencia de conocimiento y tecnología-TCT en la Facultad de Minas, a continuación, se realiza una descripción de las actividades misionales de esta. De la misma manera, se resalta como en el marco de la "tercera misión" de la Universidad, su visión se orienta hacia la TCT. Ello, resulta importante debido a que, como presupone Bueno (2007), se puede considerar a la Universidad como la protagonista de un rol relevante en el sistema de I+D+i por ser el eje principal del proceso de transferencia del conocimiento tecnológico y científico.

3.2.1. Docencia o formación

Esta función de la Universidad se relaciona con la formación de capacidades en los estudiantes que se convertirán en los profesionales de la sociedad. Desde la docencia se ve involucrada la organización administrativa y académica de cada facultad en la Sede Medellín y los recursos humanos por los que se lleva a cabo el ejercicio de la docencia. Es claro que la formación de los futuros profesionales y su desempeño exitoso dependen en su mayoría de docentes preparados, íntegros y de óptima infraestructura y de un alto compromiso de los estudiantes para la asimilación del aprendizaje (Morales et al., 2015).

3.2.2. Extensión universitaria o de proyección social

La Facultad, define su función de Extensión como una interacción de la Universidad con el entorno económico, político, cultural y social del país, para lograr un nivel alto de bienestar en la sociedad, aumentando la productividad y la competitividad del sector laboral. A su vez, estas actividades de extensión están gestionadas en la Facultad de Minas a través de la Vicedecanatura de Investigación y Extensión, la cual se encarga del diseño de políticas, estrategias y procedimientos para fortalecer la función de investigación y extensión, la gestión de los grupos orientados a investigar, el fomento de la transferencia tecnológica y del relacionamiento con las demás direcciones que conforman la Sede. De acuerdo con la Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia (2020a), se conciben 5 modalidades de extensión:

- **Servicios Académicos**

Estos servicios son ofrecidos y vendidos a la industria, los cuales corresponden principalmente a: consultorías y asesorías, interventorías, evaluación de programas y políticas, entre otras.

- **Educación continua y permanente**

Cursos de extensión: aquellos con una duración mínima de 15 horas y una máxima de 80 horas que otorgan certificación de asistencia. Cursos de profundización y actualización: Cursos para actualizar o profundizar conocimientos e información en diversos campos del conocimiento y que como tal otorgan certificación.

Diplomados: programas que se centran en la mejora de habilidades para desempeño laboral y profesional. Se forman a partir de módulos y otorgan certificación de asistencia y aprobación.

Talleres: programas en los que se busca desarrollar temas puntuales encaminados al fortalecimiento del trabajo en equipo para diferentes áreas del conocimiento.

Programas de formación docente: son los que se dirigen para actualizar y mejorar el desempeño docente en relación con asuntos tanto pedagógicos como investigativos que se correlacionan directamente con solicitudes específicas para el procedimiento de puntaje.

Cursos libres: programas de formación en habilidades artísticas, deportivas y recreativas de interés general.

- **Eventos Gratuitos**

Son actividades de carácter académico enmarcadas en la Modalidad de Educación Continua y Permanente (Congresos, seminarios, talleres, conferencias, cursos de extensión) y deben tener acompañamiento de un docente de la Universidad Nacional. Estas actividades no generan ingresos a la Universidad ya que NO se percibe dinero por concepto de inscripciones. Se debe solicitar Aval ante la Vicedecanatura de Investigación y Extensión para la realización de este tipo de actividades.

- **Extensión Solidaria**

Comprende los programas y proyectos científicos, tecnológicos, artísticos y culturales de alto impacto social, que se desarrollan y financian total o parcialmente con recursos de la Universidad. Por medio de esta modalidad se integran los distintos campos del conocimiento y se estrechan vínculos con diversos sectores de la sociedad en busca de la inclusión social de comunidades vulnerables

- **Cooperación Internacional**

Comprenden el conjunto de actividades de cooperación académica, científica, técnica, cultural y deportiva que adelante la Universidad. Estas actividades contribuyen al intercambio y la transferencia de conocimientos, capacidades, experiencias y tecnologías

entre países para su mutuo beneficio. Esta cooperación se debe manifestar en la resolución bilateral o multinacional de problemas compartidos.

3.2.3. Investigación

La actividad investigativa en la Universidad Nacional de Colombia es su pilar fundamental de la actividad académica. En la Facultad de Minas la Vicedecanatura de Investigación y Extensión propicia, apoya, acompaña, y fomenta el proceso de formación bajo criterios de investigación, innovación y desarrollo tecnológico; con la posibilidad de extender dicho conocimiento a la sociedad y al país a través de mecanismos que evidencien la interacción de la academia, el estado y la sociedad para así, promover la inserción de la Facultad entre los referentes de desarrollo de la región (Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, 2020b).

3.3. Proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Facultad de Minas

Entonces, la transferencia en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia tiene lugar desde los productos originados en la investigación. Sin embargo, en algunos casos, la transferencia de conocimiento y tecnología puede realizarse a través de actividades de extensión como, por ejemplo, las consultorías y asesorías; pero hay servicios de extensión, que generalmente no implican transferir o intercambiar conocimiento y tecnología desarrollada.

3.3.1. Centro de Desarrollo e Innovación-CDI

Como parte de la nueva dinámica de las Instituciones de Educación Superior, se ha promovido el desarrollo de estructuras de enlace entre la Universidad Nacional de Colombia y la sociedad. Literatura como Alvarado-Moreno (2018), reconoce estas estructuras bajo el nombre de Oficinas de transferencia de tecnología-OTT, estos espacios están formalmente constituidos y se enfocan en vincular los resultados de investigación mediante actividades de protección intelectual y comercialización sistemática, las cuales son etapas que apoyan

el desarrollo de la TCT. Con la idea de establecer vínculos entre la Universidad y la Industria, se pretende favorecer la apropiación del conocimiento, dar soluciones a las necesidades del entorno, generar sostenibilidad en todos los niveles y crear nuevas alternativas de desarrollo social y económico basadas en la investigación (Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, 2014). Así, la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia presenta el Centro de Desarrollo e Innovación-CDI como puente entre la capacidad investigativa de los grupos de investigación y las necesidades de los diferentes sectores productivos, sociales y estatales. Para desplegar su estrategia, el CDI ha desarrollado siete marcas de conocimiento las cuales integran las capacidades internas de la universidad, con las necesidades evidenciadas en los diferentes sectores. Cada marca permite adquirir, aplicar y transferir nuevo conocimiento en función de los retos del entorno. Estas son: ciudades inteligentes, infraestructura, hidrocarburo, energía, minería, industria y gestión de territorio (ver Figura 3- 1).

Figura 3- 1 ": Marcas de conocimiento en el CDI"

Fuente: (Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, 2014)

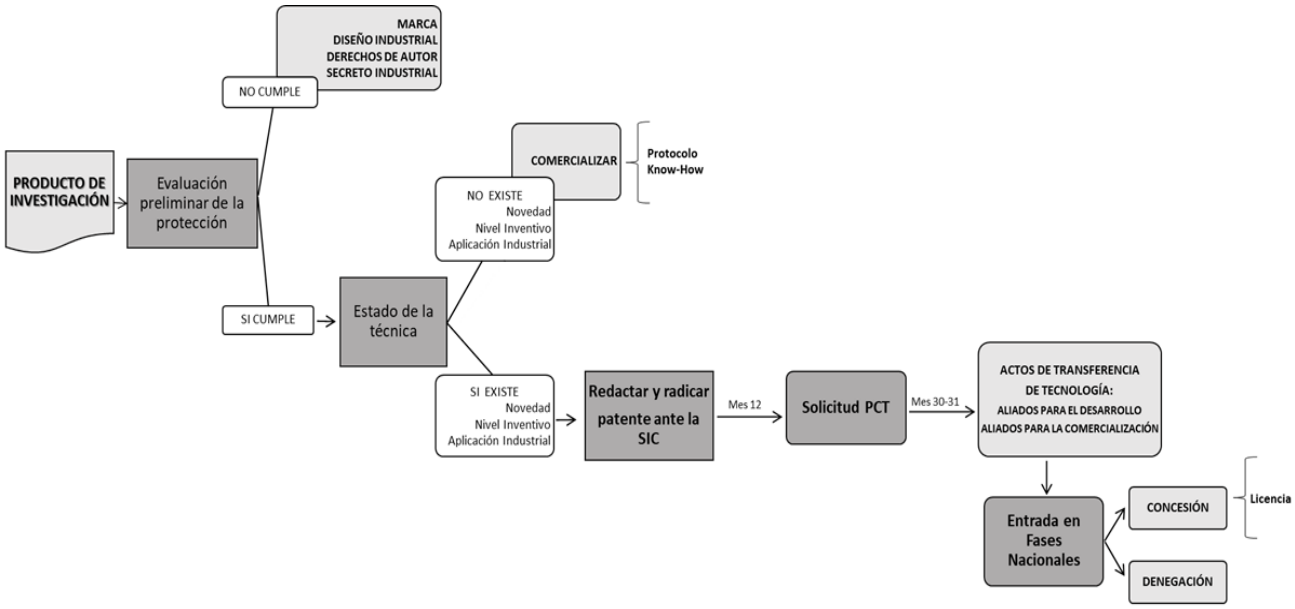
Entre las funciones del CDI de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional, se plantea a la sociedad el Centro de Desarrollo e Innovación en Ingeniería, el cual tiene como propósito brindar apoyo capacidades y fortalezas de la Facultad, con las necesidades del entorno, explorando y definiendo alianzas, identificando líneas de actuación, motivando la investigación y extensión, articulando políticas, normativas existentes, en el marco de una gestión y promoción eficiente de recursos (Facultad de Minas - Universidad Nacional de

Colombia, 2014). El CDI es un puente que conecta necesidades del medio con capacidades y oportunidades, estructurando equipos de alto rendimiento conformados por los actores de procesos investigativos y con altas capacidades, enfocándose en propuestas de I+D+i, líneas potenciales de financiación y acompañamos toda la ejecución de las iniciativas o proyectos.

3.3.2. Diagrama del proceso de la transferencia de conocimiento y tecnología

De lo anterior, el diagrama de la Figura 3- 2, expone bajo una estructura condicional qué ocurre en el momento que llega un producto de conocimiento a las instancias de la Vicedecanatura de investigación y Extensión y del CDI. Lo primero es radicar la solicitud mediante un formulario con las características de la presunta invención. Seguido, esta Unidad evalúa preliminarmente si existe una posibilidad de ser transferido y protegido a través de un mecanismo de protección como los modelos de utilidad, las patentes, entre otros. En caso de no cumplir con esta evaluación preliminar, es posible buscar algún medio de protección acorde a sus características como lo son: marca, diseño industrial, derechos de autor o secreto industrial. Y de allí puede pasar a ser transferido mediante un acuerdo o contrato de servicios tecnológicos o a través de actividades de Extensión como las consultorías y asesorías. En caso de cumplir para la solicitud de patente, por ejemplo, se evalúa el estado de la técnica para definir el nivel de novedad, nivel inventivo o aplicación industrial, si no posee ningún de estos niveles es posible comercializar el activo bajo el nivel de maduración que tenga el producto o como *know how.* Por tanto, si cumple con lo anterior, se procede a redactar para radicar la patente ante la Superintendencia de Industria y Comercio –SIC. Luego de unos meses (aproximadamente 12 meses) se realiza la solicitud y 18 meses durante el proceso del fallo es posible ejecutarse la transferencia buscando el receptor para su explotación más adecuado de acuerdo con las características del activo. También en este periodo, (completando los 30 meses desde que empezó el proceso) se obtiene o no la patente con la cual se puede optar por el licenciamiento como mecanismo de transferencia. En este sentido, la TCT descrita, se resume en el siguiente diagrama de flujo del proceso al momento de llevar al mercado los resultados de investigación (ver Figura 3- 2):

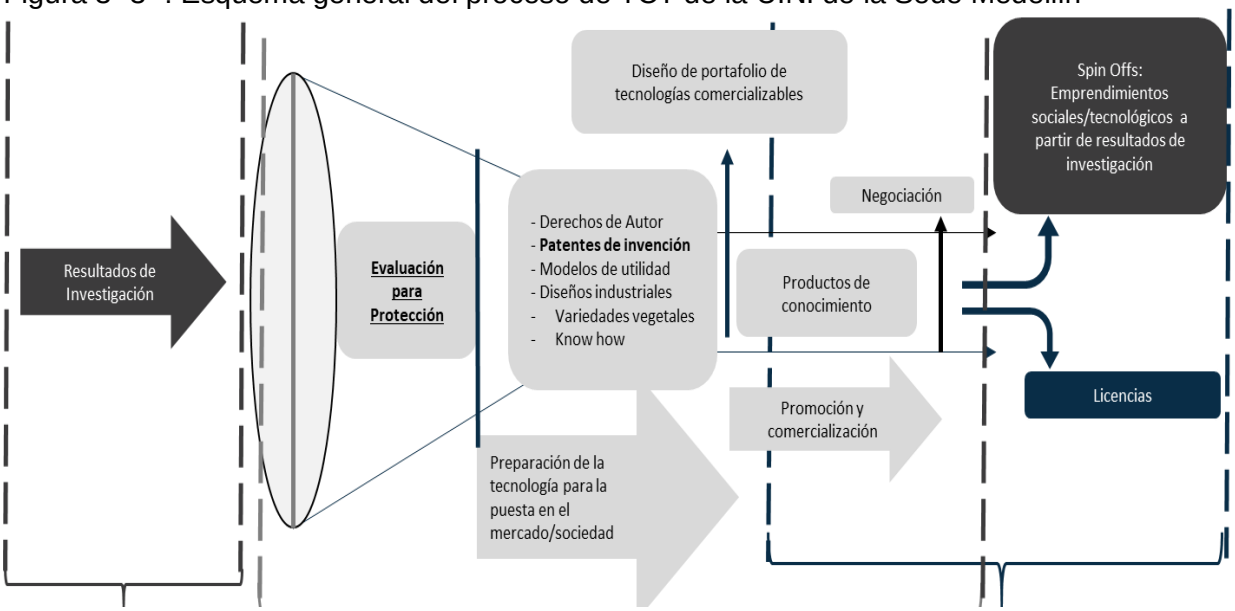
Figura 3- 2 ": Diagrama de flujo del proceso de TCT en la Facultad de Minas"



Fuente: Adaptada de acuerdo con consulta a experto en gestión tecnológica

En un esquema general, el anterior proceso de TCT puede ser representado como se observa en la Figura 3- 3

Figura 3- 3 ": Esquema general del proceso de TCT de la U.N. de la Sede Medellín"



Fuente: Adaptada de acuerdo con consulta a experto en gestión tecnológica

Como se ha mencionado anteriormente, las universidades han realizado cambios estructurales en sus procesos sustantivos, uno de esos cambios incluyó la Extensión como el mecanismo por el cual la Universidad da respuesta a los problemas sociales, mediante la difusión del conocimiento, la transformación social y la participación con los actores del entorno (Enríquez, 2013). En general, la extensión universitaria en las instituciones educativas ha venido protagonizando un rol cada vez más importante al referirse a las acciones e intervenciones sociales directas que buscan promover la ciudadanía y el liderazgo y potenciar los servicios asociados a la transferencia de tecnología (Nunes & Machado, 2019). Cabe resaltar, que el proceso de transferencia es el proceso por el cual la solución a problemáticas identificadas en las empresas a través del desarrollo de un producto, aplicación de un proceso y la prestación de un servicio son proporcionados por un trasmisor a un receptor. Al hablar de producto además de los activos intangibles de conocimiento, la Universidad reconoce el fundamentado en tecnologías, las cuales constituyen un conjunto de conocimientos sistemáticos aplicables a un área específica de actuación, con el fin de mejorar o solucionar una problemática industrial.

Los actores del proceso de TCT son reconocidos como las partes involucradas. Para la Universidad el transmisor (proveedor de tecnología) es quien posee y domina los conocimientos a transferir, denominados como el *know how.* En este sentido, el rol puede ser desarrollado por empresas, universidades y centros de investigación. Para la Facultad de Minas en Universidad Nacional de Colombia, los mecanismos con mayor probabilidad de ser utilizados para la transferencia son los acuerdos de licenciamiento, creación de una empresa de base tecnológica como las *Spin-off* y la cooperación técnica con una empresa (consultorías y asesorías) con el fin de solucionar una problemática o mejorar un nivel de producción. En cuanto a las etapas, se identifican 5 fases principales, las cuales se detallan a partir de sus funciones y del producto que se alcanza en cada una, tal como se evidencia en la Tablas 3- 1.

Tablas 3- 1

Etapa	**Funciones**	**Producto**
1.Descubrimiento del conocimiento	-Identificación de creaciones y desarrollos con potencial de ser transferidos al sector productivo, social y otros posibles interesados. -Asesoría y acompañamiento para la formulación conjunta de proyectos con entidades externas a la Universidad. -Formulación de un proyecto interno en grupos de investigación.	Activo de conocimiento

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. (Continuación)

Etapa	Funciones	Producto
2.Evaluación del activo de conocimiento	-Evaluación de atributos del activo susceptibles de ser transferidos -Asesoría en la generación de acuerdos con otras instituciones si se requiere la evaluación con un externo	Activo de conocimiento evaluado
3. Protección del activo de conocimiento generado	-Apoyo en la preparación y trámite de solicitudes de patente, registros y trámites relacionados. -Cursos, talleres, seminarios y otras actividades de formación en temas de propiedad intelectual e innovación. Acompañamiento en la aplicación -Establecer el grado de desarrollo y antecedentes con respecto a propiedad intelectual -Conocer el mercado y los factores que lo determinan -Identificación de valores agregados del producto o activo	Activo protegido
4.Activo de conocimiento generado que no cumple para ser protegido	-Cursos, talleres, seminarios y otras actividades de formación en temas de propiedad intelectual e innovación. Acompañamiento en la aplicación -Establecer el grado de desarrollo y antecedentes de una respecto a propiedad intelectual -Conocer el mercado y los factores que lo determinan -Identificación de valores agregados del conocimiento generado - Acompañamiento y asesoría sobre modelo de negocios, soluciones prácticas industriales.	Activo no protegido
5.Comercialización	-Asesoría en la generación de acuerdos de confidencialidad -Acompañamiento en redacción de contrato de la modalidad de transferencia -Proponer estrategias de transferencia para las creaciones y desarrollos obtenidos en la Universidad.	Contrato de servicios tecnológicos (insumos)
6.Transferencia	-Lograr que el producto sea incorporado con efectividad y rentabilidad en procesos productivos que generen más valor a la sociedad -Permitir que los resultados investigativos salgan de la Universidad -Vincula el receptor con el transmisor -Orientar la investigación hacia la satisfacción de las necesidades concretas de las empresas - Permite tener una retribución económica de los desarrollos impulsados por la Universidad.	Spin-off, licenciamientos, consultorías y asesorías

Fuente: elaboración propia

Finalmente, para la Sede Medellín, la transferencia puede ser clasificada en 5 tipos de mecanismos que representan los productos del conocimiento científico y tecnológico que desde la Facultad son generados y se entregan a terceros después del proceso descrito en la Figura 3- 2, incluyendo la respectiva evaluación tecnológica. Entonces, dependiendo del grado de madurez del producto o resultado de conocimiento científico tecnológico, la transferencia se podrá realizar, a través de los siguientes mecanismos: prestación de servicios tecnológicos, licenciamientos, emprendimientos universitarios (spin-off), negociación de derechos de propiedad intelectual y desarrollos conjuntos. Pero, se trabajará en la modelación con los primeros tres mecanismos, de acuerdo con el criterio de los expertos, tal como se presenta en el capítulo 4.

3.4. Conclusiones

Se resaltan las instituciones educativas, especialmente las universidades como el actor principal en la conexión entre el conocimiento desarrollado y la generación de valor en la industria, por lo que están obligadas a brindar soluciones a las problemáticas sociales y de las organizaciones sin dejar de lado su razón de ser como Institución de Educación Superior: la enseñanza y la investigación.

La Universidad Nacional de Colombia Mediante el proceso de TCT en la Facultad de Minas, busca impactar en la sociedad, en las empresas del sector real y académico por medio de la aplicación de los conocimientos aplicables al interior de todos sus procesos de extensión e investigación para sustentar su participación como eje de desarrollo regional, nacional e internacional.

Adicionalmente, la información recolectada mediante la consulta a expertos fue analizada con la recolección de información secundaria de la Facultad de Minas. Entre sus hallazgos, las opiniones se obtuvieron que resulta imperativo informar a la comunidad universitaria, en especial docentes y estudiantes de posgrado, acercad de la existencia del proceso de transferencia ya que es algo de lo que no se tiene certeza ni se reconoce fácilmente. Asimismo, en la dependencia de la Vicedecanatura de Investigación y Extensión se pudo evidenciar que gran parte de la transferencia de resultados investigativos y conocimiento generado, tiene lugar a través de las actividades de extensión, por lo que este último concepto tiende a ser confundido con el proceso de TCT.

4. Capítulo 4. Modelación en dinámica de sistemas

4.1. Introducción

La metodología de dinámica de sistemas permite visualizar las interacciones desarrolladas por distintas variables que intervienen entre sí con estructuras basadas en causa-efecto entre los elementos que componen a los sistemas y que se caracterizan por tener retardos de tiempo, acumulaciones y realimentaciones en las actividades que los conforman (Del Río & Cárdenas, 2018). También, la aplicación de herramientas de la dinámica de sistemas, hace posible la identificación de interacciones desarrolladas por distintas variables con un comportamiento dependiente, configurado de forma matemática que involucra análisis de relacionamiento y enriquecen la toma de decisiones, por lo que, el análisis de escenarios posibilita ver la forma en que el fenómeno es afectado estructuralmente por la materialización de hipótesis, para encontrar estrategias que den respuesta a la complejidad y mejoramiento continuo del sistema (Martínez, 2016).

Esta sección presenta una visión sistémica del proceso de TCT para lo cual, se definen inicialmente algunos conceptos relacionados con las motivaciones de analizar el fenómeno de la transferencia de los resultados de investigación al mercado desde una perspectiva dinámica. Luego, se describe la metodología empleada para la realización del esquema o modelo del proceso estableciendo en las relaciones y dinámicas causales correspondientes a los factores que llevan al desarrollo de proceso de TCT. Seguidamente, se propone un diagrama de flujo y niveles conocido como el diagrama de Forrester, exponiendo los resultados obtenidos del modelo y su validación. Por último, el desarrollo del presente capítulo tiene como objetivo utilizar la propuesta de modelación de sistemas complejos de Sterman (2018) para comprender la dinámica del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, a partir del relacionamiento entre sus actividades y actores y las capacidades de transferencia. También, se pretende verificar si la relación de causalidad identificada en la literatura entre los componentes del proceso de TCT y las capacidades de transferencia, tienen algún efecto en el desempeño del proceso.

4.2. Características de complejidad del proceso de TCT

De acuerdo con Saldías y Andalaft (2006), actualmente la economía del conocimiento está basada en la promoción de la creación de valor en el mercado a través de activos intangibles que la hacen difícil de medir. En cuanto a Nagles (2007), argumenta que la innovación es un proceso dinámico y complejo, basado en la creación de valor, el cual se lleva a cabo cuando en la organizaciones aplican y adaptan los conocimientos en actividades cuyo objetivo es la concepción de nuevas ideas, productos, servicios, procesos (innovación) y mejorar sus capacidades. De lo anterior, es preciso mencionar que las actividades de investigación y desarrollo (I+D) y de explotación del conocimiento, tienen estrecha relación con las actividades de innovación, ya que las primeras conducen a esta última, por lo cual, la transferencia de conocimiento y tecnología-TCT también puede considerarse un fenómeno de alta complejidad.

Por otro lado, se considera que las organizaciones se encuentran en un medio dinámico, que cambia constantemente, especialmente si su activo que genera valor es el conocimiento, por tanto los modelos de gestión, están obligados a adaptarse a estas condiciones (Saldías & Andalaft, 2006). Por consiguiente, la dinámica de complejidad en el proceso de TCT es debido a que sus actividades requieren de capacidades específicas, capacidades que en ocasiones por las condiciones en la disponibilidad de recursos de las universidades públicas, se ven limitadas, haciendo que cada etapa se caracterice por ser muy interdependientes, ya que la presencia o ausencia de estas capacidades puede afectar el desarrollo del proceso (Vázquez, 2017).

Relacionando la forma como se configura la TCT con las características de complejidad discutidas por Sterman (2000), es posible evidenciar que el proceso tiene un comportamiento complejo y poco definido, al tratarse de un conjunto de elementos que se relacionan entre sí de tal manera que al ocurrir un cambio en uno de ellos, se modifica el conjunto. En consecuencia, se resaltan como principales elementos de los sistemas complejos: (1) Los acoplamientos entre los actores y actividades, que se retroalimentan entre sí: el proceso de TCT presenta interacciones y retroalimentación entre los actores,

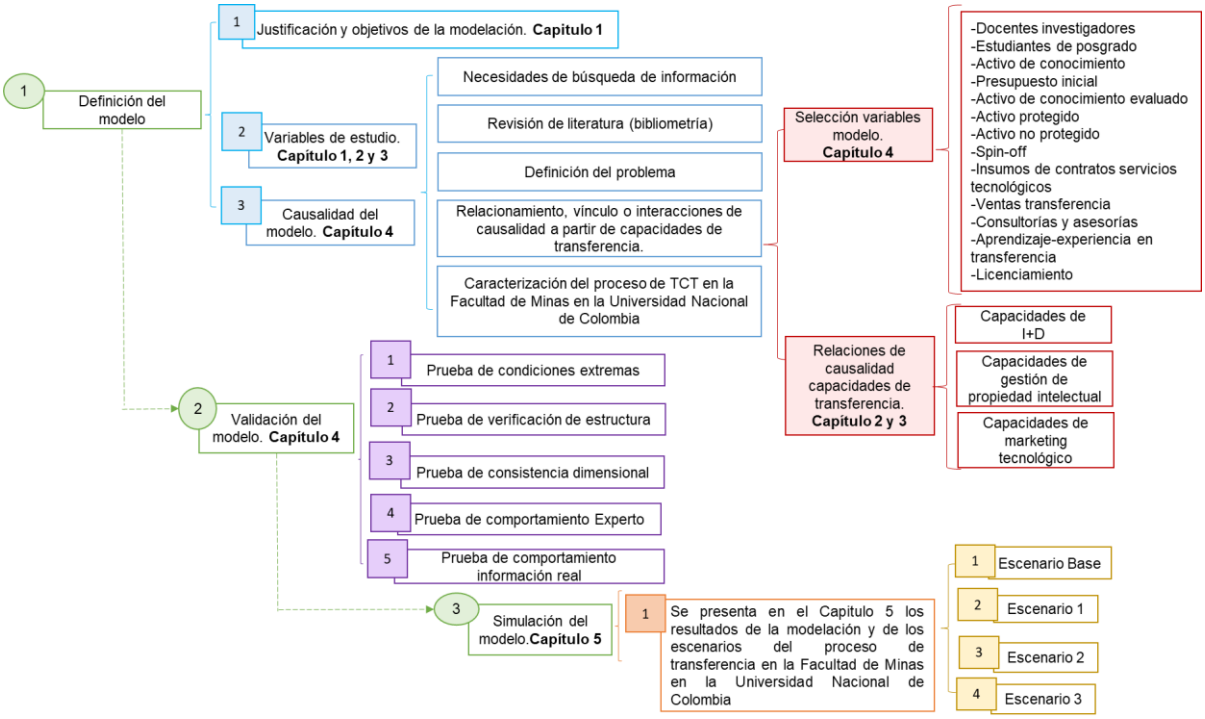
que cambia de acuerdo a su capacidad de avanzar y crecer en el tiempo, ya que estos evolucionan cambiando su configuración y la del sistema (Feria, 2009); (2) la no linealidad, también surge cuando múltiples factores interactúan en la toma de decisiones: es decir, el proceso no es secuencial sino un sistema no lineal que presenta permanente interacción entre las partes y dependen de la naturaleza y tipo de conocimiento generado, ya que esto condiciona por ejemplo la vía de protección intelectual del activo y el mecanismo de transferencia utilizado en la industria (Cruz, 2016); y (3) Adaptación, cuando las personas aprenden de la experiencia; en otras palabras, lo actores aprenden de cada etapa del proceso de TCT y no solo por parte del adoptante de la tecnología una vez se ha transferido el activo de conocimiento y para la Universidad se trata de un aprendizaje institucional, que permita acortar las brechas que limitan explotar eficientemente los activos de conocimiento (García, Gualdrón, & Bolívar, 2016).

Considerando lo anterior, la importancia de realizar una visión sistémica de los procesos y fenómenos radica en que las relaciones de causa y efecto permiten proponer como hipótesis una visión coherente, integrada y sistémica del proceso de TCT para mejorar el entendimiento de los sistemas complejos, en los cuales existe diversidad de variables con múltiples relaciones entre ellas. En adición, este enfoque sistémico permite hacer un análisis cuantitativo de las variables que influyen en el entorno en el que se desarrollan los actores y etapas del proceso con el fin de responder al interrogante ¿Cuáles son los componentes determinantes del proceso de TCT en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y qué relación existe entre estos?

4.3. Metodología para la modelación del proceso de TCT

En cuanto a la metodología para la elaboración del modelo se siguió la recomendada por Sterman (2000), la cual adaptada según los objetivos y necesidades de la investigación tal como se presenta en la Figura 4- 1.

Figura 4- 1 “: Metodología para la elaboración del modelo"



Fuente: elaboración propia a partir de Sterman (2000)

4.4. Identificación del problema

Tal como se describió a profundidad en el primer capítulo de esta investigación, existen algunas dificultades en el desarrollo de las actividades y etapas de la TCT que no permiten llegar hasta la firma de un contrato de licenciamiento para la explotación del activo de conocimiento generado. Lo anterior, puede ser interpretado como la incapacidad de la Facultad para llevar a cabo dichas etapas, esto puede atribuirse no solo a la complejidad que enmarca el proceso de transferencias de conocimiento y tecnología en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, sino también a las dificultades entre sus actores para identificar las actividades claves y sus interacciones, además de reconocer los resultados que son susceptibles de transferir, por tanto este capítulo responde al interrogante: ¿Es posible modelar mediante dinámica de sistemas el proceso de transferencia de los resultados de la investigación en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín al mercado para contribuir a su comprensión?

En consecuencia, el propósito del modelo es proporcionar herramientas para la comprensión de la dinámica del proceso de TCT a través del relacionamiento e interacción con las capacidades de transferencias identificadas previamente en la literatura y del caso de estudio.

4.5. Diagrama causal

La metodología de dinámica de sistemas utiliza la herramienta denominada diagramas causales para el establecimiento de las relaciones de causalidad (causa-efecto) entre las variables y parámetros que conforman el modelo de simulación a analizar (Arenas, 2016). Estas relaciones, se pueden representar a través de ciclos de realimentación, ya sean de balance (B) o refuerzo (R) (Sterman, 2018). Por un lado, el ciclo de balance representa una relación de realimentación negativa entre las variables definidas, ya que se establece un relacionamiento inversamente proporcional entre ellas; en otras palabras, si el valor de una incrementa, el de la otra disminuirá. Por otro lado, Ciclo de refuerzo, implica una relación de retroalimentación positiva, reconocida como un relacionamiento directamente proporcional, dado que, si una variable aumenta, la otra también lo hará.

En cuanto al objeto de estudio de la presente investigación, para las relaciones de causalidad e interacción y las variables de interés, se realizó un levantamiento de información con dos expertos del proceso de transferencia de conocimiento y tecnología que contaban con experiencia en estas actividades desarrollas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, al mismo tiempo, se consideró el análisis de la bibliografía y literatura especializada en la temática en la revisión y desarrollado del estudio bibliométrico realizado en el capítulo 2 y lo expuesto en el capítulo 3 sobre el proceso actual de TCT en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Todo lo anterior, sirvió de insumo para determinar una relación causal y directa entre los componentes clave del proceso. Finalmente, el criterio de selección de la estructura del modelo, componentes y relaciones entre estos se estableció según el concepto de los expertos lo cual se explica con detalle en la sección de validación del modelo. A continuación, en la Tabla 4- 1 se exhibe un resumen de los efectos específicos de variable a variable.

Tabla 4- 1: Relaciones causales propuestas y fuentes

Relación entre variables	Fuente	Observaciones
Estudiantes de posgrado aumentan las capacidades de I+D	(Carreño, 2011); (Montoya & Peláez, 2013)	El posgrado genera procesos formativos que facilitan al profesional complementar su formación, haciéndolo apto para ejercer docencia, investigación y desarrollo (habilidades para formular y ejecutar proyectos) Las actividades de Investigación son competencias que proporcionan capacidad de aprendizaje caracterizada por habilidades para explorar y reconstruir y conocer los conocimientos
Docente investigador aumenta las capacidades de I+D	(Carreño, 2011) ;(Montoya & Peláez, 2013)	La participación de docentes investigadores aumenta la producción intelectual y las habilidades para ejecutar proyectos. Igualmente, Las actividades de Investigación son competencias que proporcionan capacidad de aprendizaje caracterizada por habilidades para explorar y reconstruir y conocer los conocimientos
Estudiantes de posgrado acrecientan los activos de conocimiento	(Ávila-Toscano et al., 2018)	Estudiantes de los programas de posgrado generan más activos de conocimiento, producción científica e influyen directamente en el aumento de grupos de investigación para la generación de nuevo conocimiento.
Docentes investigadores incrementan activos de conocimiento	(Algañaraz & Castillo, 2018)	Docentes que se dedican a actividades de investigación, aumentan la generación de activos de conocimiento y producción científica y la conformación de más grupos de investigación, así como su categorización.
Capacidad I+D incrementan activos de conocimiento	(Anzola, 2017); (Iriarte, 2015)	La capacidad de investigación y desarrollo es la dimensión que conduce a la generación de conocimiento y diferentes productos científicos. El elemento más importante en los sistemas de innovación actuales son la capacidad de aprendizaje y de I+D por ser protagonistas del proceso de creación de conocimiento
Activos de conocimiento aumentan activos de conocimiento evaluados	Experto en gestión tecnológica	Contar con más activos de conocimiento aumenta la posibilidad de evaluar su potencial de patentamiento o de generación de "productos" para la transferencia de resultados de investigación al mercado
Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial aumentan activos protegidos	Experto en gestión tecnológica; (López et al., 2009); (Arzabe, 2010); (Hernández, 2017)	A mayor capacidad para gestionar las patentes o el desarrollo de mecanismos de protección, mayor es el número de activos protegidos.
Activos de conocimiento incrementan las capacidades de I+D	Experto en gestión tecnológica (Pérez & Tangarife, 2013)	En la medida que aumenta la generación de activos y productos de conocimiento en la práctica de investigación y desarrollo, se aumentan las habilidades referentes a estas prácticas (I+D).
Activos de conocimiento aumentan activos NO protegidos	Experto en gestión tecnológica	A mayor cantidad de conocimientos y productos científicos generados, incrementa las posibilidades de que algunos no cumplan con las especificaciones para ser protegidos por medio de la propiedad intelectual o industrial.
Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial aumentan activos de conocimiento evaluados	Experto en gestión tecnológica	A mayor habilidad en la gestión de cuestiones legales, mayor la posibilidad de evaluar los activos generados como conocimiento transferible, ya que en ocasiones la Unidad de Gestión Tecnológica de la Universidad no puede hacerlo y debe buscar convenios legales con otras instituciones
Activos protegidos incrementan las Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial	Experto en gestión tecnológica (Morejón & Velázquez, 2011)	Aumentar el número de activos de conocimiento protegidos significa un aumento en el desarrollo de capacidades de gestión de la propiedad intelectual e industrial, es decir, que se ejercitan las capacidades y habilidades de gestión de la protección de los conocimientos generados
-Presupuesto inicial aumenta las capacidades de I+D	(Castro, 2018); Experto en gestión tecnológica	Las empresas requieren de muchos recursos tanto el tiempo, como la inversión para poder general los procesos de investigación y desarrollo.
-Presupuesto inicial aumenta las capacidades de gestión de la propiedad intelectual e industrial	Experto en gestión tecnológica (Zapata et al., 2013)	La Universidad requiere recursos para la explotación de los activos una vez estos han sido gestionados por la propiedad intelectual, por ejemplo, para la celebración de contratos, el relacionamiento con firmas de abogados y para realizar prototipos y pruebas piloto

Tabla 4- 2: (Continuación)

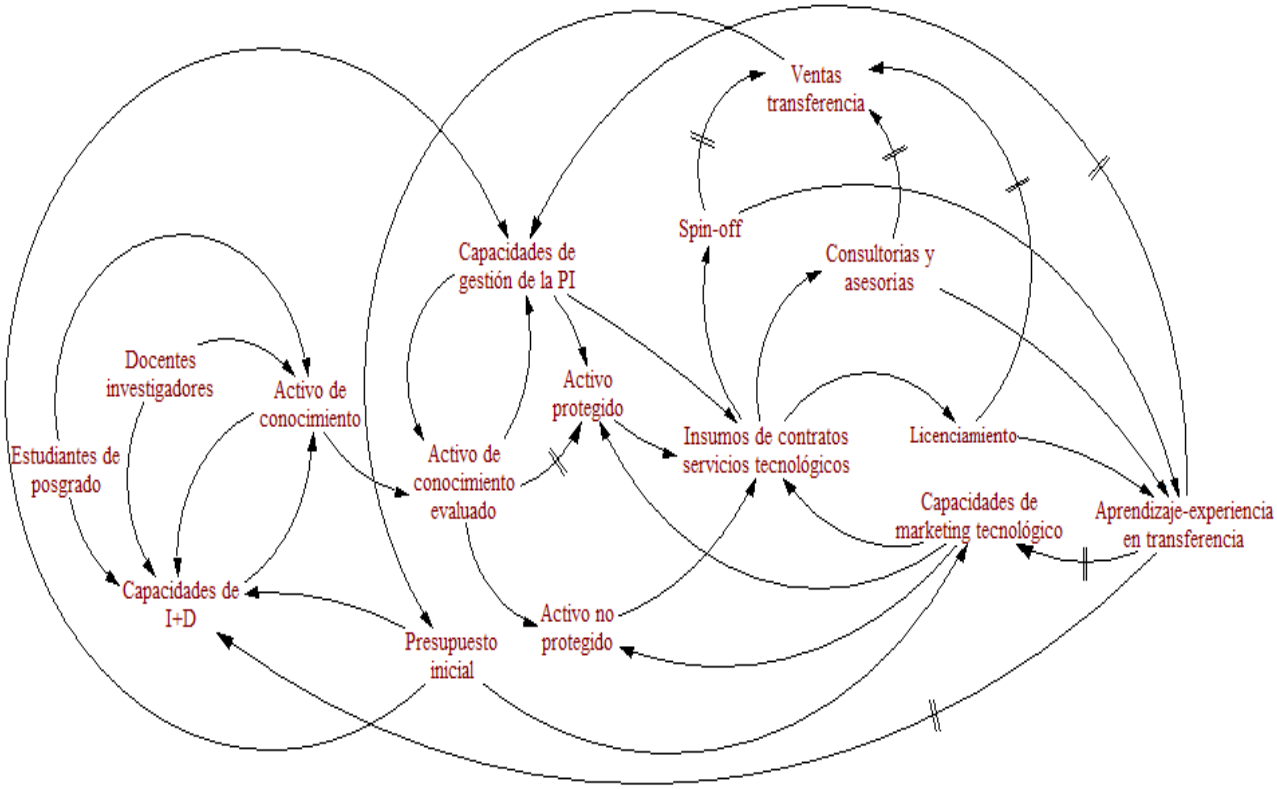
-Presupuesto inicial aumenta las capacidades de marketing tecnológico	(Zapata et al., 2013) Experto en gestión tecnológica	A mayor presupuesto mayor capacidad de marketing tecnológico, especialmente en la inversión de actividades para lanzamiento de producto, comprobar factibilidad con clientes y Evaluación Recursos para encontrar o desarrollar un potencial de mercado al activo generado
Activos no protegidos aumentan contratos de servicios tecnológicos	Experto en gestión tecnológica	Los activos que no se protegen también pueden ser transferidos mediante protocolos o *know how*. por tanto, la Universidad puede recibir beneficio económico mediante los contratos de servicios tecnológicos.
Capacidad de marketing tecnológico aumentan contratos servicios tecnológicos	(López et al., 2009)	Un aumento en las habilidades de comercialización permite mejor relacionamiento con la industria aumentando los contratos empresariales y de ventas de servicios por parte de las universidades
Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial aumentan contratos servicios tecnológicos	(Delgado, 2017)	Mayor habilidad para la valoración y la preparación del activo ya protegido aumenta el número de contratos de servicios tecnológicos
Activo protegido aumentan contratos servicios tecnológicos	(Torres, 2013)	Si se incrementan el número de activos protegidos se incrementa el número de contratos firmados para ofrecer los servicios tecnológicos o desarrollos de la Universidad.
Contratos servicios tecnológicos incrementa *spin-off*	(Iglesias et al., 2012)	Un aumento en el número de contratos de servicios tecnológicos aumenta el número de creación de *spin-off.* Ya que estos contratos son los insumos en términos de productos para la generación de nuevas empresas
Contratos servicios tecnológicos aumentan consultorías y asesorías	(Iglesias et al., 2012)	Contratos de servicios tecnológicos son el insumo que permiten establecer cooperación entre la Universidad y la empresa para solucionar la necesidades o problemas de la industria.
Contratos servicios tecnológicos aumentan licenciamientos	Experto en gestión tecnológica	Contratos de servicios tecnológicos facilitan la explotación del uso de los activos protegidos para el establecimiento de licencias en el desarrollo y ventas de productos derivados de investigación.
-*Spin-off* aumentan Aprendizaje-experiencia Universidad -Adaptación en empresa del conocimiento tecnología incrementan aprendizaje-experiencia Universidad -Licenciamiento aumentan Aprendizaje-experiencia Universidad	Experto en gestión tecnológica	Si incrementa el número de creación de *spin-off*, de aplicaciones en empresas del conocimiento y tecnología y de licenciamiento, aumenta la experiencia obtenida por la compañía y por la Universidad en el proceso de transferencia
-Consultorías y asesorías incrementan ventas por transferencia	(Beraza & Rodríguez, 2011) Experto en gestión tecnológica	Un aumento en el número de aplicaciones y Consultorías y asesorías en empresas significa ventas por transferencia
-Licenciamiento aumentan ventas por transferencia	Experto en gestión tecnológica	El número de licenciamientos establecidos significan ventas por transferencia para la Universidad, lo cual genera ingresos según el acuerdo que se establezca en el contrato y entre las partes.
-*Spin-off* aumentan ventas por transferencia	Experto en gestión tecnológica (García-Rodríguez, 2016)	La creación de empresas de base tecnológica genera ventas por transferencia para la Universidad según el acuerdo establecido en la propiedad industrial
-Aprendizaje-experiencia Universidad aumentan la capacidad de I+D -Aprendizaje-experiencia Universidad incrementa capacidad de aprendizaje -Aprendizaje-experiencia Universidad aumenta capacidad legal	Experto en gestión tecnológica (Hernández, 2017)	El aprendizaje y la experiencia obtenida del proceso de TCT se refleja como un aumento en la generación y acumulación de capacidades tecnológicas para la Universidad, por tanto, las capacidades de I+D, de gestión de la propiedad intelectual e industrial y las de marketing tecnológico las cuales aumentan con la experiencia en el desarrollo del proceso.

Fuente: elaboración propia

Nota: Todos los datos fueron consultados a dos expertos del área de innovación: uno correspondía al experto en gestión tecnológica y TCT de resultados investigativos al mercado en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y el otro, un administrativo de la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas; en primer lugar, para la existencia o no de relación entre las variables seleccionadas; en segundo lugar, para la existencia de otras variables que no se hubiesen tenido en cuenta.

Las conexiones anteriores se presentan de forma esquemática en la Figura 4- 2 para analizar en primera medida el relacionamiento entre las variables de la TCT.

Figura 4- 2 ": Conexiones entre variables causales”



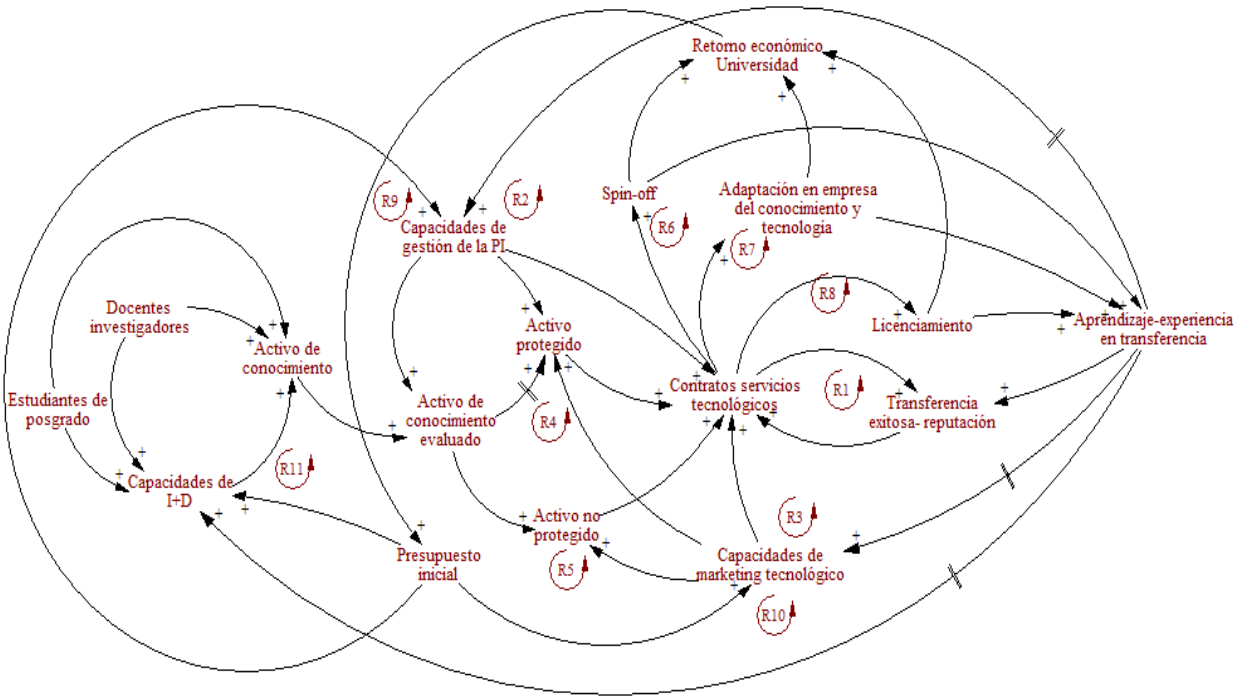
Fuente: elaboración propia

La elaboración del diagrama se propone como un mecanismo de comprensión y aprendizaje de las actividades, etapas y actores del proceso que permiten formular estrategias para entender el desarrollo general del sistema, además, se propone como una representación funcional del proceso de TCT en la Facultad de Minas que a futuro puede permitir mejorar los problemas de incertidumbre, desconocimiento, mal uso de recursos, desaciertos en decisiones y de reproceso, que se presentan a lo largo del proceso de transferencia de resultados de investigación al mercado.

Al mismo tiempo, con la intención de examinar la relación entre los activos de conocimiento y las capacidades del proceso de TCT, se incluyeron otros componentes o variables que buscan hacer más comprensible dicha interacción, estas son: el aprendizaje-experiencia en transferencia, el retorno económico (ventas de transferencia) y el presupuesto inicial destinado por la institución universitaria para las actividades de investigación, incluyendo la

producción y explotación de los resultados investigativos generados. En la Figura 4- 3 se presenta el diagrama causal con los efectos de relacionamiento entre cada variable y las posibles retroalimentaciones las cuales se explican al detalle en la siguiente sección.

Figura 4- 3 ": Diagrama causal del proceso de TCT en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín”



Fuente: elaboración propia

4.5.1. Bucles de realimentación

Ciclos de refuerzo: los ciclos de realimentación se identifican por una flecha en círculo que muestra la dirección del ciclo, con la letra R indicando un ciclo de refuerzo y la letra B un ciclo de balance. De acuerdo con la Figura 4- 3, el proceso de TCT presenta algunos ciclos de refuerzo. Los ciclos R1 y R2 explican como el aumento en el número de contratos de servicios tecnológicos generan experiencia en el proceso, mejorando las capacidades de PI y de marketing tecnológico respetivamente. Dichas capacidades influyen en el aumento de contratos de servicios tecnológicos, celebrados en la Universidad y por tanto mejoran el desempeño del proceso de transferencia.

En cuanto a las capacidades de I+D su influencia en el desempeño del proceso de TCT representado en el ciclo R3 involucra el relacionamiento con otras variables ya que estas contribuyen al aumento de activos de conocimiento y por tanto al aumento de activos potencialmente evaluados para ser protegidos. De allí, se aumenta la probabilidad de poseer más contratos de servicios tecnológicos aumentando el aprendizaje y experiencia del proceso, de tal manera que si esta última incrementa, incrementa también las capacidades de I+D. Paralelamente, el ciclo R4 demuestra la misma relación anterior, sin embargo el número de activos evaluados aumenta el número de activos no protegidos de acuerdo con los conocimiento y tecnologías que no cumplen con los requisitos para gozar de protección resultado de la actividades de la propiedad intelectual e industrial.

Por otro lado, se evidencia una relación causal existente entre las fases de la transferencia a partir de los mecanismos de TCT. En este sentido un aumento en el número de *spin-off*, adaptación del conocimiento y tecnología por parte de empresas o de licenciamientos incide directamente en el aumento de la experiencia exitosa del proceso, esto incrementa el número de contratos de servicios tecnológicos que la Universidad contrae con la industria y finalmente, esto último es lo que permite nuevamente que los mecanismos de transferencia se lleven a cabo. Tal relacionamiento se observa en los ciclos R4, R6 y R7 respectivamente (Hernández, 2017).

De igual forma, los ciclos R8 y R9 representan el efecto positivo que tiene un incremento sobre ventas de transferencia en las capacidades de marketing tecnológico y de gestión de la PI respectivamente. Si se analiza la creación de *Spin-off,* se observa como las ventas de transferencia aumenta el presupuesto inicial (reinversión de las regalías) aumentando las capacidades de marketing tecnológico y de gestión de PI, y a su vez cómo dichas capacidades logran incrementar los contratos de servicios tecnológicos, incrementado la conformación de empresas de base tecnológica (*spin-off*) y por ende los ingresos (ventas de transferencia) destinados al proceso de TCT en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. En cuanto a las capacidades de I+D afectadas por el aumento de las ventas de transferencia representada en el ciclo R10, se observa un ciclo de refuerzo muy extenso ya que estas capacidades aumentan los activos de conocimiento generados, los activos

evaluados y los activos protegidos, lo cual incrementa el número de contratos de servicios tecnológicos y las *spin-off* creadas lo que finalmente, devuelve regalías a la Universidad.
Finalmente, el ciclo R11 y el ciclo R12 hacen referencia a la habilidad adquirida en las etapas del proceso de TCT: activo de conocimiento y activo protegido respectivamente. Por un lado, R11 representa la relación directa entre el ejercicio investigativo en la generación de activo de conocimientos y las capacidades de I+D, ya que, para que esta primera se lleve a cabo se necesita tener estas capacidades y una vez ocurre la generación de conocimiento se generan mayores capacidades en la investigación. Similar a lo anterior, el ciclo R12, indica cómo la protección de los activos requiere de capacidades en la gestión de la propiedad industrial e intelectual, pero, una vez este ejercicio se desarrolla, se incrementan las habilidades en estas capacidades.

El diagrama causal muestra una verdadera relación entre las etapas de proceso de TCT y las capacidades de transferencia, dónde se observa al conocimiento y la tecnología generada como el flujo principal para el desarrollo efectivo de cualquiera de las tres capacidades que se emplean en la presente investigación.

4.5.2. Efectos con demoras en las variables del proceso de TCT - Retardos

Para efectos de la modelación se tomó inicialmente la etapa de protección de los activos de conocimiento generados como la actividad que posee retardos más significativos en los tiempos de solicitud y procesamiento, ya que existen varios tipos de mecanismos de protección de acuerdo con el tipo de conocimiento o tecnología desarrollada, para ejemplificar, las solicitudes de patentes pueden demorar hasta 30 meses (WIPO, 2017). De la misma manera, las capacidades que se van acumulando, se ven afectadas por un retardo proporcionado por el aprendizaje y la experiencia de la transferencia ya que para que una organización pueda asimilar y apropiar los conocimientos y procesos debe pasar un tiempo considerable en la repetición de las etapas y actividades (Marulanda & Montoya, 2015). De lo anterior se observa retardos entre las variables Aprendizaje-experiencia en transferencia y las tres capacidades: capacidades de I+D, capacidades de marketing tecnológico, capacidades de gestión de la PI.

De igual forma, se observa una demora en el tiempo que la Universidad percibe algún retorno económico a causa de las ventas de transferencia mecanismos de transferencia llevados a cabo. En este sentido la obtención de regalías y el tiempo de obtención de dinero en la comercialización de conocimiento y tecnología depende de si la transferencia se realizó mediante el surgimiento de una nueva empresa (*spin-off*), la cual se caracteriza por lentos pero significativos ingresos (Jiménez et al., 2013). También, Testar (2012), argumenta como la recepción de regalías que se hayan acordado en el proceso de venta o licencia de activos tecnológicos o de conocimiento, pueden tardar en obtenerse ya que estos en ocasiones son pactados a uno o varios plazos, o en ultimas los retornos están vinculados a objetivos de cumplimiento en la utilización del activo vendido ya como parte del mercado.

4.6. Formulación del modelo de simulación

Una vez definido el diagrama de relación causal, se lleva al software PowerSim Studio 10 ® para plasmarlo en un diagrama de flujo o niveles o de Forrester, con ecuaciones y valores asignados a los distintos parámetros determinados en el proceso TCT, en el momento inicial o momento cero del modelo. Con respecto a la información utilizada para la modelación y la simulación de cada escenario, se obtuvo a través de información primaria y secundaria. La primaria se basó en la opinión de los dos expertos en el área de transferencia de conocimiento y tecnología, especialmente de miembros de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín en la Unidad de Gestión tecnológica y de la Facultad de Minas en la dependencia de Vicedecanatura de Investigación y Extensión. La información secundaria, se extrae de artículos de investigación, informes oficiales proporcionados por la Universidad derivados de investigaciones y de gestión como Plan Global de Desarrollo 2019-2021 Proyecto cultural y colectivo de nación, Informe autoevaluación institucional, informes anuales de gestión de la Facultad de Minas, entre otros.

4.6.1. Algunos supuestos para la modelación

Para la pertinente estructuración en las corridas de simulación, fue necesario establecer los supuestos que a continuación se enlistan:

- Las variables correspondientes a las capacidades y al aprendizaje o experiencia son de carácter adimensional, ya que de esa manera se representa el activo intangible de los activos de conocimiento al pasar de una etapa a otra. En el caso de los parámetros y flujos se establecieron unidades que reflejaban la realidad del proceso de TCT y que finalmente dieron paso a la simulación. Para poder operacionalizar dichas variables con otras del modelo fue necesario normalizar multiplicando por un factor de conversión según el caso (ver Anexo Definición de parámetros-Capacidades de TCT)

- Para este estudio, fueron seleccionadas tres capacidades del proceso de TCT con las cuales se garantiza que el proceso pueda llevarse a cabo, con sus actividades requeridas. Estas fueron analizadas de acuerdo con la revisión de literatura realizada en el capítulo 2 de este trabajo y a la consulta de expertos. Ellas son: Capacidades de I+D, capacidades de gestión de propiedad intelectual y capacidades de marketing tecnológico. Estas capacidades se representan en niveles, con un grado de acumulación y cuyos valores iniciales fueron obtenidos a partir de un proceso de normalización a un valor máximo de 5 y mínimo de 1, un valor en el rango indica el nivel de implementación de dicha capacidad en el proceso (ver Anexo B).

- Considerando lo expuesto por la Universidad Nacional en cuanto a los mecanismos de TCT: (1) Prestación de servicios tecnológicos, (2) Licenciamiento, (3) Emprendimientos universitarios, (4) Negociación de derechos de propiedad intelectual y (5) Desarrollos conjuntos. Para esta modelación se establecieron tres tipos de mecanismos de transferencia de conocimiento y tecnología: la “prestación de servicios tecnológicos” se definió como consultorías y asesorías, “Licenciamiento” como Licenciamiento y “Emprendimientos Universitarios” como *Spin-off*. Los productos generados en los otros dos mecanismos de TCT “Negociación de derechos de propiedad intelectual” y “Desarrollos conjuntos”, se ven reflejadas en el modelo en las actividades o etapas de la TCT y además se contemplan como parte de las actividades de las capacidades objeto de análisis.

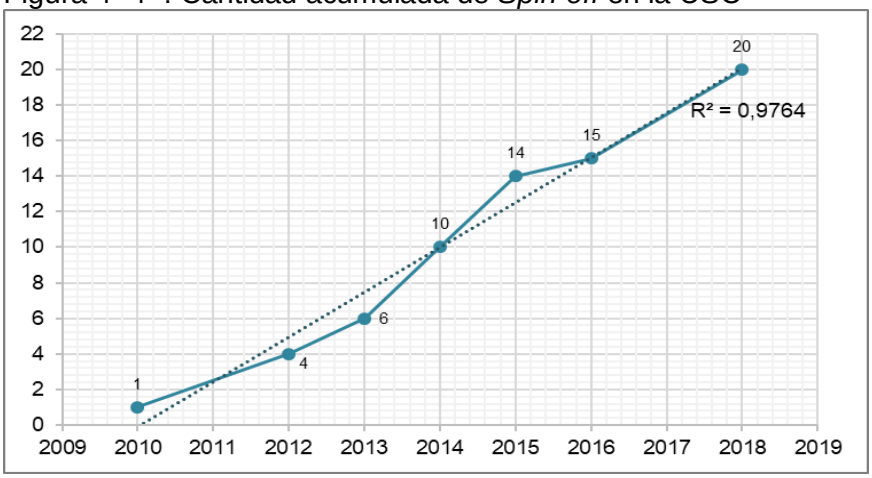
- Los valores iniciales de todos los niveles de las etapas del proceso de TCT, fueron establecidos de acuerdo con información real suministrada por la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, informes de gestión del año 2018 de la Facultad y datos consultados a expertos del área de estudio (ver Anexo A).

- Los valores monetarios como el presupuesto inicial, ingresos por *spin-off*, por licenciamiento, consultorías y asesorías y ventas por transferencia, fueron normalizados en unidades adimensionales considerando características del modelo para poder operacionalizarlos con otras variables de estudio.

4.6.2. Modo de referencia

Para el modelo, se definió como modo de referencia el caso de estudio de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia y la literatura sobre el comportamiento en la producción de activos de conocimientos y en los mecanismos de transferencia al mercado como experiencia de otras instituciones académicas según la información disponible. La construcción de este modo de referencia se basa en dos universidades importantes: la Universidad de Antioquia-UdeA, con características similares a la Facultad de Minas (regional y publica) y; la Universidad Santiago de Compostela -USC reconocida ampliamente por su activa participación en actividades emprendedoras y académicas en España y líder en los procesos de TCT en este país. Además, la USC ha establecido vínculos con el departamento de Antioquia en el programa ERICA (España y sus Regiones Intercambian Conocimiento con Antioquía) y también, es una universidad pública, protagonista del desarrollo de su ciudad y región. Se presenta en la Figura 4- 4, la cantidad acumulada de spin-off para la USC, encontrando que 20 de estos emprendimientos se generaron en un periodo de 8 años. Se observa en la línea punteada que la generación de spin-off sigue una tendencia lineal.

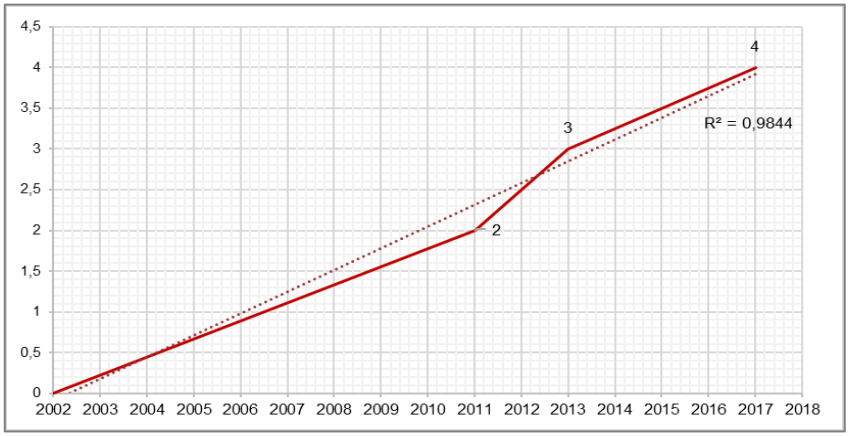
Figura 4- 4 “: Cantidad acumulada de *Spin-off* en la USC"



Fuente: (Universidad Santiago de Compostela-USC, 2019)

En la Figura 4- 5, se evidencia también que la cantidad acumulada de empresas creadas (*spin-off*) en la UdeA sigue una tendencia lineal, mostrando que hasta el año 2018 contaban con 4 emprendimientos considerados desde el año 2002 cuando se inició con el programa de gestión tecnológica en esta universidad.

Figura 4- 5 ": Cantidad acumulada de *Spin-off* en la UdeA"

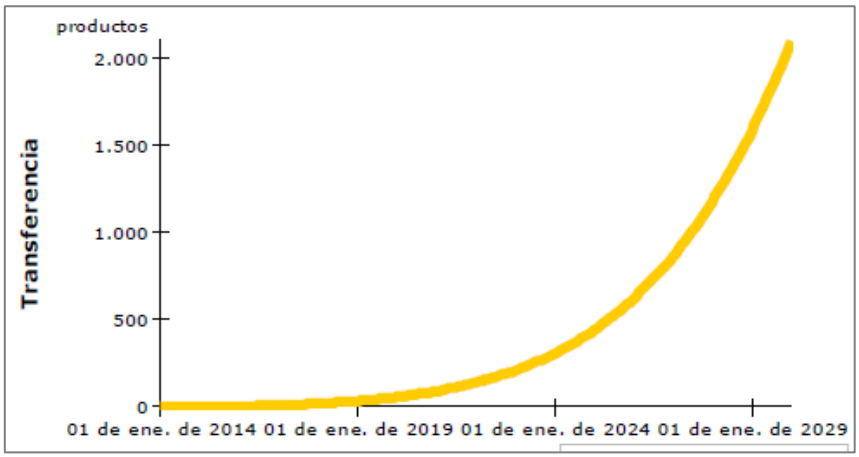


Fuente: (Universidad de Antioquia-UdeA, 2018)

En cuanto a los otros dos mecanismo de TCT: licenciamientos y las consultorías y asesorías, el estudio adelantado por Macías (2014), sugiere el comportamiento de la

transferencia de resultados investigativos en Instituciones de Educación superior en Facultades de Ingeniería, de manera exponencial como se observa en la Figura 4- 6.

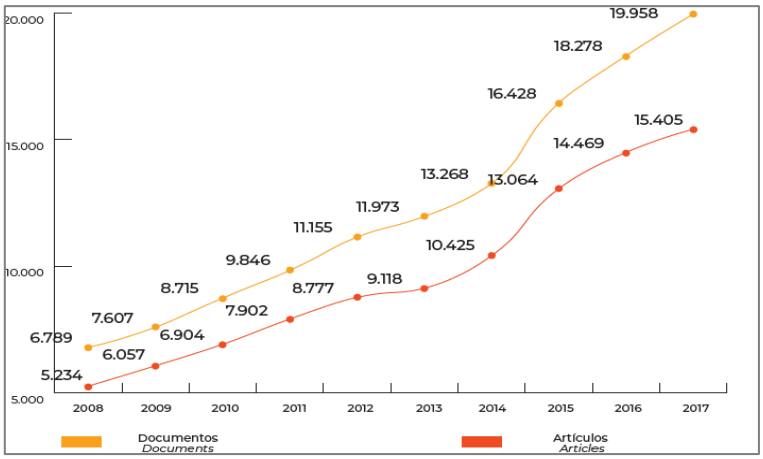
Figura 4- 6 ": Comportamiento exponencial de la TCT para licenciamientos y servicios de adaptaciones en empresa"



Fuente:(Macías, 2014)

Para la tasa de producción científica, se tuvo en cuenta los resultados del informe anual Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología -OCyT(2018), y el indicador a nivel nacional de producción bibliográfica en las dos bases de datos más importantes *Scopus* y *Web of Science* tal como se expone en la Figura 4- 7:

Figura 4- 7": Producción total bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en *Scopus* y WoS, 2008- 2017”



Fuente: (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2018)

4.6.3. Horizonte para el tiempo de modelación

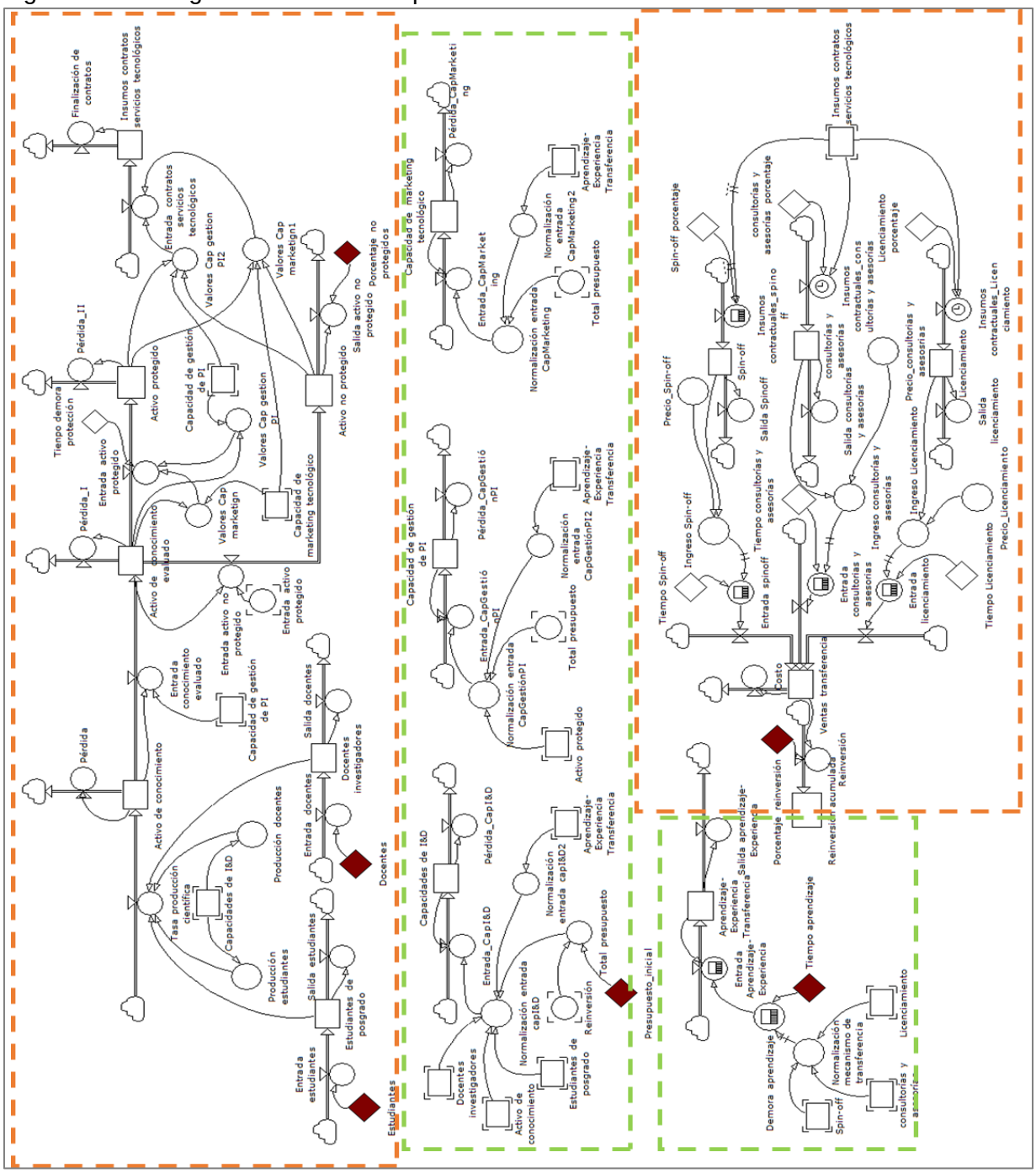
La finalidad del modelo es poder analizar el comportamiento del proceso de TCT a largo plazo, para lo cual se deberá correr el modelo en un horizonte de tiempo superior al estimado en la duración de las etapas y fases. Asimismo, es de importancia reconocer que cada uno de los activos de conocimiento generados tiene diferentes márgenes de tiempo para su transferencia al mercado (Macías, 2014). Por tanto, el periodo de simulación es de 10 años, con un tiempo de paso anual, en el cual es posible evidenciar el desempeño del proceso de TCT en la Facultad y disminuir la incertidumbre del sistema.

4.6.4. Diagrama de flujos y niveles

El software PowerSim Studio 10 ®, fue seleccionado por brindar un entorno de fácil acceso e intuitivo para el usuario, además de proporcionar herramientas para determinar y analizar la simulación del modelo, puesto que permite organizar los resultados de la simulación utilizando tablas y gráficos de las variables más sensibles. La Figura 4- 8 presenta al diagrama de Forrester o de Flujos y Niveles, elaborado con el modelamiento de las capacidades de transferencia de conocimiento y tecnología. En el cual se observan dos componentes: modelo de las etapas de transferencia de conocimiento y tecnología (color

naranja); modelo de capacidades de transferencia de conocimiento y tecnología requeridas en dichas etapas (color verde):

Figura 4- 8 ": Diagrama Forrester del proceso de TCT"



Fuente: elaboracion propia basado en el software PowerSim

- **Etapas del proceso de TCT**

Esta primera parte del modelo indica la relación existente entre cada una de las etapas del proceso: activo de conocimiento generado, activo de conocimiento evaluado, activo protegido, activo no protegido e insumos de contratos de servicios tecnológicos y analiza, la participación de los actores principales (Profesores de investigación y estudiantes de posgrado) del proceso en de la Facultad de Minas, tal como se puede evidenciar en la Figura 4- 9. Este diagrama permite analizar el crecimiento o desempeño de la transferencia de resultados de investigación a través del número de insumos de contratos de servicios tecnológicos ya que luego estos son convertidos en insumo de contratos de *spin-off*, insumo de contratos de adaptaciones en empresa e insumos de contratos de licenciamiento. Posteriormente, los insumos tienen el potencial de crear una empresa o *spin-off*, de firmar contratos de adaptaciones en empresa y de licenciamiento.

Tal como se detalló en el capítulo 4, la Universidad Nacional desde sus actividades de extensión e investigación da lugar a la generación de conocimiento y tecnologías transferibles a la sociedad mediante sus estudiantes y profesores. Por lo tanto, la primera etapa o nivel que se presenta en el modelo se denomina activo de conocimiento generado y hace alusión al ingreso de activos como trabajos de grado, tesis, desarrollos de software y artículos desarrollados por estudiantes de posgrado y docentes dedicados a la investigación. Estos actores del proceso son los encargados de producir dichos activos gracias a la capacidad de I+D que se tiene y la cual es adquirida y mejorada en el ejercicio investigativo, lo cual se caracteriza por ser la entrada de esta etapa o nivel. Adicionalmente, esta etapa tiene asociada una pérdida que corresponde al porcentaje de activos que no pasan el primer filtro en la consideración de ser evaluados para su posible aplicación al mercado, ya sea por el desinterés, desconocimiento de los autores u obsolescencia del conocimiento generado.

La siguiente etapa, se denomina activo de conocimiento evaluado y corresponde al examen de los activos que son susceptibles no solo de ser aplicados a la industria, sino de ser protegidos mediante algún mecanismo de propiedad intelectual e industrial. En consecuencia, la entrada de este nivel depende del flujo de activos de conocimiento que se han almacenado y de la capacidad de gestión de la propiedad intelectual que se haya

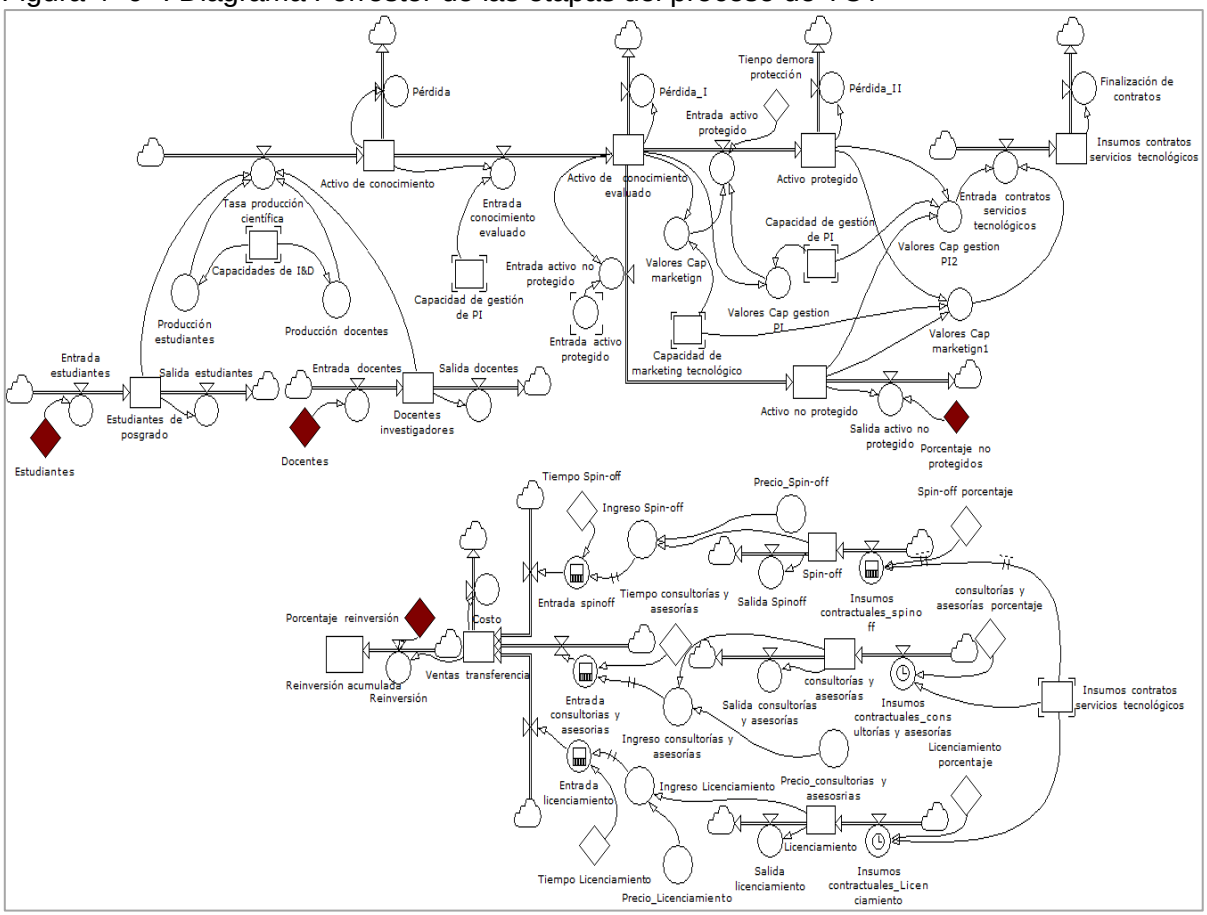
desarrollado, la cual es fundamental para reconocer las virtudes y aplicaciones potenciales del activo en cuestión. Una vez los activos de conocimiento son seleccionados como los susceptibles a ser protegidos, son enviados ante la Superintendencia de Industria y Comercio-SIC para la evaluación sobre la concesión del mecanismo de propiedad más apropiado según el tipo de activo. El flujo de salida para este nivel se convierte en la entrada de las siguientes etapas (activos protegidos y activos no protegidos).

La etapa que sigue se divide en dos: activos ya protegidos y los que no. Por un lado, los activos protegidos son los conocimientos o tecnologías que pudieron convertirse en patentes de invención, modelos de utilidad, diseños industriales o registro de software (derechos de autor). La dinámica de acumulación de este nivel se basa en el porcentaje de los activos que son susceptibles de ser protegidos y este último, depende del nivel alcanzado en la capacidad de gestión de PI. Por otra parte, los activos no protegidos se definen como los activos que no cumplieron los requisitos para alcanzar algún medio de protección ante la SIC, sin embargo, también pueden ser comercializados y llegar al mercado. El flujo de salida de las dos etapas anteriores corresponde al flujo de entrada de la siguiente etapa (insumos contratos de servicios tecnológicos).

La dinámica de acumulación del nivel insumo contratos de servicios tecnológicos se fundamenta en la suma de los dos niveles: activos protegidos y lo que no, los cuales se encuentran condicionados a un porcentaje que varía de acuerdo con el nivel alcanzado en la capacidad de marketing tecnológico y en la capacidad de gestión de la PI. La salida de este nivel se caracteriza por la obsolescencia del conocimiento ya que algunos activos se vuelven menos aplicables con el tiempo y reemplazables por los nuevos resultados que se generan de recientes investigaciones. Luego, estos insumos de contratos fomentan los tres niveles que representan los medios de transferencia de conocimiento y tecnología: *spin-off,* consultorías y asesorías en empresas y licenciamientos. Cada una de estas entradas depende directamente de la cantidad de insumos de contratos de servicios tecnológicos que se dividen para convertirse en los nuevos insumos de los licenciamientos, las consultorías y las empresas creadas. Finalmente, el diagrama expone un nivel de recaudo de ingresos (ventas de transferencia) por cada uno de los tres mecanismos, del cual, un

porcentaje sobre esas ventas se presume es reinvertido en las etapas del proceso de TCT descrito, a través de las capacidades.

Figura 4- 9 ": Diagrama Forrester de las etapas del proceso de TCT"



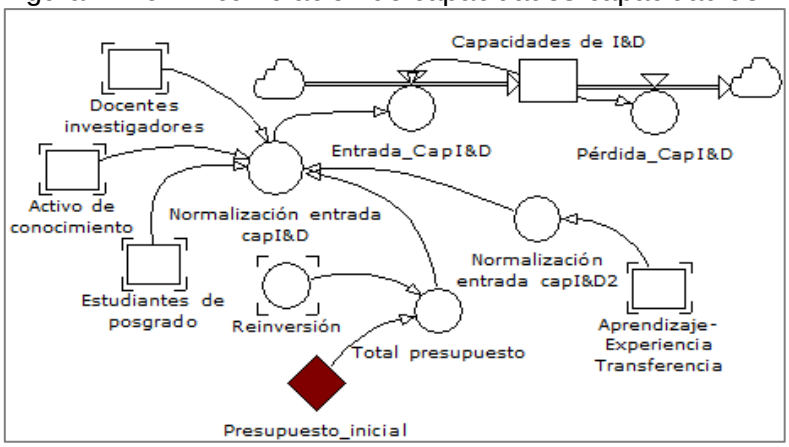
Fuente: elaboracion propia basado en el software PowerSim

Es de aclarar que el conocimiento en los activos que se acumulan en cada uno de los niveles que representan las etapas de TCT, va pasando de una etapa a otra, siguiendo lo establecido previamente en la elaboración del diagrama causal. De la misma manera, dicha acumulación de conocimiento y tecnología también posee un efecto en las capacidades de transferencia y por lo cual los dos componentes del modelo se encuentran relacionados como se mostró en la Figura 4- 8.

- **Acumulación de capacidades y aprendizaje de TCT**

La segunda parte del modelo se enfoca en tres capacidades principales (Capacidades de I+D, Capacidades de gestión de propiedad intelectual y Capacidades de comercialización) que para efectos del presente estudio agrupa las actividades de las nueve capacidades descritas en el capítulo 2. El análisis de las capacidades del modelo pretende determinar si hay un mejor desempeño en las etapas del proceso, es decir, en el número de licenciamientos, *spin-off* y consultorías firmadas. Por tanto, el modelo contempla la acumulación de las capacidades relacionadas con la I+D, la gestión de la propiedad intelectual y el marketing tecnológico, donde el flujo de entrada depende de las variaciones en el aprendizaje del proceso, las ventas por la transferencia sumado al presupuesto inicial y algunas etapas. La capacidad de I+D el flujo de entrada depende del nivel de aprendizaje, el dinero del presupuesto inicial sumado a la reinversión (presupuesto total), de los docentes dedicados a la investigación, los estudiantes de posgrados y los activos de conocimiento acumulados. En este caso, la influencia del nivel de activo de conocimiento en la capacidad de I+D, significa que entre más producción científica se realiza se fortalece dicha capacidad. La salida corresponde a la obsolescencia de la capacidad aprendida, como se muestra en la Figura 4- 10.

Figura 4- 10 ": Acumulación de capacidades-capacidad de I+D"

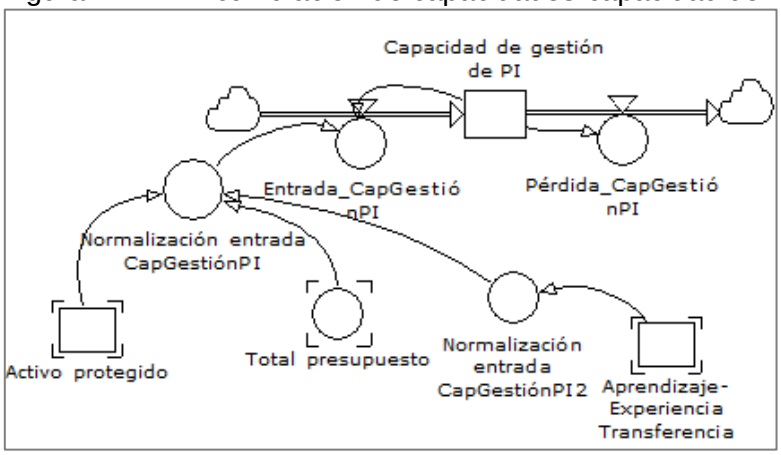


Fuente: elaboracion propia basado en el software PowerSim

En relación con la acumulación de la capacidad de gestión de la PI, el flujo de ingreso además de depender del aprendizaje y del presupuesto total, depende del nivel de activos

protegidos ya que entre más conocimiento y tecnología es protegida, más se fortalece esta capacidad y viceversa. El flujo de salida hace alusión a la obsolescencia de la capacidad (ver Figura 4- 11).

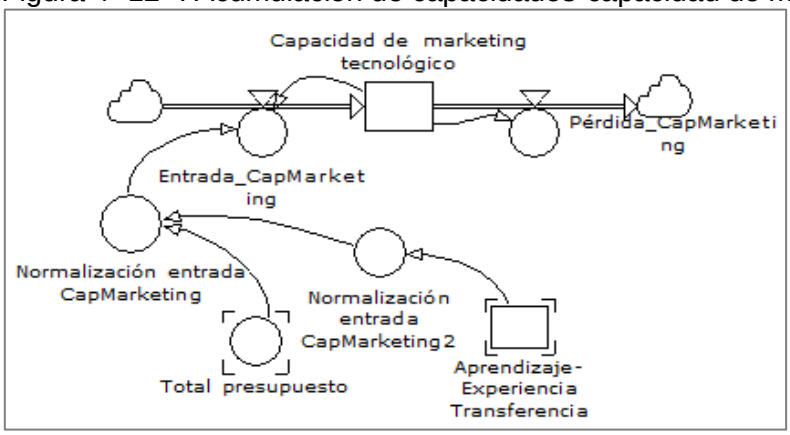
Figura 4- 11 ": Acumulación de capacidades-capacidad de PI"



Fuente: elaboracion propia basado en el software PowerSim

La capacidad de marketing tecnológico depende en su flujo de entrada del presupuesto y el aprendizaje, es decir que esta capacidad recibe la retroalimentación del proceso de TCT en general y su flujo de salida también se refiere a la obsolescencia de la capacidad con el paso del tiempo, como se expone en la Figura 4- 12.

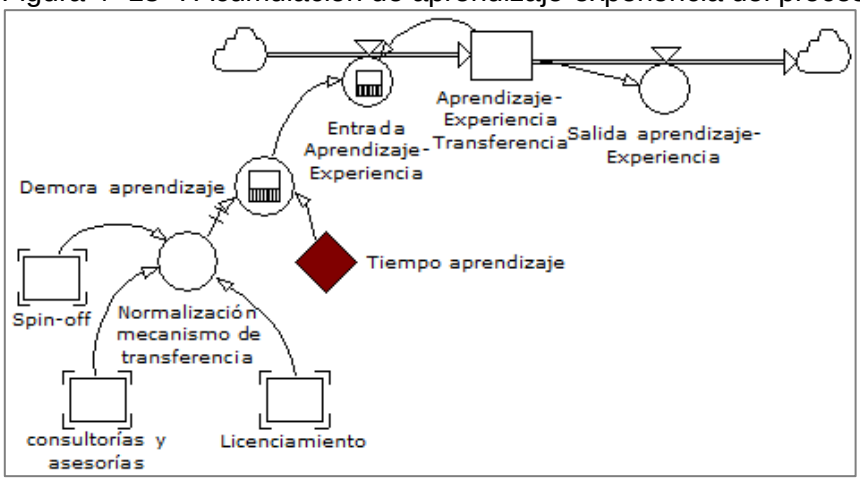
Figura 4- 12 ": Acumulación de capacidades-capacidad de marketing tecnológico"



Fuente: elaboracion propia basado en el software PowerSi

Cabe anotar, que el ingreso del aprendizaje en cada una de las capacidades simboliza la influencia del aprendizaje general del proceso de TCT, es decir que por cada *spin-off* creada, consultoría y asesoría y licenciamiento establecido, hay un efecto sobre la variable aprendizaje, el cual tiene un efecto retardado de aproximadamente 2 años. Lo anterior figura como el ingreso del aprendizaje y su flujo de salida es una pérdida cuando la Facultad deja de hacer las actividades de las etapas, de la misma manera (ver Figura 4- 13).

Figura 4- 13 ": Acumulación de aprendizaje-experiencia del proceso"



Fuente: elaboracion propia basado en el software PowerSim

4.7. Validación del modelo planteado

Según la literatura analizada en el capítulo 2, el comportamiento de las capacidades de innovación tecnológica se ha estudiado con frecuencia en los sistemas de innovación, sin embargo, se evidencia un vacío para las capacidades inmersas en los procesos de transferencia y comercialización de activos resultados de investigación, por lo que, este modelo se basó en la información disponible en la literatura y en la información y experiencia proporcionada por expertos, para la definición de las ecuaciones que determinan dicho comportamiento, lo cual sustenta las relaciones existentes entre la acumulación de capacidades de TCT, las etapas y los mecanismos por los que esta tiene lugar.

La validación del modelo propuesto para la TCT se propuso en términos de estructura y de comportamiento. Para validar la estructura se siguen las recomendaciones de Valencia y Obando (Valencia & Obando, 2017), realizando las pruebas de: condiciones extremas, de verificación de la estructura, de consistencia dimensional y de un experto del proceso de transferencia de la dependencia de Vicedecanatura de investigación y Extensión en la Facultad de Minas. Para la validación del comportamiento se compararon valores simulados con la información real como lo plantea el estudio de Arango, Prado y Dyner (2009). En este caso, se tuvo en cuenta como graficas de referencias, al comportamiento de la creación de *spin-off,* consultorías y asesorías, los licenciamientos y la tasa de producción los cuales son útiles para comparar con los resultados del modelo propuesto como se mencionó en la sección “4.6.2 Modo de referencia”. La Figura 4- 14 muestra de forma resumida las pruebas aplicadas para la validación del modelo objeto de estudio de esta tesis.

Figura 4- 14 ": pruebas de validación planteadas para la tesis"

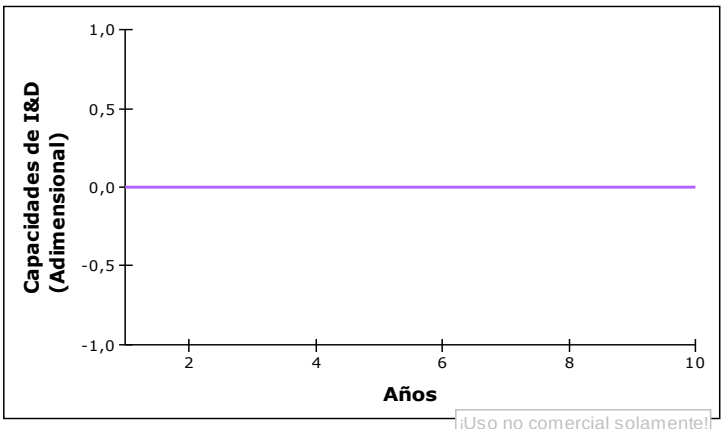
Fuente: elaboración propia

4.7.1. Prueba de condiciones extremas

De acuerdo con Valencia y Obando (2017), los resultados del modelo, deben alinearse a un comportamiento realista que represente el problema de estudio y que no se afecte por las condiciones extremas que se generen en las entradas o a las políticas que se pueden evaluar. De lo anterior, la salida obtenida del modelo debe ser razonable, considerando que las ecuaciones alcancen valores máximos y mínimos. Entonces, se desarrollaron pruebas para verificar el tipo de comportamiento esperado al introducir valores extremos para algunos parámetros. Un ejemplo de la validación de condiciones extremas es analizar las capacidades de transferencia de conocimiento y tecnología, cuando no hay flujo de activos

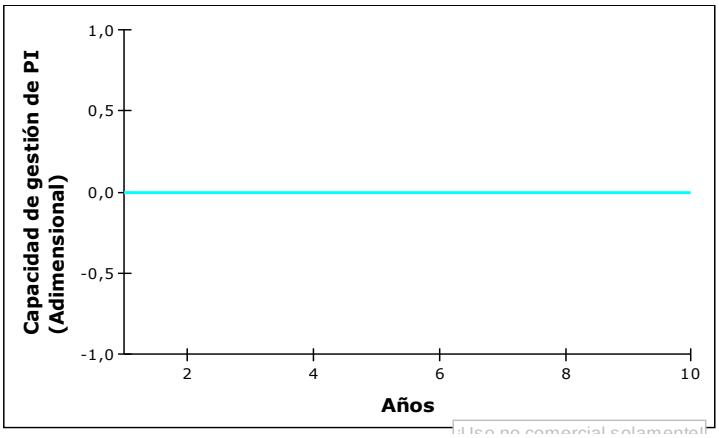
de conocimiento (unidades) en cada uno de los componentes descritos del modelo (etapas y capacidades) y como era de esperarse, el no haber ningún activo de conocimiento científico generado imposibilita el crecimiento y la acumulación de las capacidades de TCT ya que no están recibiendo ningún tipo de flujo. Tampoco se observaron valores por debajo de cero. Lo anterior se puede observar en la Figura 4- 15, la Figura 4- 16 y la Figura 4- 17.

Figura 4- 15 ": Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de capacidad de I+D en cero"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Figura 4- 16 ": Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de capacidad de gestión de PI en cero"



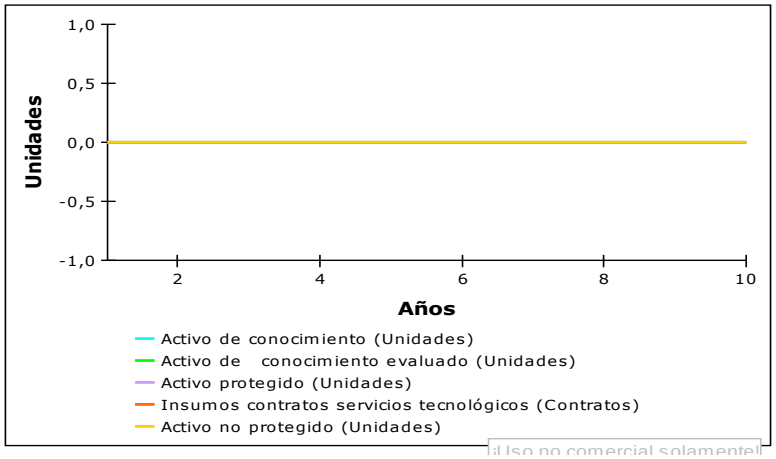
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Figura 4- 17 ": Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de capacidad de gestión de marketing tecnológico en cero"

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Por lo tanto, si las capacidades son cero y su acumulación también, se pude notar que también lo son los niveles de las etapas del proceso de TCT: activos de conocimiento, activos de conocimiento evaluado, activos protegidos, activos no protegidos y los insumos de contratos tecnológicos, tal como se expone en la Figura 4- 18. Se aclara que solo se observa un comportamiento (en amarillo) de las etapas en la gráfica ya que los valores de las demás etapas están sobre puestas.

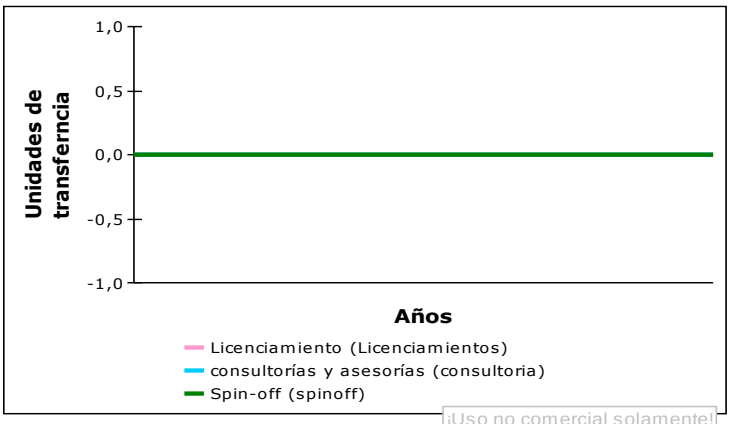
Figura 4- 18 ": Prueba extrema sin flujo de activos de conocimiento en el proceso – acumulación de etapas del proceso de TCT en cero"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

En consecuencia, si no hay acumulación ni activos de conocimiento en las etapas del proceso hay un efecto en los mecanismos de transferencia de conocimiento y tecnología, ya que los contratos de *spin-off*, de licenciamiento y las consultorías y asesorías tampoco percibirían ninguna recepción de conocimiento ni acumulación de este (ver Figura 4- 19). Se observa una gráfica porque los gráficos están sobre puestos con los mismos valores.

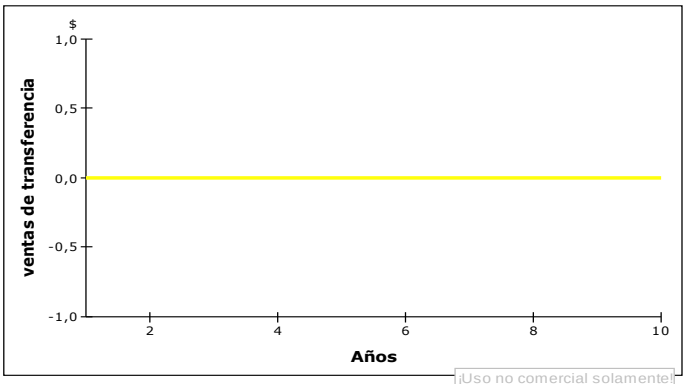
Figura 4- 19 ": Prueba Extremas Etapas- Sin flujo de conocimiento en mecanismo de transferencia"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Entonces, sin flujos de activos de conocimiento y de mecanismo de transferencia concretados se observa en la Figura 4- 20 que también es cero las ventas de transferencia.

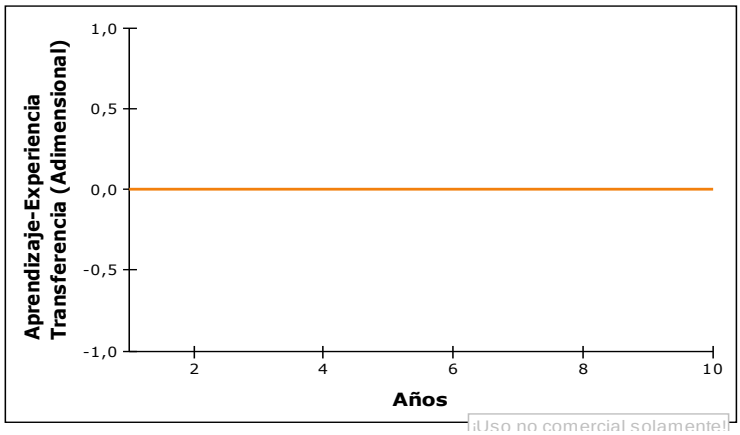
Figura 4- 20 ": Prueba Extremas Etapas- Sin flujo de dinero en ventas de transferencia”



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

De igual forma, debido a las relaciones de causalidad entre las variables del modelo, la no generación de ningún mecanismo de transferencia como las *spin-off*, licenciamientos o consultorías y asesorías incide directamente en la experiencia-aprendizaje del proceso el cual también toma un valor de cero puesto que no tiene ningún flujo de entrada, como se exhibe en la Figura 4- 21.

Figura 4- 21 ": Prueba Extremas Etapas- Aprendizaje experiencia del proceso en cero"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Así, la prueba de valores extremos indica que no hay respuesta de valores ilógicos como valores negativos o acumulaciones de niveles cuando no se cuenta con ningún flujo.

4.7.2. Prueba de verificación de estructura

Para verificar la estructura propuesta en el modelo, de acuerdo con Rodríguez y López (2016), se debe contrastar la estructura directamente del modelo frente a la estructura del sistema real, además de modelos ya planteados y validados por la literatura, por lo cual debe existir concordancia entre el conocimiento de dicho modelo. Siguiendo la premisa de Valencia y Obando (2017), “la estructura del modelo es consistente con el conocimiento descriptivo relevante del sistema de modelado inicial” (p.64), es decir que la prueba consiste en revisar que los a vínculos causales identificados en la revisión de literatura previamente elaborada, validen a través de investigaciones teóricas la estructura planteada en el

modelo. La Tabla 4- 3 expone las fuentes que argumentan la consistencia en los componentes clave del proceso: las etapas y los actores que intervienen en la TCT.

Tabla 4- 3 : Resumen de validación de la estructura a partir de la literatura

Relación entre variables	**Fuente**
(Estudiantes de posgrado) (capacidades de I+D) (+)	(Carreño, 2011); (J. Montoya & Peláez, 2013)
(Docentes investigadores) (capacidades de I+D) (+)	(Carreño, 2011) ;(J. Montoya & Peláez, 2013)
(Estudiantes de posgrado) (activos de conocimiento) (+)	(Ávila-Toscano et al., 2018)
(Docentes investigadores) (activos de conocimiento) (+)	(Algañaraz & Castillo, 2018)
(Capacidad I+D) (activos de conocimiento) (+)	(Anzola, 2017); (Iriarte, 2015)
(Activos de conocimiento) (activos de conocimiento evaluados) (+)	(Pérez & Tangarife, 2013)
(Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial) (activos protegidos) (+)	(López, Schmal, Cabrales, & García, 2009); (Arzabe, 2010);(Hernández, 2017)
(Activos de conocimiento) (capacidades de I+D) (+)	(Pérez & Tangarife, 2013)
(Activos de conocimiento) (activos NO protegidos) (+)	Experto en gestión tecnológica
(Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial) (activos de conocimiento evaluados) (+)	(Olarte & Lis, 2015)
(Activos protegidos) (Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial) (+)	(Olarte & Lis, 2015)
(Presupuesto inicial) (capacidades de I+D) (+)	(P. A. Castro, 2018)
(Presupuesto inicial) (capacidades de gestión de la propiedad intelectual e industrial) (+)	(Zapata et al., 2013)
(Presupuesto inicial) (capacidades de marketing tecnológico) (+)	(Zapata et al., 2013)
(Activos no protegidos) (contratos de servicios tecnológicos) (+)	(Manuel Guerrero, 2009)
(Capacidad de marketing tecnológico) (contratos servicios tecnológicos) (+)	(López et al., 2009)
(Capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial) (contratos servicios tecnológicos) (+)	(Delgado, 2017)
(Activo protegido) (contratos servicios tecnológicos) (+)	(Torres, 2013)
(Contratos servicios tecnológicos) *(spin-off*) (+)	(Iglesias et al., 2012)
(Contratos servicios tecnológicos) (consultorías y asesorías) (+)	(Iglesias et al., 2012)
(Contratos servicios tecnológicos) (licenciamientos) (+)	(Manuel Guerrero, 2009)
-(*Spin-off*) (consultorías y asesorías) (+) - (consultorías y asesorías (aprendizaje-experiencia) (+) -(Licenciamiento) (Aprendizaje-experiencia) (+)	(Jiménez et al., 2013)
(consultorías y asesorías) (ventas de transferencia) (+)	(Beraza & Rodríguez, 2011)
(Licenciamiento) (ventas de transferencia) (+)	(Tkachenko et al., 2017)
(*Spin-off*) (ventas de transferencia) (+)	(García-Rodríguez, 2016)
(Aprendizaje-experiencia (capacidad de I+D) (+) (Aprendizaje-experiencia (capacidad de aprendizaje) (+) -(Aprendizaje-experiencia) (capacidad legal) (+)	(Hernández, 2017)

Fuente: elaboración propia

Lo anterior, se refleja en las ecuaciones definidas las cuales se basaron en la información analizada en la revisión de esta literatura, opinión de expertos y con ayuda de las relaciones causales establecidas.

4.7.3. Prueba de consistencia dimensional

La prueba de consistencia dimensional demanda que cada una de las ecuaciones matemáticas y parámetros incluidos, sean evaluadas (Rodríguez & López, 2016). Entonces para esta prueba de validación, se confirma que todas las variables seleccionadas en el estudio que conforman el modelo están acompañadas de sus respectivas unidades de acuerdo con el tipo de variables establecida. Asimismo, los resultados obtenidos mediante las ecuaciones y los flujos y niveles definidos cuentan con las unidades pertinentes. Dado, que ello es un requisito fundamental para el correcto funcionamiento y utilización del software de simulación PowerSim Studio 10 ® y así llevar a cabo las simulaciones necesarias para medir el comportamiento del modelo de estudio.

4.7.4. Prueba de comportamiento Experto

Se decidió consultar a expertos sobre los resultados obtenidos en la simulación ya que no hay evidencias empíricas y teóricas suficientes para determinar si el comportamiento presentado en el modelo refleja la realidad del problema de estudio. Dichos resultados, se explican detalladamente en la siguiente sección. En cuanto los expertos, uno de ellos, es la persona encargada de la gestión tecnológica de la Sede Medellín y el otro, es un profesional de apoyo en la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas, los dos, fueron consultados en diferentes momentos del desarrollo del modelo dependiendo de su nivel de especificad en el tema.

Así, se consultó a los expertos sobre la acumulación de conocimiento en cada una de las etapas de la TCT, teniendo en cuenta los valores iniciales y los resultados que representan las mejoras futuras del modelo. Por lo que las respuestas no rechazaron las condiciones o la realidad actual del proceso de TCT en la Facultad de Minas, sino que manifestaron haber encontrado una concordancia entre los resultados obtenidos y las magnitudes generadas en la actualidad en estas fases. Entre las opiniones se pudo evidenciar que en su mayoría

los docentes y estudiantes de la Facultad de Minas no reconocen la existencia de un proceso formal de la transferencia, por lo que en ocasiones es confundido con actividades de extensión.

Al preguntar sobre las mejoras futuras obtenidas se registraron comentarios positivos en la viabilidad y alcance. Se manifestó que lograr las mejoras depende de una estrategia que fortalezca las capacidades actuales y la concientización de la importancia de la transferencia a los docentes ya que se observa que pocos profesores se interesan en investigar y proteger sus desarrollos dada la percepción de dificultad y pérdida de tiempo en las etapas requeridas, incluso para la firma de contratos y trámites administrativos. Entonces, lentamente a través de la comunicación y talleres informativos sobre experiencias exitosas en otras universidades se podrá reconocer la importancia no solo del valor generado de los conocimientos una vez aplicados en la industria, sino de los grandes retornos económicos para las instituciones académicas.

Para el establecimiento de los niveles actuales de las capacidades de la TCT, los expertos estuvieron de acuerdo con los resultados de simulación y le asignaron un valor mayor al nivel de la capacidad de I+D, lo que se asume que, en la Facultad de Minas hay un avance considerable en experiencia y habilidad para la publicación de artículos científicos y participación de proyectos de instigación, además de que estas actividades dependen directamente de los docentes que ya son de planta y de los estudiantes de posgrado, los cuales no requieren en ocasiones de otros recursos frescos adicionales para poder escribir. En este sentido, se validaron también los efectos que tienen la acumulación en las capacidades sobre el fortalecimiento de las etapas la TCT y por consiguiente sobre el número (unidades) obtenidos en los mecanismos de transferida al mercado. Con respecto al comportamiento esperado en la acumulación de las capacidades, el experto de gestión tecnológica preciso estar de acuerdo con el crecimiento y acumulación de las capacidades de TCT y del aprendizaje en forma de “S”, ello considerando que cada una de estas puede encontrarse en diferentes fases.

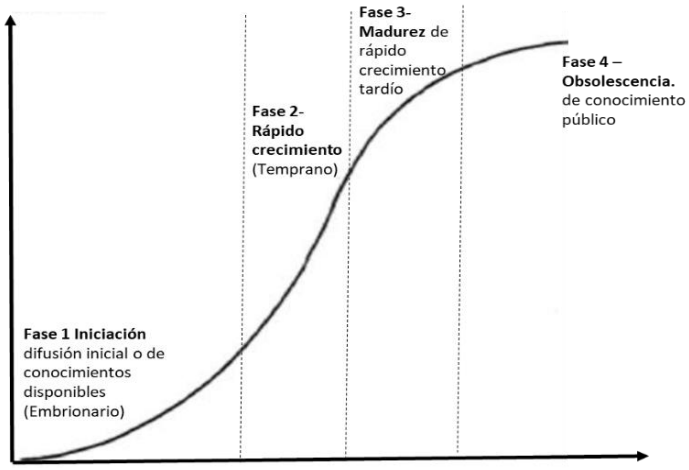
Ahora, con las opiniones recopiladas en la consulta a los expertos, se puede decir que el modelo desarrollado representa las condiciones actuales de proceso de TCT de la Facultad de Minas en la Universidad Nacional de Colombia. Pero, es claro que para que los resultados propuestos a futuro se mantengan, la Universidad debe hacer algunos esfuerzos en el proceso, por ejemplo, desde el inicio de las etapas donde los activos generados son desarrollados considerando su aplicabilidad y compatibilidad con las soluciones que requiera el mercado.

4.7.5. Prueba de comportamiento información real

Teniendo en cuenta que las capacidades de transferencia de conocimiento y tecnología seleccionadas para esta investigación se fundamentaron en las capacidades de innovación que mejor agrupaban y representaban el proceso de la transferencia (remitirse al capítulo 2) y que, según Quintero y Giraldo (2018), la acumulación de las capacidades de innovación pueden ser modeladas mediante curvas logísticas (curvas en “S”), este es el comportamiento que también representara también el crecimiento de las capacidades del proceso de TCT.

Así, la curva del comportamiento en “S”, descrito por Aguilar et al., (2012), indica cuatro partes importantes en el tiempo de acumulación en el ciclo de vida de productos como se muestra en la Figura 4- 22. Por lo que, para la acumulación de las capacidades la fase 1 podría referirse a la etapa inicial en la que se presenta dificultades para la puesta en marcha de las actividades y habilidades, en esta fase los recursos serian precisos; la fase 2 caracterizaría el rápido crecimiento y apertura a la realización de las actividades y habilidades y la adquisición de nuevos conocimientos dada por una amplia disponibilidad de recursos; la fase 3 podría representar la consolidación y maduración de las habilidades, recursos y experiencias; y la fase 4, hace alusión al envejecimiento y declive de las capacidades, es decir el momento cercano a la obsolescencia del conocimiento, habilidades o recursos por lo que solo algunas de esas habilidades se conservan dependiendo las estrategias implementadas como inyección de presupuesto, entre otros.

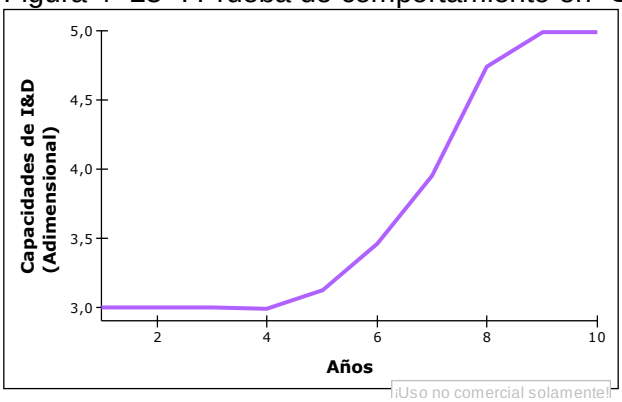
Figura 4- 22 ": Desempeño acumulado y partes de la curva en S"



Fuente: (Aguilar et al., 2012)

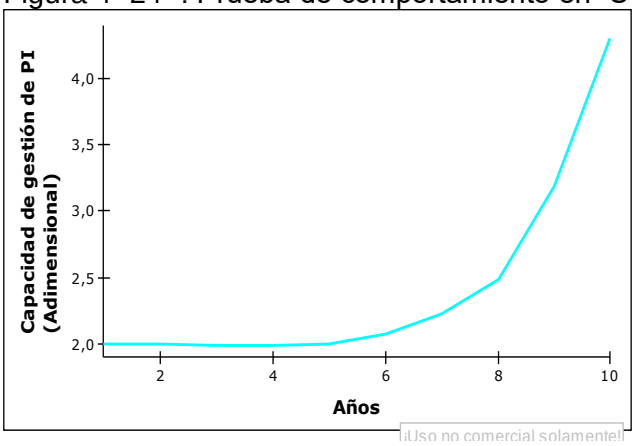
De lo anterior, el modelo propuesto para la TCT mantiene y presenta las fases del comportamiento en “S” para las capacidades a lo largo del tiempo de la simulación, aclarando que las capacidades se ubican en distintas partes (fases) del comportamiento logístico.

Figura 4- 23 ": Prueba de comportamiento en “S” capacidad I+D”



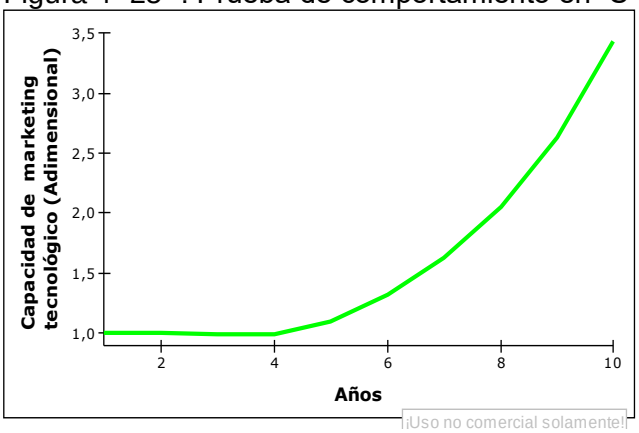
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Figura 4- 24 ": Prueba de comportamiento en “S” capacidad gestión de PI"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

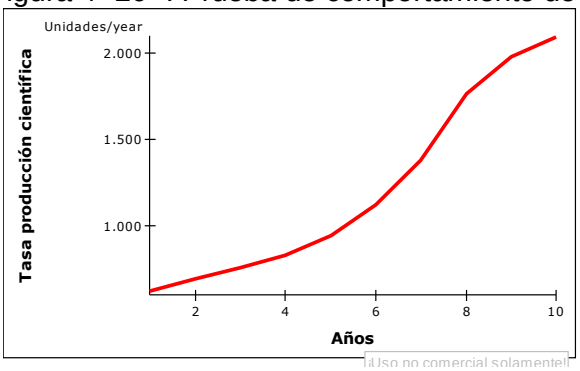
Figura 4- 25 ": Prueba de comportamiento en “S” capacidad de marketing tecnológico"



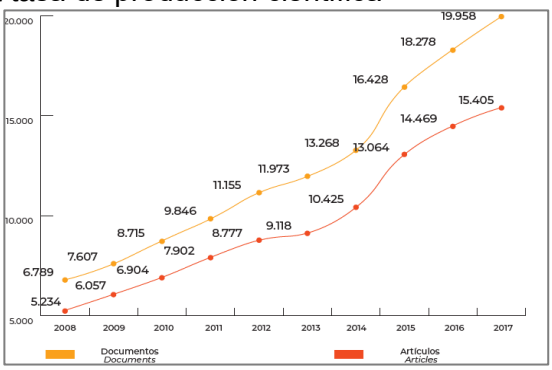
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Finalmente, como se mencionó la sección 4.6.2 del modo de referencia para la tasa de producción científica se conservó el comportamiento de la producción total bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en *Scopus* y WoS, durante el periodo 2008- 2017 documentada por el OCyT (2018). Los resultados de la comparación entre la simulación (parte a) y el comportamiento de la producción a nivel Nacional (parte b) se observa en la Figura 4- 26.

Figura 4- 26 ": Prueba de comportamiento de la tasa de producción científica”



a) Tasa de producción el modelo



b) Producción bibliográfica colombiana en revistas indexadas en *Scopus* y WoS

Fuente: (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2018)

4.8. Conclusiones

Es claro que, un modelo no puede predecir la realidad, pero si brinda herramientas para hacerla más comprensible. El modelo de simulación de este estudio tienen como propósito principal permitir la comprensión de las actividades de la transferencia y la interacción entre los actores y etapas del proceso, es por ello que la elaboración del diagrama de causalidad, se define a través de la experiencia en procesos administrativos y de gestión tecnológica en la Facultad de Minas y en la Sede Medellín de la Universidad Nacional, de la realización de la revisión de literatura y del análisis bibliométrico que respaldan los supuestos y relaciones causales propuestos y los parámetros establecidos, generando confiabilidad a la modelación.

La aplicación de las distintas técnicas de validación respecto al comportamiento y estructura implican que el modelo permite un entendimiento del sistema complejo de la transferencia de los resultados de investigación al mercado, en específico de la realidad de la problemática de estudio y del análisis de los efectos de las capacidades, etapas, el aprendizaje, el presupuesto, ente otros, sobre la cantidad de mecanismos de transferencia llevados cabo en la Facultad. La literatura respalda las relaciones estructurales del modelo encontrando que los supuestos son acordes al fenómeno analizado y la consulta de expertos encuentra como válidos los comportamientos arrojados en las simulaciones. Lo anterior posibilita la replicabilidad del modelo formulado para el análisis que oriente la toma

de decisiones y la formulación de nuevas políticas que potencie positivamente los resultados en cualquier Universidad o fenómeno con características similares.

5. Capítulo 5. Análisis de escenarios

5.1. Introducción

Siguiendo la metodología de Sterman (2000), las simulaciones permiten la comprensión del fenómeno o de la situación problemática evaluando nuevas políticas que procuren brindar soluciones. El presente capítulo exhibe los resultados de la implementación de diferentes escenarios que pueden concretarse en el contexto académico en el que se desenvuelve la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, a través del modelo propuesto en el capítulo anterior.

Para la realización de los escenarios, se tuvo en cuenta modificar solo algunas variables y parámetros puntuales dejando estables o en igualdad de condiciones las demás. Esto es porque dichas modificaciones se consideran los factores que afectan notablemente el desempeño del proceso por lo que, de allí, es posible identificar políticas o alternativas de mejora. En primer lugar, el escenario 0 es presentado como el escenario actual con el cual se pretende examinar el comportamiento del proceso de TCT en la Facultad de Minas en un estado base o problema para realizar futuras comparaciones con respecto a la ejecución de políticas (estrategias) relacionadas al mejoramiento del desempeño del proceso y el aprendizaje, su efecto directo sobre las capacidades de TCT y los mecanismos de transferencia de los resultados investigativos a la industria empleando dinámica de sistemas.

Seguido, los escenarios 1, 2 y 3 presentan los análisis de los resultados de diferentes situaciones que pueden ocurrir o implementarse en la Facultad de Minas, ello aportará información importante para la toma de decisiones oportunas orientadas a aumentar el desempeño del escenario base o para hacer frente a situaciones negativas. Para cada uno de estos escenarios se muestran los comportamientos de las capacidades de TCT, las etapas del proceso, los mecanismos de transferencia como *spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías y las ventas por transferencia.

5.2. Escenario base o problema

En el escenario problema o denominado base, se observan los resultados de las simulaciones de las condiciones iniciales del proceso de la transferencia de resultados investigativos al mercado en la Facultad de Minas simulando a lo largo de 10 años a partir de datos recopilados de los años 2018 y 2019. Algunos valores, se extrajeron de informes anuales de la Facultad de Minas, otros son propuestos por los expertos de gestión tecnológica y de la dependencia de Vicedecanatura de Investigación y Extensión; este proceso se llevó a cabo bajo criterio de expertos en la etapa de validación del modelo. Los Anexos A y B describen los datos iniciales y la fuente o referencia de la información. La Tabla 5- 1 contiene los valores iniciales utilizados para simular este escenario.

Tabla 5- 1: Parámetros y valores Iniciales Escenario base

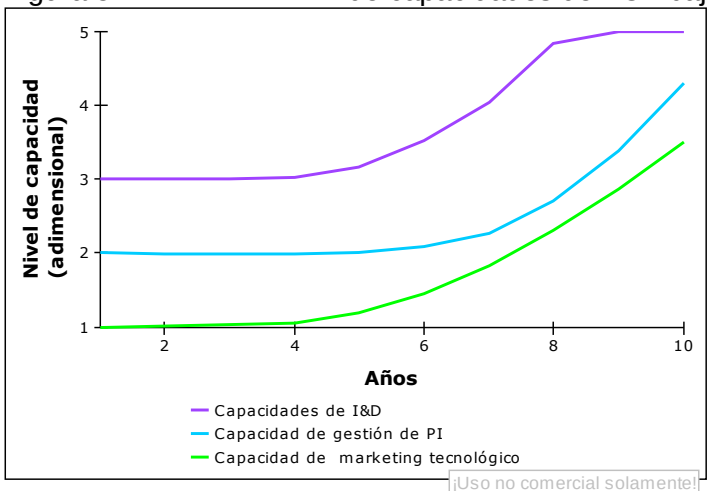
Valores iniciales	Caso Facultad de Minas Universidad Nacional
Capacidad de I+D	3
Capacidad de PI	2
Capacidad de marketing tecnológico	1
Presupuesto inicial	$67.550.000.000
Reinversión	45%
Entradas docentes	1
Docentes investigadores	125 personas
Salida Docentes	2
Entrada estudiantes	291
Estudiantes de posgrado	891 personas
Salidas estudiantes	168
Spin-off	0 Spinoffs
Licenciamientos	2 licenciamientos
Consultorías y asesorías	34 consultorías
Aprendizaje	0,05
Tiempo aprendizaje	2 años

Fuente: elaboración propia a partir de consulta expertos y revisión de literatura

Cada uno de los resultados arrojados en la simulación, son presentados a continuación: Primero, los resultados en la acumulación de capacidades en la Figura 5- 1. Como se puede notar, las capacidades se comportan con un crecimiento logístico que representan algunas, de las fases de la curva en “S”. Para la capacidad de I+D se observa que se encuentra en la fase 4 de la curva logística y alcanza el nivel máximo de 5 en el año 9 (2028) que luego se mantiene constante o con un leve decrecimiento por la obsolescencia de las

capacidades, el presupuesto y el aprendizaje del proceso actual. La capacidad de gestión de PI solo alcanza un nivel máximo de 4,3 y la capacidad de marketing tecnológico de 3,5 para el año 9 (2028). Estas dos capacidades se encuentran en la fase 1 de iniciación.

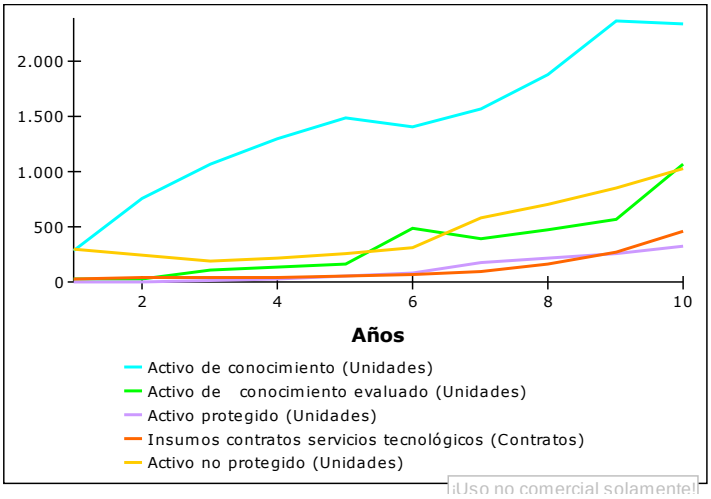
Figura 5- 1“: Acumulación de capacidades de TCT bajo condiciones iniciales"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

En la Figura 5- 2 puede ver la acumulación de activos de TCT en las etapas de activos de conocimiento generado, evaluados, protegidos, no protegidos e insumos de contratos para servicios tecnológicos en el horizonte temporal establecido (10 años).

Figura 5- 2 ": Acumulación de activos de conocimiento en etapas TCT bajo condiciones iniciales"

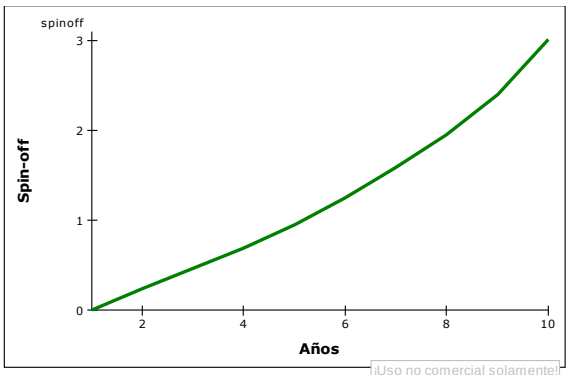


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

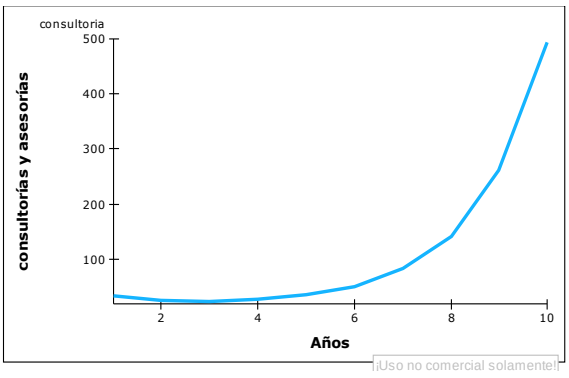
Los resultados de la acumulación de los niveles mecanismos de transferencia *spin-off*, consultorías y asesorías y licenciamientos y del total de las ventas por transferencia obtenidas se analizan en la Figura 5- 3. La parte a de la gráfica muestra las *spin-off* el comportamiento de acumulación del nivel es lineal y es congruente con el modo de referencia señalado en Figura 4- 4 y Figura 4- 5 alcanzando un máximo de 3 *Spin off* para el tiempo final (años 2029) de la simulación.

En cuanto a la acumulación de las consultorías y asesorías de la Facultad de la parte b del gráfico, se muestra un comportamiento exponencial con un nivel de 492 para el año 10 de la simulación. El comportamiento de acumulación de licenciamientos de la parte c del gráfico, sigue una tendencia exponencial y creciente como se mencionó en el modo de referencia de la Figura 4- 6, logrando un nivel final de 20 para el año 10 de la simulación. Por tanto, el ingreso o ventas por transferencia en la parte d del gráfico, es de $141.962.466.817,8. Cabe resaltar, que este ingreso representa las ventas brutas por mecanismos de transferencia antes aplicar las regalías entre las partes y no el retorno recibido por la Facultad. Sin embargo, se estima que el 45% de esta cantidad es reinvertido en el proceso de TCT.

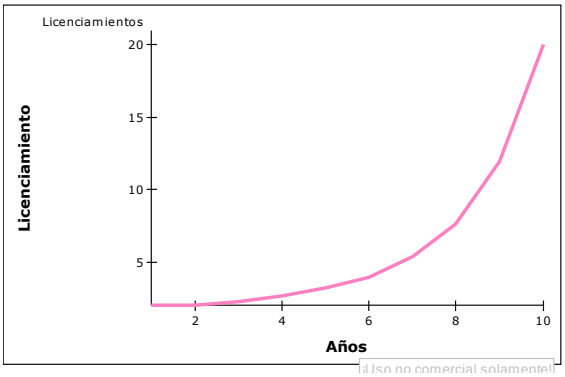
Figura 5- 3 “: Escenario base - Acumulación de mecanismo de trasnferencia de TCT y de las ventas por la transferencia”



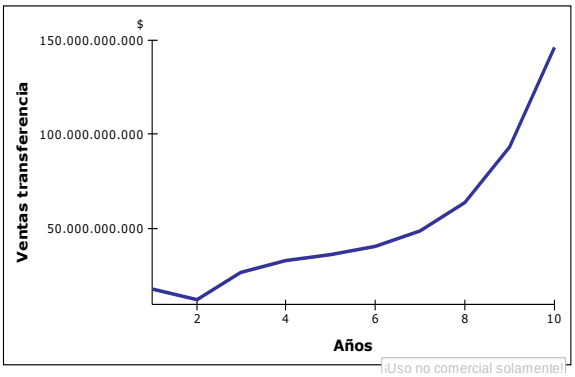
a) Acumulación de *spin-off* bajo condiciones iniciales



b) Acumulación de consultorías y asesorías bajo condiciones iniciales



c) Acumulación de licenciamientos bajo condiciones iniciales

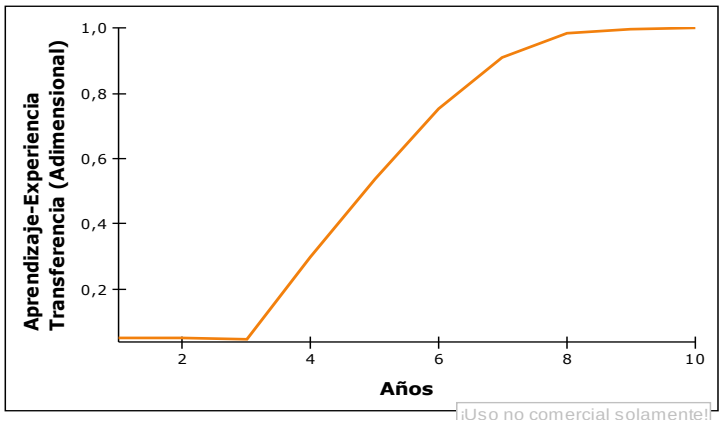


d) Acumulación de ventas de transferencia

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

A continuación, en la Figura 5- 4 se observa cómo solo hasta el año 3 (2022) la Facultad de Minas empieza a aumentar su nivel de aprendizaje y experiencia del proceso de TCT y es en el año 8 de la simulación que alcanza el máximo (valor igual a 1). Se resalta que el aprendizaje también tiene un comportamiento creciente logístico que describe la fase 3 de crecimiento temprano de la curva en “S” y simboliza el factor de velocidad de acumulación de las capacidades. Esto último, respaldado en que el aprendizaje en las organizaciones incluyendo la Universidad, es la clave para una eficiente gestión del conocimiento lo que conduce a la creación del capital intelectual y de las capacidades organizacionales y de investigación (Conde et al., 2010).

Figura 5- 4 ": Acumulación aprendizaje experiencia de la transferencia bajo condiciones iniciales"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

5.3. Escenario 1- Pesimista SPI

Se simula para la Facultad de Minas una situación hipotética de bajos niveles de inversión en las tres capacidades de transferencia de resultados de investigación, específicamente en si se estableciera para la Facultad un bajo porcentaje de reinversión por parte de los mecanismos de transferencia y una reducción del presupuesto inicial asignado a las actividades investigación como resultado de una crisis que obligue a priorizar en otra misión sustantiva de la Universidad como solo la docencia. Este escenario se denomina pesimista sin presupuesto inicial-SPI. La Tabla 5- 2 presenta los valores utilizados para la simulación del escenario 1.

Tabla 5- 2: Parámetros y valores Iniciales Escenario 1-Pesimista SPI

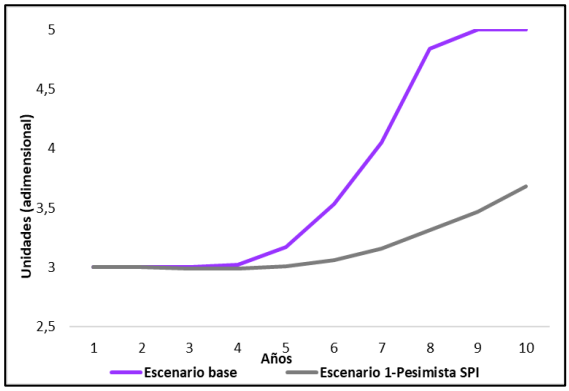
Valores iniciales	Caso Facultad de Minas Universidad Nacional	Estado
Capacidad de I+D	3	Estable
Capacidad de PI	2	Estable
Capacidad de marketing tecnológico	1	Estable
Presupuesto inicial	$10.132.500.000 (15% del escenario base)	Modificado
Reinversión	10% (22% menos)	Modificado
Entradas docentes	1	Estable
Docentes investigadores	125 personas	Estable
Salida Docentes	2	Estable
Entrada estudiantes	291	Estable
Estudiantes de posgrado	891 personas	Estable
Salidas estudiantes	168	Estable
Spin-off	0 Spinoff	Estable
Licenciamientos	2 licenciamientos	Estable
Consultorías y asesorías	300 consultorías	Estable
Aprendizaje	0,05	Estable
Tiempo aprendizaje	2 años	Estable

Fuente: elaboración propia a partir de consulta expertos y revisión de literatura

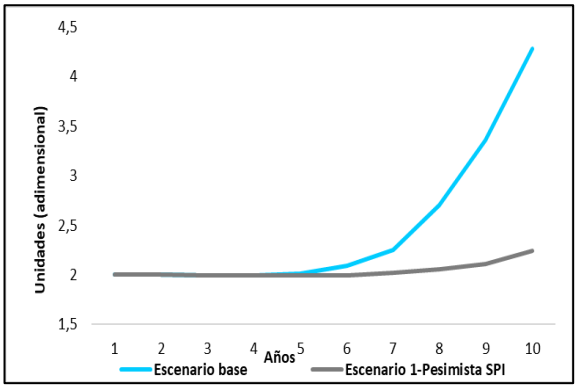
Los resultados de la Figura 5- 5 exponen un comparativo entre el escenario base y el escenario 1 pesimista PSI e indica que para las capacidades de TCT, la situación del escenario 1 muestra niveles de acumulación menores que las del escenario actual. Para la capacidad de I+D un bajo nivel de presupuesto representa menores recursos para la ejecución de proyectos lo que podría limitar la realización de algunas actividades de investigación, además, de no contar con laboratorios o equipos lo que hace que los activos

de conocimiento puedan carecer de “calidad” o de una baja “capacidad de respuesta” hacia el entorno para ser seleccionados como transferibles a la industria en las etapas posteriores. Un bajo nivel de presupuesto para las capacidades de gestión de PI significa baja asociación con otras empresas para la maduración de los activos a proteger o no poder efectuar este análisis antes la SIC por falta de recursos frescos. Para la capacidad de marketing tecnológico es un menor acercamiento con la posibilidad de explotación del activo porque no habría recursos, herramientas o personal para captar la atención de los clientes, mediante ferias*, show room* o asistencia a ponencias internacionales. También, habría dificultades para encontrar el mercado más acorde al conocimiento o tecnología desarrollada y para la definición de un precio de valoración comercial a posibles expertos externos. Finalmente, bajo estas condiciones, las capacidades acumularían valores de 3,6 para la capacidad e I+D, de 2,2 para la capacidad de gestión de PI y de 1,3 para la capacidad de marketing tecnológico evidenciando que ninguna alcanzaría el máximo valor en los 10 años del análisis.

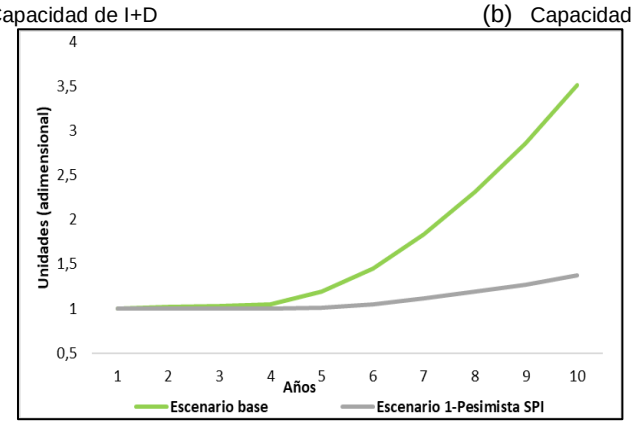
Figura 5- 5 ": Comparación Escenario base vs Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel de capacidades de TCT acumuladas"



(a) Capacidad de I+D



(b) Capacidad de gestión de PI

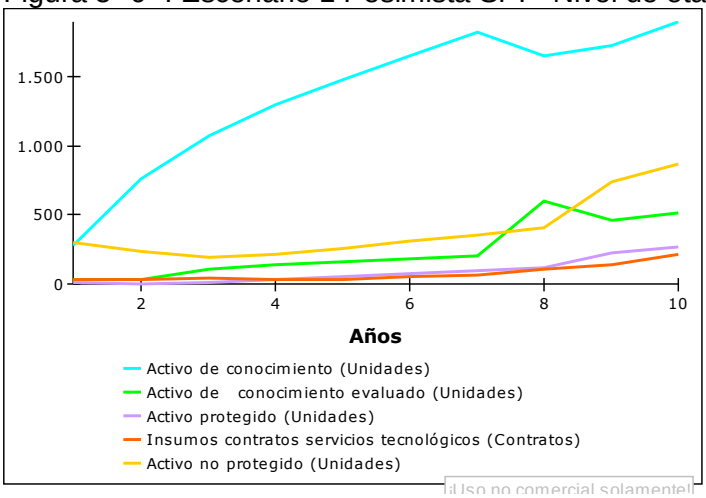


(c) Capacidad de marketing tecnológico

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Para las etapas de TCT se observa en los resultados una disminución en la acumulación de los niveles. Inicialmente los valores son iguales a los del escenario cero hasta la mitad del periodo de análisis (año 2024), luego a medida que las capacidades se ven afectadas (van disminuyendo) por la falta de presupuesto, también hay un decrecimiento notable para las etapas del proceso de TCT como se presenta en la Figura 5- 6.

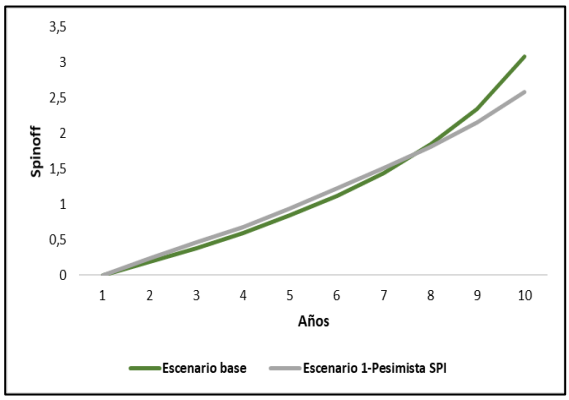
Figura 5- 6 ": Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel de etapas de TCT acumuladas"



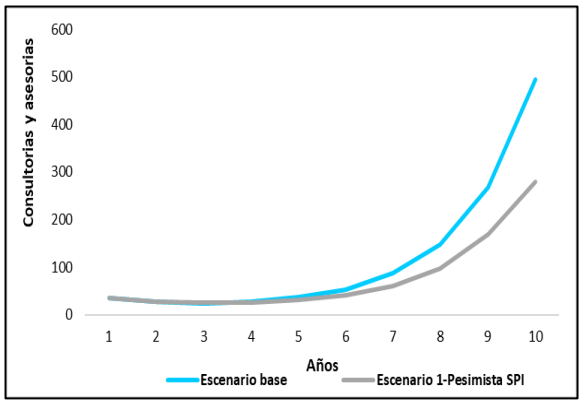
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

En la Figura 5- 7 se presenta la comparación de los resultados obtenidos en el escenario base frente al escenario 1 pesimista SPI. Allí, se visualiza un efecto de disminución sobre la acumulación de los niveles de mecanismos de transferencia con respecto al escenario base. Porque, aunque los recursos bajan, el recurso principal como talento humano: docentes y estudiantes (estables en este escenario) siguen generando activos de conocimiento ya que no depende de un salario adicional para ello, es por esto por lo que se consigue un aceptable nivel de 2 *spin-off*, 12 licenciamientos y 279 consultorías y asesorías acumuladas durante el periodo de simulación.

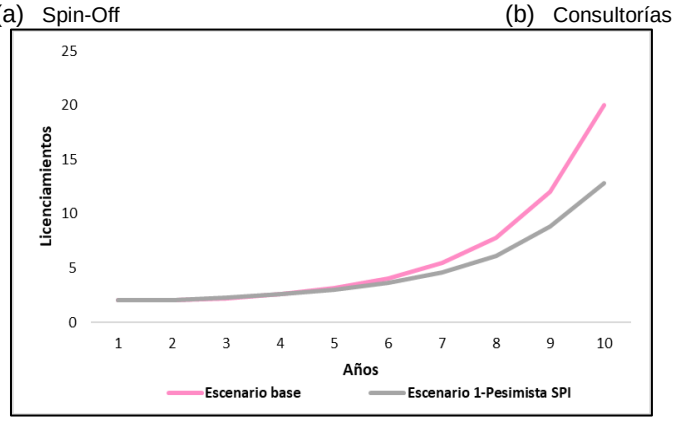
Figura 5- 7 ": Comparación Escenario base vs Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel de mecanismos de transferencia (*spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías) acumulado"



(a) Spin-Off



(b) Consultorías y asesorías

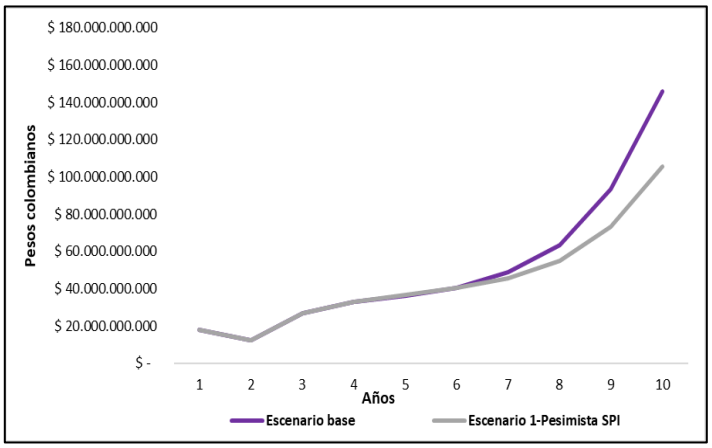


(c) Licenciamientos

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

En relación con las ventas generadas por los mecanismos de transferencias realizados, en la Figura 5- 8, se muestra la comparación de los resultados entre el escenario base y el escenario 1 pesimista SPI para las ventas obtenidas por transferencia, notándose una disminución muy significativa con respecto al escenario actual. En total el valor acumulado corresponde a $105.734.185.339.

Figura 5- 8 ": Comparación Escenario base vs Escenario 1 Pesimista SPI - Nivel ventas de transferencia acumulado"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

5.4. Escenario 2- Optimista ANA

Se considera el aprendizaje como un factor fundamental en las instituciones educativas, dado que constituye la velocidad y agilidad, que tiene la Universidad para aprender de la experiencia y después, poder aplicar las lecciones aprendidas y los conocimientos obtenidos para garantizar el éxito en otras situaciones. Por tanto, el escenario 2 radica en el esfuerzo que puede hacer la Facultad de Minas para aumentar su nivel de aprendizaje hacia las actividades y el proceso de TCT. Este escenario es denominado aumento nivel de aprendizaje-ANA. Ello, sería como resultado de un mejor relacionamiento, comunicación y entre los componentes que conforman el proceso. De acuerdo con Conde et al., (2010), para que el aprendizaje tenga lugar, tres condiciones son necesarias: una cultura orientada a este propósito, un proceso de capacitación a los componentes de la organización y, convertir la información que se transfiere de una actividad a otra en conocimiento.

Ahora bien, con el planteamiento de este escenario se pretende observar qué efecto tiene en el sistema la aceleración en el tiempo de aprendizaje del proceso de TCT, especialmente en la acumulación de las etapas del proceso, de las capacidades de TCT, nivel acumulado de los mecanismos de transferencia y las ventas generadas por la transferencia. En este

escenario se reconoce que la Facultad de Minas, tiene una gran trayectoria en la investigación al considerarse como una de las misiones sustantivas de la Universidad Nacional de Colombia, por tanto, tiene una alta categorización de grupos de investigación ante MINCIENCIAS. Por lo que, se asume para este escenario que la Universidad en esta Facultad ha acumulado una vasta experiencia que antes no se había direccionado hacia la producción de conocimiento y tecnología con miras a su aplicación en la industria. La Tabla 5- 3 despliega los valores utilizados para la simulación del escenario 2.

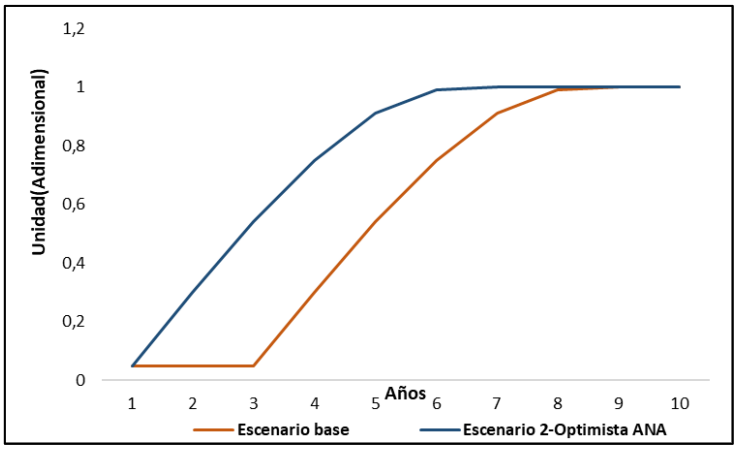
Tabla 5- 3: Parámetros y valores Iniciales Escenario 2 optimista ANA

Valores iniciales	Caso Facultad de Minas Universidad Nacional	Estado
Capacidad de I+D	3	Estable
Capacidad de PI	2	Estable
Capacidad de marketing tecnológico	1	Estable
Presupuesto inicial	$67.550.000.000	Estable
Reinversión	45%	Estable
Entradas docentes	1	Estable
Docentes investigadores	125 personas	Estable
Salida Docentes	2	Estable
Entrada estudiantes	291	Estable
Estudiantes de posgrado	891 personas	Estable
Salidas estudiantes	168	Estable
Spin-off	0 Spinoff	Estable
Licenciamientos	2 licenciamientos	Estable
Consultorías y asesorías	300 consultorías	Estable
Aprendizaje	0,05	Estable
Tiempo aprendizaje	1 año	Modificado

Fuente: elaboración propia a partir de consulta expertos y revisión de literatura

Como resultado de la implementación de las políticas del escenario 2, la acumulación del aprendizaje y su aceleración del proceso de TCT para la Facultad de Minas comparado con los resultados del escenario base, se muestra en la Figura 5- 9.

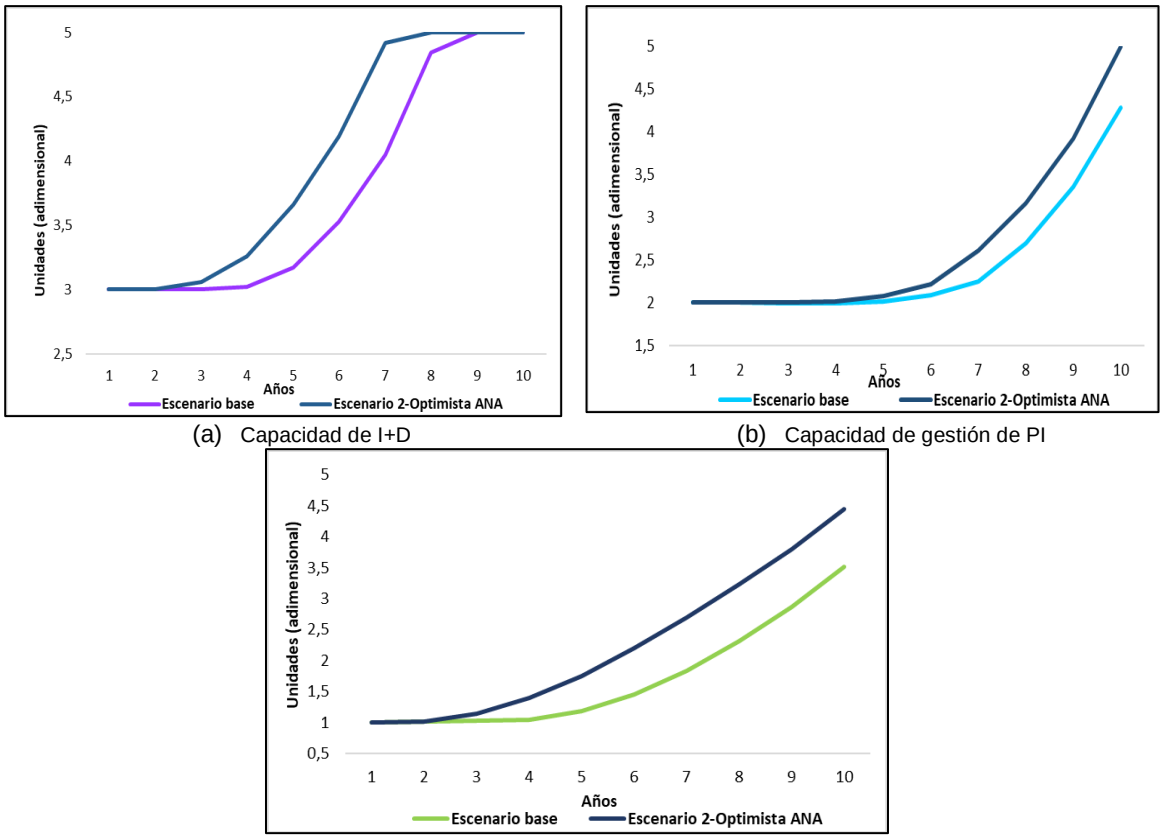
Figura 5- 9 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel de aprendizaje y experiencia del proceso de TCT acumulado"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

En cuanto a la comparación de la acumulación de capacidades de TCT del escenario 2 optimista ANA frente al escenario base presentada en la Figura 5- 10, se tiene que, la Facultad alcanza en sus capacidades de I+D y de gestión de PI, el valor máximo de 5 muy rápidamente en comparación con el escenario base. La primera, lo hace en el año 8 y la segunda, en el año 9 de la simulación. El comportamiento de la capacidad de I+D se evidencia en la fase de obsolescencia y para la capacidad de gestión de PI se observa que se encuentra en la fase de rápido crecimiento. De la misma forma, para la capacidad de marketing tecnológico hubo un incremento del nivel a 4,5, lo que pronostica un alto grado de competitividad para la Facultad en cuanto a los trámites y negociaciones para la protección de los activos de conocimiento. El comportamiento de esta última capacidad se encuentra en etapa de madurez.

Figura 5- 10 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel de capacidades de TCT acumulado"



(a) Capacidad de I+D (b) Capacidad de gestión de PI

(c) Capacidad de marketing tecnológico

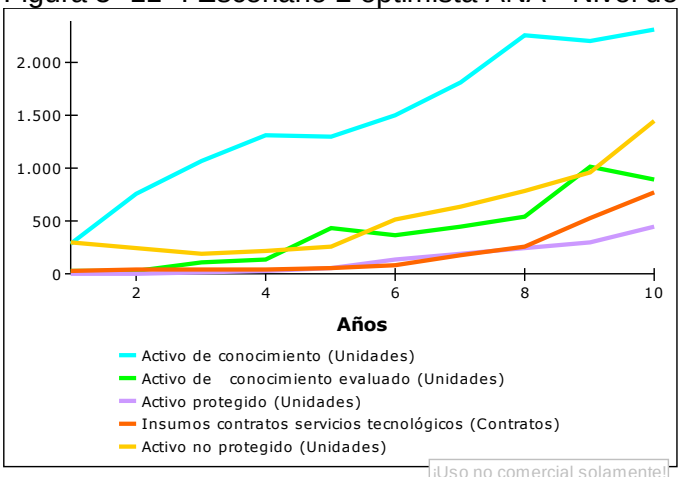
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

La Figura 5- 11 presenta el resultado de la simulación del escenario 2 optimista ANA, allí se observa el nivel acumulado en cada una de las etapas del proceso de TCT, puede observarse que hay una leve disminución en el nivel acumulado de las primeras etapas (activos de conocimiento y activos de conocimiento evaluados), pero para las últimas tres etapas (activos protegidos, activos no protegidos e insumos de contratos de servicios tecnológicos) el aumento es significativo como consecuencia de la variación (aumento) de los niveles de las capacidades

Lo anterior, se puede explicar según lo argumentado por Hoang y Rothaermel (2010), al indicar que cuando una organización posee capacidades (alcanza el nivel máximo de capacidad), estas se han adquirido mediante una exploración interna y externa; luego,

busca aprovechar esas capacidades al máximo, mediante la explotación interna y externa. De allí, que cuando se combinan la exploración externa con la explotación interna, hay un efecto negativo de obsolescencia en las capacidades, debido a que la organización realiza un mayor esfuerzo, inversión y concentración en consolidar el beneficio de lo aprendido, desatendiendo la posibilidad de seguir aprendiendo otros conocimientos o incluso ser propensa a aplicar mal el aprendizaje reflejado en la capacidad. De este modo, en esta transición de la Facultad de Minas por explotar el conocimiento generado y la tecnología desarrollada a través de las capacidades de I+D y gestión de PI alcanzadas con un nivel de acumulación 5 en este escenario, refleja un menor desempeño en las etapas iniciales del proceso de TCT a causa de dicha obsolescencia, pero un mejor rendimiento en las últimas etapas del proceso.

Figura 5- 11 ": Escenario 2 optimista ANA - Nivel de etapas de TCT acumulado"

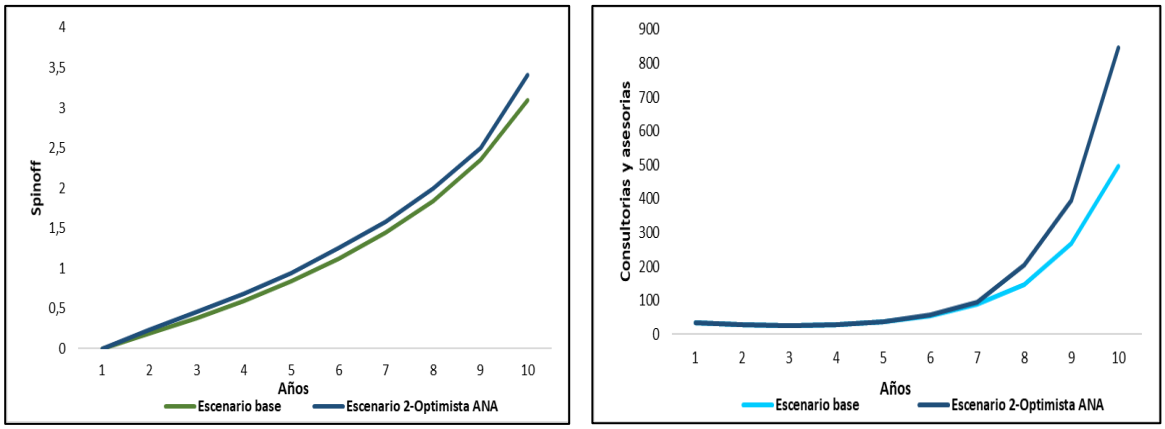


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

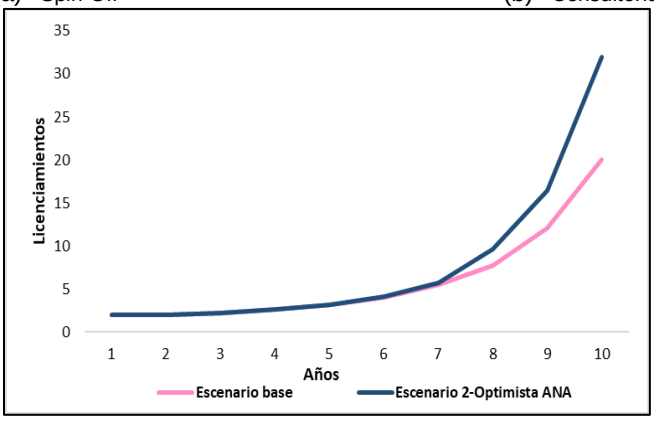
A la par, el efecto que tiene la implementación de esta medida sobre la cantidad acumulada en los mecanismos de transferencia resulta significativo con respecto a los efectos del escenario base, como se visualiza en la Figura 5- 12, ya que hay un incremento para las *spin-off* de 3,4, lo cual indica una acumulación de esfuerzos, actividades y trámites para la creación de una nueva empresa que por el límite del horizonte de tiempo no se logra concretar. Para las consultorías y asesorías hay una gran acumulación de activos estimada en 684. En cuanto a los licenciamientos también se nota como se obtiene un valor

acumulado de 34 de estos contratos. Los comportamientos del nivel acumulado de las tres gráficas del nivel de acumulación continúan con el comportamiento exponencial creciente para los licenciamientos y las consultorías y asesorías, según el modo de referencia de la sección 4.6.2. Para la formación de las *spin-off* se sigue la tendencia lineal también descrita en la misma sección de referencia.

Figura 5- 12 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel de mecanismos de transferencia (*spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías) acumulado”



(a) Spin-Off (b) Consultorías y asesorías



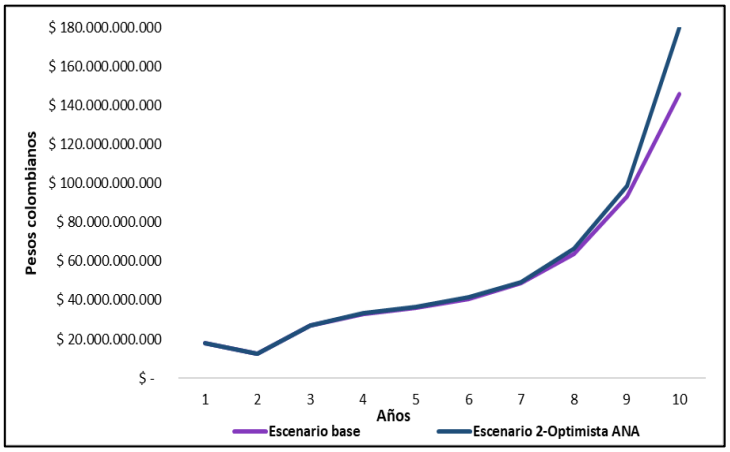
(c) Licenciamientos

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Así, para las ventas generadas por los mecanismos de transferencias realizados, en la Figura 5- 13, se muestra las ventas acumuladas bajo las condiciones del escenario 2 y comparados con los resultados de ventas obtenidas en el escenario actual, destacándose

un aumento importante con respecto al escenario base. En valor acumulado corresponde a $179.990.512.026.

Figura 5- 13 ": Comparación Escenario base vs Escenario 2 optimista ANA - Nivel ventas de transferencia acumulado"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

5.5. Escenario 3- Pesimista PDE

Por otro lado, la producción científica y los resultados de investigación dependen de los docentes dedicados a estas actividades y de los estudiantes de posgrado. En este sentido, se quiso saber que efecto tenía una caída en las matrículas de posgrado al mismo tiempo que un bajón de docentes dedicados a investigar sobre las capacidades de TCT, las etapas del proceso y los mecanismos de transferencia. Este escenario se denomina baja producción entre docentes y estudiantes- PDE.

De acuerdo con la Asociación Colombiana de Universidades-ASCUN (2020), actualmente hay una tendencia decreciente en el número de matrículas de estudiantes en las universidades colombianas que comenzó en el año 2018. Entre las razones de esta problemática se atribuye la falta de financiamiento del programa, alternativas de estudio en instituciones extranjeras de alta calidad a bajo costo, percepción de planes de estudio obsoletos y a los cambios demográficos que ha sufrido la población. En ese orden de ideas, ha existido otra preocupación por parte de la planta docente acerca de la participación de

estos en actividades investigativas con miras a la comercialización y explotación de los activos generados lo que ha provocado que muchos de ellos se abstengan de este proceso. Con las condiciones de este escenario se observa también que los docentes en ocasiones no están interesados en el proceso de TCT, porque no reconocen que exista formalmente, por desconocimiento de los beneficios potenciales, por la percepción del docente en que las etapas del proceso son tediosas o difíciles y porque no sienten suficiente incentivo. Con lo anterior, en la Tabla 5- 4 se detallan los valores iniciales tenidos en cuenta para la simulación del escenario 3.

Tabla 5- 4: Parámetros y valores Iniciales Escenario 3 Pesimista CDE

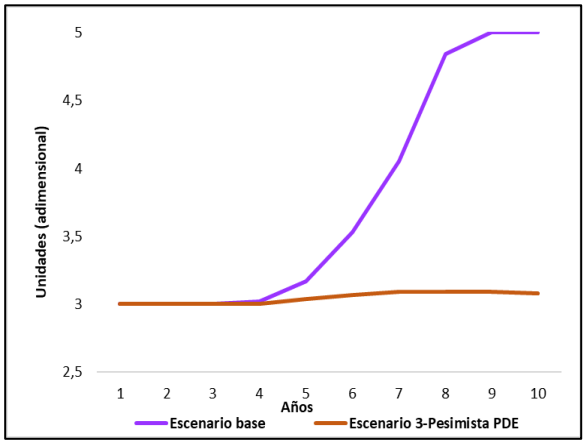
Valores iniciales	Caso Facultad de Minas Universidad Nacional	Estado
Capacidad de I+D	3	Estable
Capacidad de PI	2	Estable
Capacidad de marketing tecnológico	1	Estable
Presupuesto inicial	$67.550.000.000	Estable
Reinversión	45%	Estable
Entrada Docentes	1 personas	Estable
Docentes investigadores	125 personas	Estable
Salida Docentes	20 personas (+10% de la salida actual)	Modificado
Entrada estudiantes	100 personas (-34% de la entrada actual)	Modificado
Estudiantes de posgrado	891 personas	Estable
Salida estudiantes	168	Estable
Spin-off	0 Spinoffs	Estable
Licenciamientos	2 licenciamientos	Estable
Consultorías y asesorías	300 consultorías	Estable
Aprendizaje	0,05	Estable
Tiempo aprendizaje	2 años	Estable

Fuente: elaboración propia a partir de consulta expertos y revisión de literatura

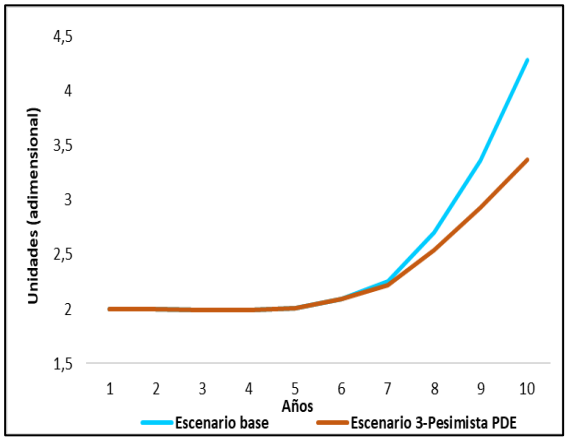
Los resultados arrojados por la simulación del escenario 3 pesimista CDE describen una disminución de los niveles de las capacidades de TCT, especialmente para la relacionada con la de investigación y desarrollo la cual tiene un comportamiento de “S” en declive pues, aunque no se observa fácilmente por la escala, hay un crecimiento inicial muy pequeño que alcanza un valor máximo de 3 (por el número de docentes y estudiantes acumulados en escenario base) y luego una gran caída (cuando aumenta el flujo de salida de docentes y disminuye el de ingreso de estudiantes de posgrado). Para las capacidades de gestión de propiedad intelectual y de marketing tecnológico el comportamiento en “S” indica estar la fase inicial además de alcanzar niveles máximos de 3,3 y de 3,4 respectivamente, en el año

10 (2029) de la simulación. La Figura 5- 14 expone comparativo de los resultados del escenario base y los obtenidos con la implementación del escenario 3 pesimista CDE.

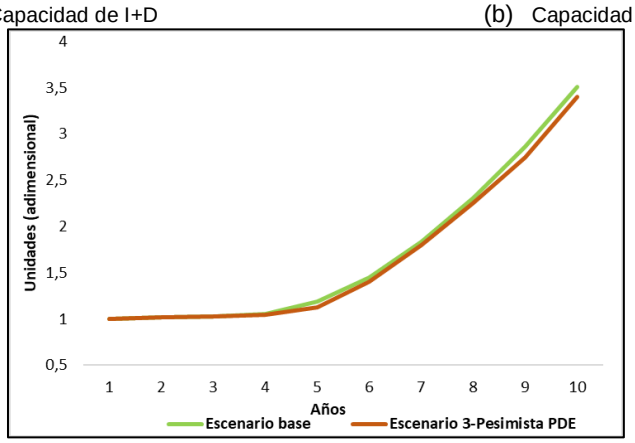
Figura 5- 14 ": Comparación Escenario base vs Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel de capacidades de TCT acumulado"



(a) Capacidad de I+D



(b) Capacidad de gestión de PI



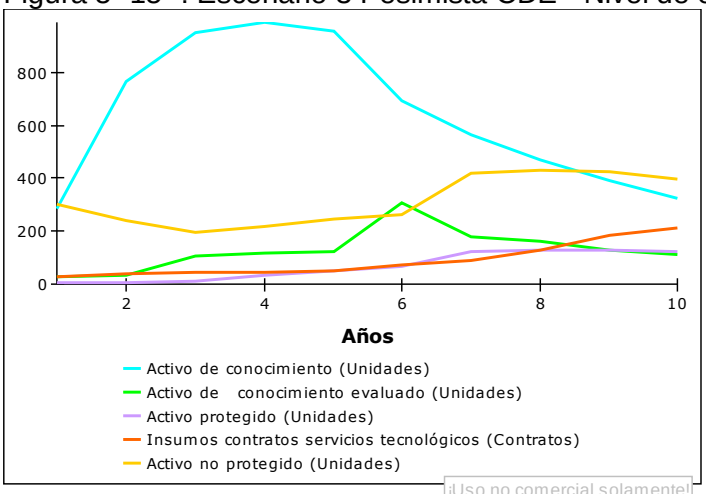
(c) Capacidad de marketing tecnológico

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Bajo las condiciones de simulación planteadas en el escenario 3 pesimista CDE, se observan una disminución significativa con respecto a la acumulación de activos de conocimiento en cada una de las etapas de TCT (ver Figura 5- 15) como consecuencia de la disminución de los niveles acumulados de las capacidades. Es decir que los niveles iniciales de a las capacidades en condiciones actuales de la Facultad en los primeros 5 años de la simulación se mantuvo la cantidad de activos acumulados como en el escenario

base, después de este horizonte de tiempo las capacidades disminuyen como consecuencia de no alcanzar el nivel máximo de 5 y de la obsolescencia en cada una.

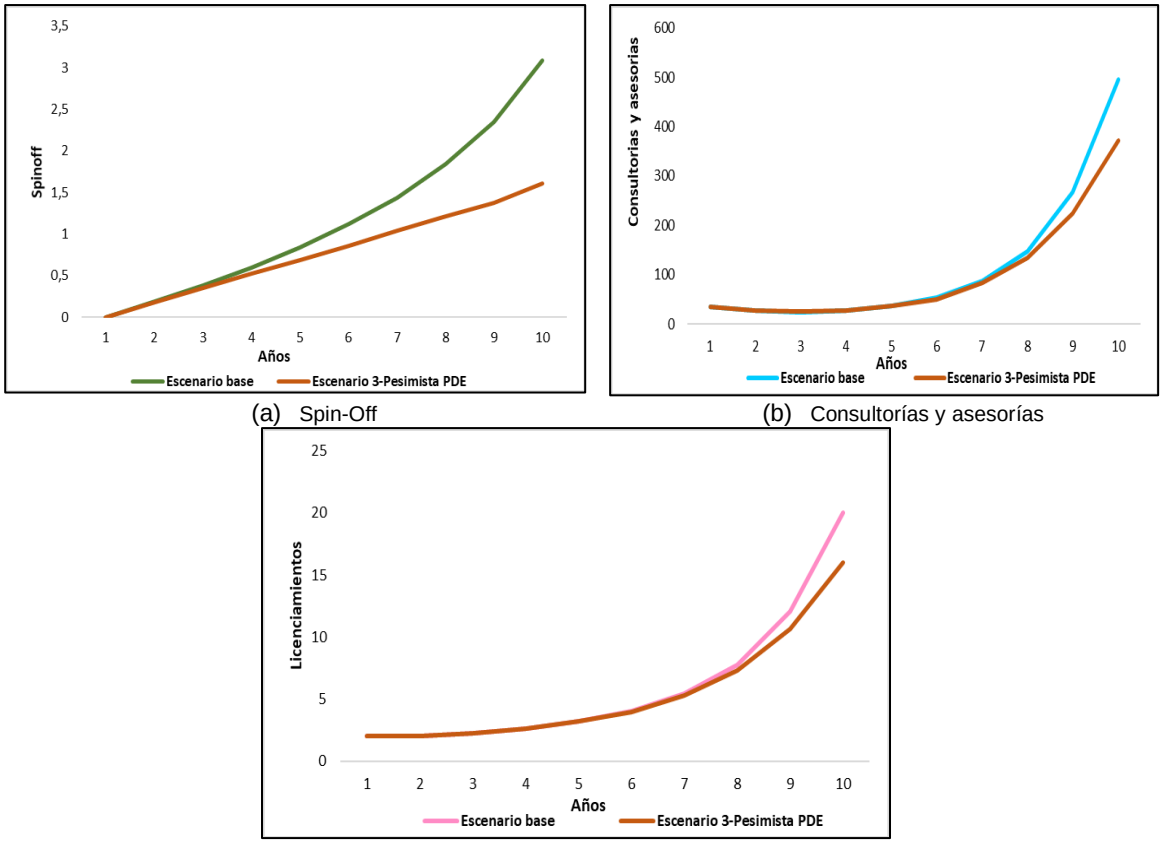
Figura 5- 15 ": Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel de etapas de TCT acumulado"



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

En la Figura 5- 16 se observa un decrecimiento significativo en la transferencia de resultados de investigación al mercado con respecto al escenario base como consecuencia de la modelación bajo las condiciones del escenario 3. Por un lado, el nivel de *spin-off* acumulado es de 1,6 (0,6 de acumulación de esfuerzos para obtener la segunda empresa creada); el nivel acumulado para los licenciamientos disminuye a 15 y el de las consultorías y asesorías a 372. Esto significa que, si no se cuenta con suficientes docentes dedicados a la investigación y estudiantes de posgrados matriculados, se puede dejar de producir conocimiento y por consiguiente disminuir las alternativas de transferirlo

Figura 5- 16 ": Comparación Escenario base vs Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel de mecanismos de transferencia (*spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías) acumulado"



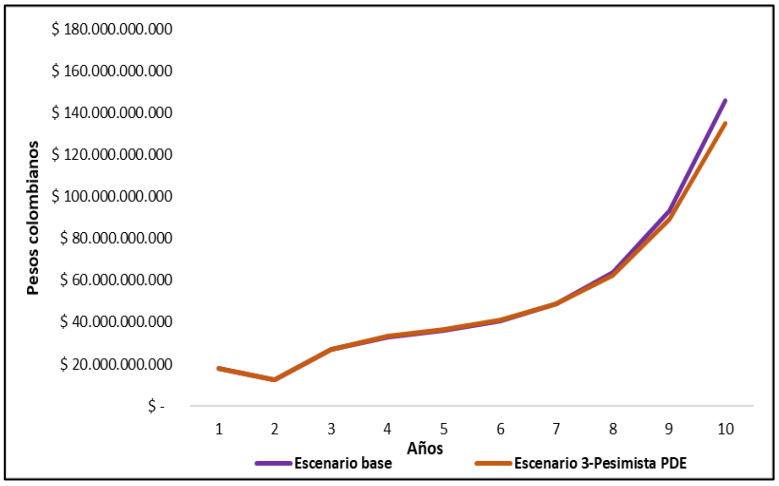
(a) Spin-Off (b) Consultorías y asesorías

(c) Licenciamientos

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Al analizar las ventas generadas por los mecanismos de transferencias realizados en el escenario 3 pesimista CDE frente al escenario base, en la Figura 5- 17, se puede evidenciar que dadas las condiciones del escenario 3 y con base a las disminuciones presentadas en las demás etapas, las capacidades y el aprendizaje o experiencia del proceso de TCT, también se disminuyen los niveles en ventas acumuladas por la transferencia de resultados de investigación al mercado con respecto al escenario actual. En valor total acumulado es de $134.867.031.574.

Figura 5- 17 ": Comparación Escenario base vs Escenario 3 Pesimista CDE - Nivel ventas de transferencia acumulado"

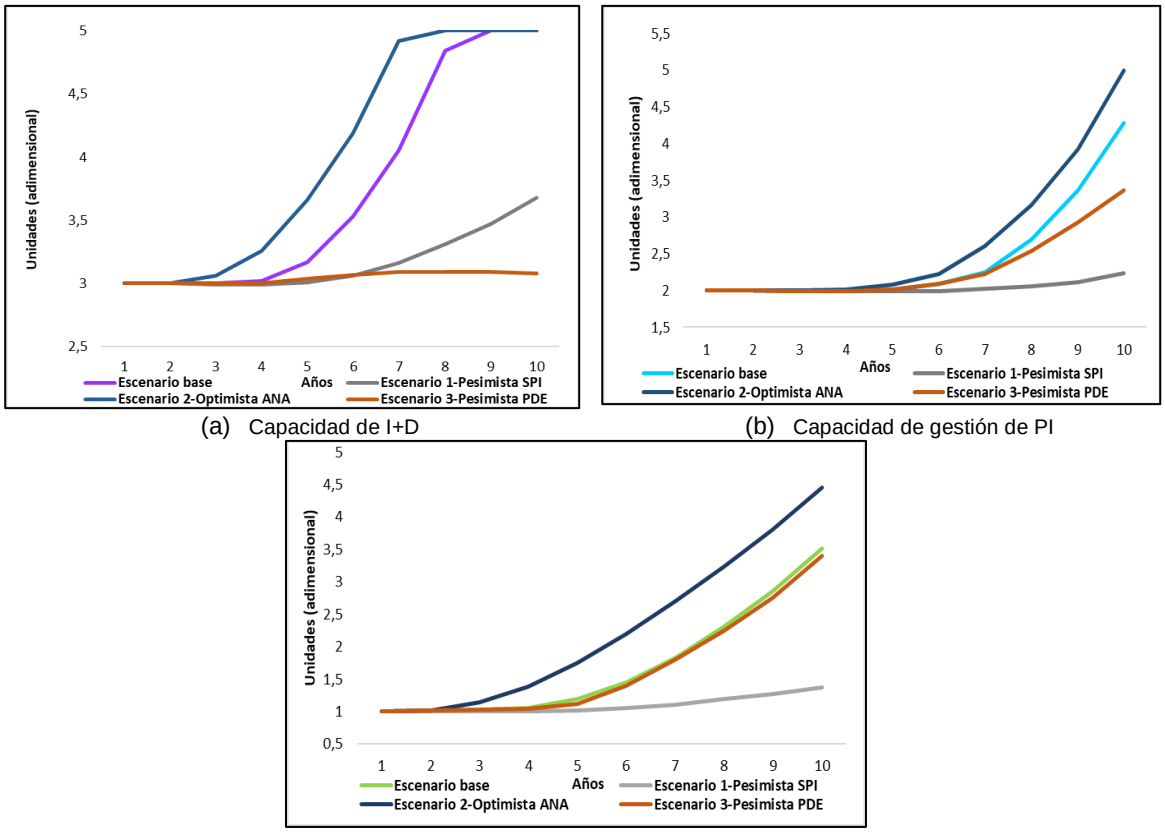


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

5.6. Presentación de resultados de las simulaciones de los cuatro escenarios

Ahora bien, las secciones 5.3, 5.4, 5.5, permiten analizar cada escenario planteado frente al escenario base o problema. En esta sección se pretende analizar al tiempo, los efectos en las variables de estudio de acuerdo con los cuatro escenarios planteados, exponiendo específicamente los comportamientos de las variables: capacidades de TCT, mecanismos y ventas de transferencia y el aprendizaje-experiencia del proceso. En la Figura 5- 18 se puede observar los resultados de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al comportamiento de cada capacidad, para dimensionar los efectos de la variable modificada en cada escenario. En general, todas las capacidades se evidencian sensibles a la falta de presupuesto inicial-SPI (escenario 1 pesimista), al aumento nivel del aprendizaje-ANA (escenario 2 optimista) y a la cantidad de docentes y estudiantes dedicados a investigar CDE (escenario 3 pesimista).

Figura 5- 18 ": Comparación del comportamiento de capacidades de TCT en los cuatro escenarios”



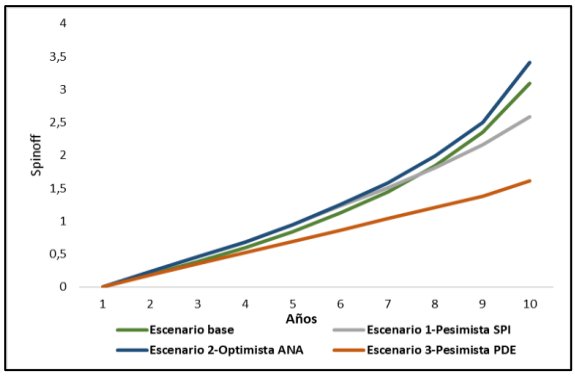
(a) Capacidad de I+D (b) Capacidad de gestión de PI

(c) Capacidad de marketing tecnológico

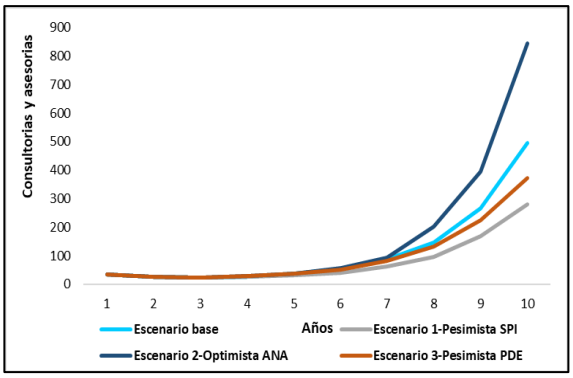
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Para los mecanismos de TCT se desarrolla una prueba de comparación de corridas de simulación que permite establecer cómo afecta la falta de presupuesto inicial-SPI (escenario 1 pesimista), al aumento nivel del aprendizaje-ANA (escenario 2 optimista) y a la cantidad de docentes y estudiantes dedicados a investigar CDE (escenario 3 pesimista) en los niveles de spin-off, consultorías y asesorías y licenciamientos. Los resultados se exponen en la Figura 5- 19.

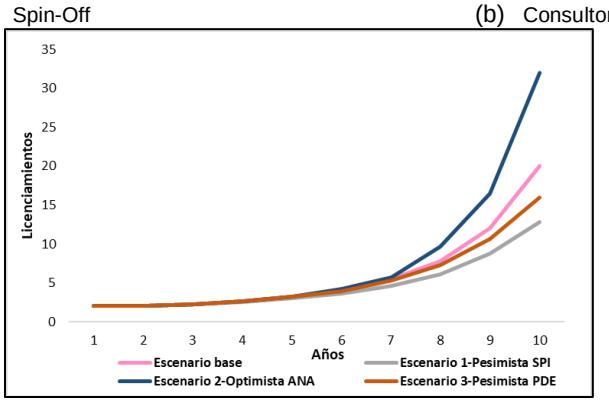
Figura 5- 19 ": Comparación del comportamiento de capacidades de TCT en los cuatro escenarios”



(a) Spin-Off



(b) Consultorías y asesorías

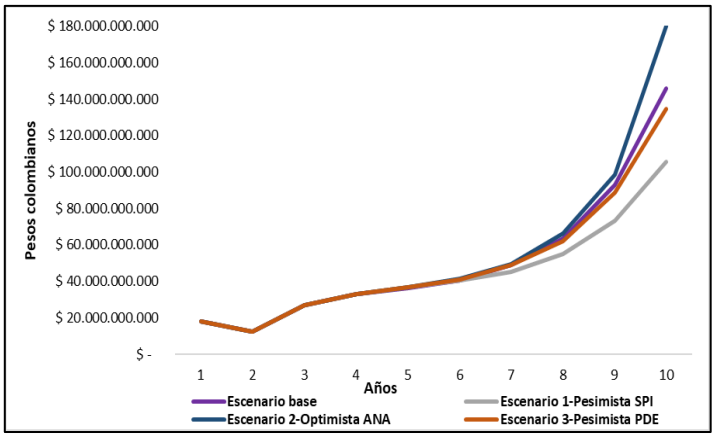


(c) Licenciamientos

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

De igual forma, en la Figura 5- 20 son presentados los resultados de las simulaciones de las ventas por transferencia en los cuatro escenarios, mostrando que hay una variación significativa en los ingresos generados en cada escenario planteado frente al escenario problema. En este sentido, las ventas sufren un crecimiento considerable con relación al escenario base del 23,3% en el escenario 2 optimista ANA, mientras que hay un decrecimiento del 27,3% y del 7,6% en las ventas por transferencia para el escenario 1 pesimista SPI y el escenario 3 pesimista CDE.

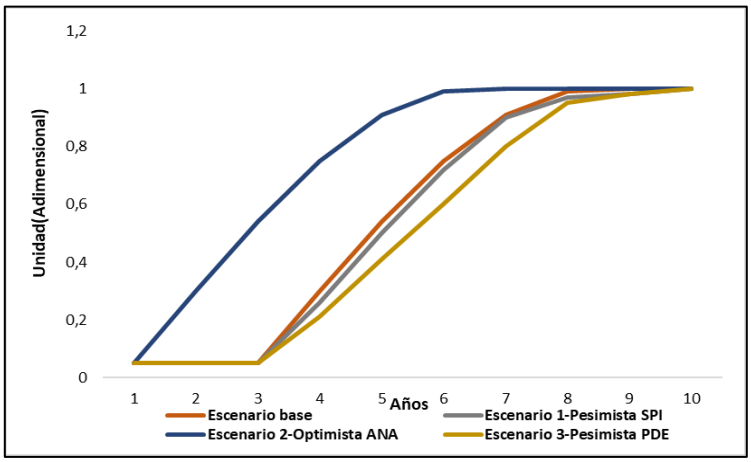
Figura 5- 20 “: Comparación del comportamiento de ventas por TCT en los cuatro escenarios”



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

Finalmente, en la Figura 5- 21 se presentan los niveles de aprendizaje-experiencia en transferencia por escenario con el fin de comparar los resultados de simulación. Se muestra que todos los escenarios tienen comportamientos similares a excepción del escenario 2; sin embargo, se observan diferencias en la acumulación de aprendizaje por cada periodo o años de la simulación, lo que sin duda afectó la acumulación de las capacidades y demás variables de estudio como se detalló en la sección anterior.

Figura 5- 21 “: Comparación del comportamiento de aprendizaje-experiencia TCT en los cuatro escenarios”



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados arrojados por el software PowerSim

5.7. Conclusiones

Con el proceso de construcción del esquema sistémico, se puede concluir que un modelo no puede representar con exactitud la realidad, pero si realiza un acercamiento a esta, con el fin de comprender el fenómeno problema, en este caso el de la transferencia de conocimiento y tecnología al mercado en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, mediante las capacidades de innovación. En este sentido, el modelo permite llevar una trazabilidad del proceso y el comportamiento de las variables (actores y etapas) que allí intervienen y como dicho comportamiento puede verse afectado, por lo cual, los escenarios son herramientas desarrolladas con los cuales se explora el problema, y aunque no se consideran simulaciones de la realidad brindan la oportunidad de buscar alternativas de solución o estrategias para la toma adecuada de decisiones que posibiliten el desarrollo eficiente de las actividades de transferencia de sus activos de concomimiento y tecnología al mercado.

Se observa que, los escenarios presentados para cada una de las situaciones hipotéticas pesimistas u optimistas del modelo trazado, estas se diferencian entre ellas y sus resultados presentan variaciones, permitiendo examinar cuáles escenarios podrían llegar a ser más efectivos en la realidad; es decir, identificar los escenarios que puedan aportar información a tiempo paras elegir estrategias y modificaciones en los parámetros y obtener resultados más positivos en cuanto mayor número de activos generados, evaluados, protegidos, un aumento en los activos convertidos en mecanismos de transferencia y de ventas generadas por estos.

El análisis de los resultados de la simulación del escenario base o cero de la transferencia de resultados de investigación al mercado en la Facultad de Minas, presentan un desempeño bajo acerca del número de *spin-off* y de licenciamientos establecidos, si se compara con el crecimiento y desempeño de otras Universidades colombianas y regionales, con los cuales se comparten capacidades y procesos. Ello, puede atribuirse a la falta de una estructuración formal del proceso, de incentivos de sus actores para lograr mecanismo de transferencia o del desconocimiento de las partes involucradas en la TCT. Además, al intervenir el sistema por medio del aumento del aprendizaje y de las capacidades de TCT, la Universidad Nacional de Colombia, puede ganar mayor participación ante estas

universidades y ser más competitiva y reconocida, no solo por su excelencia en la docencia e investigación sino por su interacción con la industria, al lograr ser más eficiente en generar conocimiento cada vez más útil al mercado que no se quede simplemente almacenado.

6. Capítulo 6. Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro

6.1. Conclusiones

El trabajo desarrollado en esta investigación proporciona reflexiones e inferencias que aportan a la comprensión del sistema de transferencia de conocimiento y tecnología de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, en cuanto al análisis de la interacción entre los investigadores, estudiantes, profesores y la acumulación de capacidades de transferencia. Además, la literatura a menudo se centra en las características y capacidades de los empresarios y organizaciones, por lo que, son menores los estudios que lo abordan desde el punto de vista de las universidades públicas y sus lecciones aprendidas.

Inicialmente, con la realización del análisis bibliométrico, se propuso disminuir el sesgo existente en las opiniones e información subjetiva recolectada, además de proporcionar una visión general y sistemática de la literatura científica, a través de un proceso de búsqueda reproducible y de la utilización de métodos estadísticos y matemáticos para precisar el desarrollo de las disciplinas científicas mediante técnicas de recuento y análisis de la comunicación. Todo lo anterior, permitió responder a las necesidades y preguntas de investigación formuladas previamente para definir las etapas que intervienen en el proceso de TCT.

En cuanto a la literatura revisada y la discusión elaborada en este trabajo, se logró confirmar las problemáticas existentes en el desarrollo de la transferencia de conocimiento y tecnología, en cuanto a la formalidad de un proceso, la identificación de las etapas necesarias, los actores involucrados y las interacciones entre estos. Para esta tesis, se propuso analizar la comprensión de la TCT y los efectos positivos o negativos en el desempeño de la Facultad de Minas en el establecimiento de los mecanismos de transferencia como la creación de empresa *spin-off*, licenciamientos y consultorías y asesorías. Con base en los resultados, con la presencia de un proceso formal que informa sobre las etapas, actores y la interacción de estos se puede concluir que los efectos sobre

la TCT dependen directamente de las características que tengan los activos generados y las capacidades institucionales para la transferencia, es decir, la forma como la Facultad de Minas aprende a realizar las actividades necesarias para llegar a la transferencia, puede mejorar las capacidades para competir o colaborar con otras universidades y con el entorno, para la exitosa aplicación del conocimiento desarrollado al mercado.

Esta tesis evidenció también que, existen problemas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, para identificar con precisión el tipo de conocimiento que puede ser transferido, cual es el mecanismo más adecuado, a quién puede transferirse, y qué procesos deben seguirse al interior de la Universidad para determinar el impacto y la aplicación del conocimiento obtenido en actividades investigativas, formativas y de extensión. Por consiguiente, era necesario identificar los actores, vínculos e interacción entre las partes implicadas en la transferencia; es por esto, que la revisión de literatura mediante el análisis bibliométrico permitió la descripción de las tendencias investigativas de la transferencia de resultados de investigación en las Universidades y caracterizarla, a partir de capacidades propias del proceso, realizando una revisión de modelos y estudios establecidos en instituciones académicas no solo a nivel nacional sino en un contexto global, en cuanto a tres capacidades específicas: capacidad de investigación y desarrollo, capacidad de gestión de la propiedad intelectual e industrial y la capacidad de marketing tecnológico; a los actores principales investigadores, la industria y el Estado; y las etapas del proceso: activos de conocimiento, activos evaluados, activos protegidos, activos no protegidos, insumos de contratos de servicios tecnológicos y los mecanismos de transferencia como *spin-off*, consultorías y asesorías y licenciamientos.

Este modelo de simulación sobre la TCT, fue validado con la aplicación de pruebas comunes como la de condiciones extremas, de consistencia dimensional y de comportamiento, de comparación con información real; asimismo, se refuerzan los resultados de las pruebas de validación con las opiniones de expertos y conocedores del proceso, obteniendo resultados satisfactorios, con lo cual se pudo proceder a

diseñar y analizar los escenarios que permiten alcanzar conclusiones útiles sobre la participación del sistema de generación de conocimiento en la industria y la definición de estrategias que mejoren el relacionamiento entre la Universidad y la Empresa para la transferencia.

La simulación de escenarios sirvió para identificar las características y combinaciones, que podrían potenciar la acumulación de activos de conocimiento y tecnología, de aprendizaje del proceso y de las capacidades de transferencia tecnológicas en la Facultad de Minas y la Universidad Nacional en la Sede Medellín. A su vez, se pudo evaluar la relación de causa-efecto que tienen los activos de conocimiento acumulados en las etapas y las capacidades sobre los resultados en la creación de *spin-off*, de las consultorías realizadas y de los licenciamientos establecidos. Así pues, con la simulación del escenario 2 se obtuvo un incremento del 11,76% para las *spin-off*, del 28,07% para las consultorías y asesorías y del 35,48% para los licenciamientos, lo que también se vio reflejado en los ingresos por ventas de la transferencia con un incremento del 35,48%, con respecto a los resultados arrojados por el escenario base. Dicho resultado, fue el mejor valor obtenido durante la simulación de los escenarios; sin embargo, constituye un escenario optimista que no se asemeja a las condiciones actuales de la Facultad en cuestión del aprendizaje, debido a las dificultades para reconocer la existencia del proceso, carencia de estrategias institucionales para el incentivo de docentes dedicados a investigar, baja cultura y acciones para el fortalecimiento de las actividades de I+D, poca acumulación en algunas etapas como la de activos evaluados y protegidos y los bajos niveles en las capacidades de la TCT, en especial, para la de gestión de PI y de marketing tecnológico.

6.2. Recomendaciones

La complejidad del entorno académico y de las empresas, y las limitaciones en la medición de datos de entrada a este modelo, se presentan como parte de las principales dificultades en el desarrollo de esta investigación. Ello, significó, la construcción de supuestos con base

en criterio de expertos, los cuales fueron evaluados en el proceso de validación de la estructura y comportamiento del sistema.

Se recomienda para la utilización de este modelo de TCT, revisar cuales serían las condiciones necesarias para disminuir la diferencia entre los activos de conocimiento generados y los realmente transferidos, en este orden de ideas, contemplar también, el papel de las capacidades y el impacto cuando estas alcanzan el máximo nivel de 5, puesto que, se requiere de estrategias para ejercitar las actividades aprendidas de tal manera que no haya obsolescencia desmedida de las capacidades.

Es factible estudiar las dinámicas e interacciones entre los principales parámetros que afectan el proceso de transferencia, como lo son, el presupuesto inicial para el proceso, la reinversión de las ventas por transferencia en el proceso, el aprendizaje de las capacidades, el número de estudiantes de posgrado y los docentes dedicados a investigar, puesto que estos se evidenciaron como variables sensibles, además de estar estos parámetros respaldados por la literatura, lo que refleja la importancia de su estudio con el fin de potencializar la eficiencia del proceso de TCT.

Realizar estudios cuantitativos y cualitativos que permitan evidenciar entre cada uno de los actores de la TCT, no solo desde la Universidad sino desde la perspectiva del Estado y la Empresa para conocer el nivel acumulación de las capacidades de transferencia tecnológicas y su participación detallada en cada una de las etapas, ello, con el fin de lograr una adecuada articulación entre las partes y permitir un proceso más eficiente en tiempos y recursos.

Se sugiere, desarrollar estudios donde se plantee a las universidades públicas la necesidad e importancia de la transferencia de resultados investigativos al mercado, en el marco de los problemas de desfinanciamiento para continuar operando como institución académica,

en otras palabras, la TCT podría fomentarse para obtener una fuente de financiación alternativa a la del Estado.

Resulta claro que, las organizaciones incluyendo las universidades e Instituciones de Educación Superior-IES, no pueden en ningún momento, disminuir, ni mantener constante la inversión en sus capacidades de transferencia, debido a que esto disminuye o afecta negativamente los niveles de estas capacidades, lo que finalmente, es importantísimo, dado que el conocimiento generado en las universidades es valioso y tiene la posibilidad de resolver los problemas reales de la industria, los cuales, son más importantes que los problemas teóricos. Esto último, sustentado en que las facultades de las universidades deben definir estrategias agresivas de inversión durante su ejercicio investigativo, de tal modo que su acumulación de capacidades tenga una aceleración mayor y así, aportar a la transformación y productividad empresarial, diferenciándose de otras universidades. Finalmente, se recomienda elaborar un análisis de sensibilidad para evaluar la variación de parámetros de interés, dado que este puede ser un ejercicio para definir otros escenarios posibles de simulación.

6.3. Trabajo futuro

Para el mejoramiento del modelo se puede contemplar que se plantearon de manera constante las variables de precio para los ingresos por mecanismos de transferencia, a causa de limitaciones de la información disponible y por facilitar la operatividad del modelo, en este sentido las variables son: precio *spin-off,* precio consultorías y asesorías, y precio licenciamientos. No obstante, estas variables hacen parte de la dinámica de las etapas del proceso de TCT y contribuyen a medir el desempeño de en términos de los mecanismos establecidos, por tanto, para observar cada uno de manera independiente y así comprender su comportamiento estos fueron separados y presentados en el modelo como niveles llamados: *spin-off*, consultorías y asesorías y licenciamientos.

Otro aspecto que podría mejorar el modelo es el del porcentaje de reinversión aplicado a las ventas por transferencias, el cual, se mantuvo constante. Este valor depende directamente del tipo de mecanismos de transferencia llevada a cabo y de los acuerdos

establecidos por las partes al momento de firmar los contratos para las regalías, lo que, demanda un nivel de detalle y de particularidad, que por los objetivos de esta tesis (contribuir a la comprensión del proceso de forma general) no se pudo abarcar.

Se sugiere tener en cuenta que este modelo sólo muestra la perspectiva de la transferencia desde la Universidad; no obstante, puede ser ampliado para contener otros actores importantes y su relacionamiento, como el Estado, las empresas y los centros de I+D donde también se generan activos transferibles.

Con base en la opinión recopilada por los expertos y a la revisión de la literatura, se pudo evidenciar que los procesos de trasladar el conocimiento y tecnología al mercado son evaluados por los grupos de investigación en términos de *inputs*, *outputs* y *outcomes*. Es decir, que los sistemas de medición de la Investigación y Desarrollo se centran en los resultados alcanzados en términos de unidades tangibles, sin tener en cuenta procesos, esfuerzos, alcances e impactos logrados, de tal modo que la sociedad en general no termina valorando realmente la trascendencia de la misión investigativa. Así, investigaciones futuras deben orientarse hacia la medición no solo cuantitativa de los resultados en el proceso de la transferencia sino también cualitativa, como: actividades realizadas, contactos y relacionamientos establecidos, impactos en las etapas, recurso humano, entre otros.

A partir de los resultados de este estudio, se puede evidenciar que trabajos futuros con base a análisis dinámicos y sistémicos obtendrían nuevos resultados más consistentes sobre las etapas, actividades y actores que conducen a la creación de *spin-off*, consultorías y asesorías y licenciamientos utilizando el estudio de los parámetros, los flujos, los comportamientos de las variables y los componentes implicados en el proceso de TCT.

Investigaciones futuras, podrían agregar al modelo de simulación desarrollado, características de especificidad en el modelamiento de las capacidades, como, por ejemplo, para la capacidad de gestión de PI, el número de empleados con formación y experiencia

adecuada por cada tipo de mecanismo de protección de industrial e intelectual. Así, es posible logar, una visión más particular del desarrollo de esta capacidad, asociando de igual forma la capacidad en términos no solo de recurso humano a este modelo sino también de infraestructura disponible y número de quipos para el desarrollo o nivel de la tecnología generada, lo cual es vital para poder encontrar un mercado a donde transferirlo.

Se aclara que, aunque los parámetros y valores iniciales están definidos según expertos del proceso de TCT y del caso de estudio de la Facultad de Minas, el modelo puede ser utilizado como herramienta para analizar y evaluar estrategias para diferentes facultades no solo de la Universidad Nacional de Colombia, sino de otras instituciones académicas con variadas dimensiones y características; esto por la forma en la que se construyó el modelo, pensando en las etapas clave y los resultados obtenidos en estas.

Por último, debido a la industria 4.0 es probable que la tecnología y el uso del internet requieran el análisis de nuevas habilidades y características en las capacidades para el proceso de trasladar los resultados investigativos al mercado. Estas características son especialmente importantes ahora, donde la globalización y la transformación digital requieren identificar las fuentes de diferenciación (activos de conocimiento generados) para brindarle a las compañías una posición sostenible en el mercado global.

A. Anexo Definición de parámetros-Etapas del proceso TCT

Con la intención de medir la acumulación de los valores de los componentes que conforman y condicionan el desarrollo exitoso del proceso de TCT, se seleccionaron un conjunto de variables que afectan de forma directa sobre cada una de las fases de la transferencia de resultados de investigación al mercado presentadas en el diagrama causal y en el modelo de simulación. Cada variable definida tiene asociados otros elementos (parámetros y auxiliares) que permiten su medición. Cabe resaltar, que en algunas dinámicas del modelo se procedió a normalizar para poder realizar operaciones entre variables que tenían diferentes unidades. En la Tabla A- 1 se presentan las variables y parámetros definidos para la dinámica de la acumulación de las etapas del proceso de TCT.

Tabla A- 1: Parámetros y variables-Etapas del proceso TCT

Variable/parámetro	Valor/Unidad	Fuente	Significado
Estudiantes posgrado	891 personas	(Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, 2018)	Valor inicial de estudiantes matriculados de posgrado (Maestría y Doctorado) al año 2018 en la Facultad de Minas.
Estudiantes	291 personas	(Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, 2018)	Parámetro que determina el número de estudiantes por año matriculados en posgrados.
Docentes investigadores	125 personas	Criterio de expertos Facultad de Minas	Valor inicial de docentes en la Facultad de Minas dedicados a investigar
Docentes	1 personas	Criterio de expertos Facultad de Minas	Parámetro que determina el número de docentes que entra anualmente a investigar
Activo de conocimiento	285 unidades	Criterio de expertos Facultad de Minas	Valor inicial de número de artículos, productos de proyectos, entre otros documentos desarrollados por los estudiantes de posgrado y los docentes, los cuales podrían ser transferibles a la industria.
Pérdida	35%	Criterio de expertos Facultad de Minas	Porcentaje aplicado al número total de la producción de activos de conocimiento que se vuelven obsoletos con el paso del tiempo (el conocimiento que deja de ser vigente por lo que podría ser menos aplicable a la industria)
Activos de conocimiento evaluados	32 unidades	Criterio de expertos Facultad de Minas	Valor inicial. Corresponde a los activos de conocimiento que son susceptibles de ser evaluados para saber si pueden ser o no protegidos mediante mecanismo de propiedad intelectual o industrial. Este proceso es primero interno llevado a cabo en la Vicedecanatura de investigación y Extensión y en el CDI (cuando es un desarrollo tecnológico). Luego es un proceso externo de evaluación ante la SIC.
Pérdida I	20%	Propuesto por autora	Esta pérdida está asociada al número de activos que no pasan la evaluación interna, en otras palabras, no se consideran para ser protegidos.
Activos protegidos	9 unidades	Criterio de expertos Facultad de Minas	Valor inicial del nivel de activos que se encuentran protegidos mediante modelos de utilidad, patentes de invención, diseños industriales, entre otros para el año 2019.
Tiempo demora protección	2,5 años	Criterio de expertos (Superintendencia de Industria y Comercio-SIC, s. f.)	Se asume un tiempo promedio de demora o retardo en el proceso de protección industrial que se estima entre los 24 y 30 meses una vez se radica la solicitud ante la SIC.

Pérdida II	30%	Criterio de expertos Facultad de Minas	Porcentaje de pérdida asociada a las solicitudes realizadas ante las SIC que se vencen y de activos de conocimiento que se vuelven obsoletos con el tiempo.
Activos no protegidos	300 unidades	Criterio de expertos	Hace referencia a todos los activos desarrollados que no fueron protegidos en el proceso de evaluación, sin embargo, pueden ser transferidos a la industria bajo la modalidad de consultorías y asesorías.
Porcentaje no_ protegidos	30%	Criterio de expertos Facultad de Minas	Hace alusión a la obsolescencia de los activos no protegidos, es decir lo que con el paso de tiempo también pierden vigencia y posibilidad de ser aplicados al mercado.
Insumos contratos servicios tecnológicos	30 unidades	Criterio de expertos Facultad de Minas	Corresponde al nivel inicial de los insumos de contratos (conformados por activos no protegidos y los activos protegidos) que posteriormente podrán transferirse mediante alguno de los mecanismos (contratos) como: spin-off, consultorías y asesorías y licenciamientos.
Finalización de contratos	35%	Criterio de expertos Facultad de Minas	Este porcentaje corresponde a los activos que se les va venciendo su tiempo de protección (cuando están protegidos) y los que por obsolescencia de conocimiento pierden vigencia para ser transferidos.
-Spin-off porcentaje -Consultorías y asesorías porcentaje -Licenciamiento porcentaje	-1,5% -95% -3,5%	Criterio de expertos Facultad de Minas	Los tres porcentajes (parámetros) son insumos que se convertirán en los mecanismos de transferencia y proceden de dividir los insumos de contratos de servicios tecnológicos obtenidos aplicando un porcentaje para cada uno de las spin-off, consultorías y asesorías y licenciamientos
Spin-off	0 Spinoff	Criterio de expertos Facultad de Minas	Nivel inicial de las spin-off establecidas
Precio Spin-off	2.290.788.110 $/Spinoff	(Montero, 2013)	Parámetro por el cual se calcula las ventas generadas por las spin-off establecidas. Este valor es un promedio de los ingresos por licenciamientos que obtuvo la Universidad de Santiago de Compostela como institución que se consideró en el marco de referencia para el comportamiento de este mecanismo de transferencia.
Consultorías y asesorías	34	Criterio de expertos Facultad de Minas	Nivel inicial de las consultorías y asesorías establecidas
Precio consultorías y asesorías	529.411.764,7 $/consultoría	Criterio de expertos Facultad de Minas	Parámetro por el cual se calcula las ventas generadas por las consultorías y asesorías realizadas. Este valor es un promedio de las ventas por consultorías de los años 2018 y 2019.
Licenciamiento	2	Criterio de expertos Facultad de Minas	Nivel inicial de los licenciamientos establecidas
Precio Licenciamiento	15.641.026 $/licenciamientos	(UdeA, 2018)	Parámetro por el cual se calcula las ventas generadas por los licenciamientos establecidos. Este valor es un promedio de los ingresos por licenciamientos que obtuvo la Universidad de Antioquia como institución también de carácter público.
-Tiempo Spin-off -Tiempo consultorías y asesorías -Tiempo licenciamiento	-3 años -1 años -3 años	Criterio de expertos Propuesto por autora	Los tres tiempos son parámetros que simbolizan el retardo en los ingresos generados para cada mecanismo de transferencia
Ventas transferencia	$18.000.000.000	Criterio de expertos	Corresponde al nivel en el cual se acumulan todos los ingresos por transferencias realizadas al mercado. El valor es el promedio de lo acumulado por la Facultas entre los años 2018 y 2019.
Porcentaje reinversión	45%	Criterio de expertos Propuesto por autora	Es el parámetro que indica el porcentaje que la Facultad reinvierte en el proceso de TCT.
Reinversión acumulada	0	Criterio de expertos Propuesto por autora	Este nivel recopila el dinero que se reinvierte por año en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología

B. Anexo Definición de parámetros-Capacidades de TCT

Las capacidades de TCT se determinaron de acuerdo con los resultados de la revisión de la literatura mediante el análisis bibliométrico y con la consulta a expertos en el tema, lo que permitió agrupar en tres variables, las capacidades de I+D, capacidades de gestión de propiedad intelectual e industrial y capacidades de marketing tecnológico, las nueve capacidades identificadas inicialmente en el capítulo 2. Estas últimas son: capacidad de I+D, capacidad de aprendizaje, capacidad legal, capacidad de asignar recursos y enlace industria, capacidad de fabricación, capacidad de gestionar recursos, capacidad organizacional, capacidad de comercialización, capacidad de planificación estratégica. En la siguiente tabla describen los parámetros y variables definidas para la dinámica de acumulación de las capacidades de TCT.

Tabla B- 1: Parámetros y variables-Capacidades del proceso TCT

Variable/parámetro	Valor/Unidad	Fuente	Significado
Capacidades de I&D	3 (Adimensional)	Criterio de expertos	Valor inicial. Definido en una escala adimensional de 1 a 5, donde se intenta cuantificar la acumulación de las capacidades (esto se hace para subsanar la brecha que aun presenta la literatura en cuanto a la medición cuantitativa de las capacidades de TCT)
Normalización entrada capI&D	0,04 (valor varía de acuerdo con las unidades de entrada)	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre la capacidad de I+D a medida que se van acumulando: docentes, estudiantes, presupuesto total y activos de conocimiento
Normalización entrada capI&D2	0,8	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre la capacidad de I+D a medida que se van acumulando: aprendizaje-experiencia
Capacidad de gestión de PI	2 (Adimensional)	Criterio de expertos	Valor inicial. Definido en una escala adimensional de 1 a 5, donde se intenta cuantificar la acumulación de las capacidades (esto se hace para subsanar la brecha que aun presenta la literatura en cuanto a la medición cuantitativa de las capacidades de TCT)
Normalización entrada CapGestiónPI	0,08 (valor varía de acuerdo con las unidades de entrada)	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre la capacidad de gestión PI a medida que se van acumulando: presupuesto total y activos protegidos.
Normalización entrada CapGestiónPI2	0,8	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre la capacidad de gestión PI a medida que se van acumulando: aprendizaje-experiencia
Capacidad de marketing tecnológico	1 (Adimensional)	Criterio de expertos	Valor inicial. Definido en una escala adimensional de 1 a 5, donde se intenta cuantificar la acumulación de las capacidades (esto se hace para subsanar la brecha que aun presenta la literatura en cuanto a la medición cuantitativa de las capacidades de TCT)
Normalización entrada CapMarketing	(valor varía de acuerdo con las unidades de entrada)	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre la capacidad de marketing tecnológico a medida que se van acumulando: presupuesto total.
Normalización entrada CapMarketing2	0,9	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre la capacidad de gestión marketing tecnológico a medida que se van acumulando: aprendizaje-experiencia

Presupuesto Inicial	$67.550.000.000	(Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia, 2018)	Es un valor promedio de referencia de la inversión que realiza la Facultad por año en actividades de I+D e infraestructura relacionada.
Obsolescencia	0.005 (Adimensional)	Propuesta autora	Tasa de obsolescencia de las capacidades
Aprendizaje-Experiencia Transferencia	0,05 (Adimensional)	Criterio de expertos Facultad de Minas	Factor por el cual se acelera la acumulación de capacidades.
Tiempo aprendizaje	2 años	Criterio de expertos Facultad de Minas	Se asume que el aprendizaje tarda en asimilarse. Este valor es un promedio del tiempo de retardo que depende de los mecanismos de transferencia llevados a cabo.
Normalización mecanismo de transferencia	0,8; 0,9; 0,8 (valor varía de acuerdo con las unidades de entrada)	Propuesta autora	Valor que busca relacionar de manera normalizada el efecto que se tiene sobre el aprendizaje- experiencia a medida que se van acumulando: spin-off, consultorías y asesorías y licenciamientos

Determinación de valores iniciales de capacidad

De acuerdo con Nadler & Tushman (1997), las organizaciones se representan como un sistema abierto, conformado por varios componentes en estados de entradas, transformaciones internas (procesamiento) y salidas, basadas en estrategias que disponen de sus recursos. Por tanto, para la puesta en marcha e implementación de las capacidades es necesario que una organización desarrolle una estrategia bajo las dimensiones de: sistemas técnicos como tecnología-T, recursos humanos-H, esquemas formales-F e informales -I. En otras palabras, las capacidades combinan elementos presentes en estas dimensiones T, H, F e I.

Teniendo en cuenta lo anterior, para determinar el valor de las capacidades se siguió la metodología utilizada para medir capacidades expuesta en el informe Índice Departamental de Innovación para Colombia (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2018) la cual consistía en asignar una calificación a varios criterios (indicadores) pertenecientes a las cuatro dimensiones que conforman las capacidades: informal, formal, humanas y tecnología. Así, se establecieron los criterios presentados en la Tabla B- 2 que constituyen las capacidades de transferencia de resultados de investigación al mercado. Los valores son calificaciones que los expertos asignaron con un porcentaje a las dimensiones que están presentes en cada una de las capacidades (diferenciadas por color).

Tabla B- 2 “: Criterios de calificación para cada capacidad de TCT"

Capacidades	Capacidades de I+D				Capacidades de gestión de PI				Capacidades de marketing tecnológico			
Criterios	**F**	**I**	**T**	**H**	**F**	**I**	**T**	**H**	**F**	**I**	**T**	**H**
Docentes cualificados con Maestría dedicados a la investigación y desarrollo				80%				10%				8%
Docentes cualificados con Doctorado dedicados a la investigación y desarrollo				80%				10%				5%
Contar con infraestructura (laboratorios y espacios físicos) para la investigación y desarrollo			75%				25%				20%	
Utiliza servicios tecnológicos y espacios de otras instituciones para apoyar proyectos de investigación, desarrollo e innovación			70%				30%				48%	
Está formalmente constituida el área de investigación y desarrollo	95%				10%				5%			
Hay un plan de desarrollo del proceso de TCT estructurado	100%				60%				10%			
Cultura orientada hacia la investigación y desarrollo		90%				70%				10%		
Participación y comportamiento colaborativo con personas de otras áreas en los proyectos de investigación y desarrollo		80%				75%				30%		
Personal con experiencia en solicitud de patentes				4%				50%				30%
Personal con formación y experiencia en mecanismos de propiedad intelectual e industrial.				8%				100%				37%
Existe una unidad formal para el proceso de protección de activos de conocimiento (Unidad de Gestión tecnológica)	5%				80%				45%			
Existe un proceso formal y estructurado para llevar a cabo la TCT por parte de los actores	75%				50%				35%			
Uso de software de vigilancia tecnológica y bases de datos		50%				9%				10%		
El estilo de las prácticas administrativas y gerenciales en la Universidad promueve ejercicios TCT		67%				2%				15%		
Inversión en pago y manutención de las solicitudes de patentes y de patentes otorgadas respectivamente.			15%				60%				30%	
Inversión en TIC para las actividades orientadas a la protección de activos de conocimiento.			50%				95%				15%	
Personal con formación y experiencia en negociación								35%				47%
Personal con conocimiento y experiencia en celebrar contratos de servicios								45%				25%
Existen programas y eventos académicos de promoción de conocimiento y tecnología	5%				10%				3%			
Existencia de un comité para la revisión de contratos de servicios tecnológicos en términos de beneficios para las partes involucradas	7%				12%				8%			
Se destinan espacios para publicitar los activos de conocimiento entre los grupos de interés		3%					10%				15%	

Contar con Software y herramientas para la valoración económica de innovaciones con base en el entendimiento de las necesidades de los grupos de interés		5%					12%				5%	
Contacto con otros actores e instituciones para llevar a cabo la negociación		3%				30%				4%		
Relacionamiento con instituciones externas para la preparación del activo como un producto comercializable		9%				20%				3%		
Media de los datos	48%	38%	53%	43%	37%	34%	39%	42%	18%	12%	22%	25%

Luego, los valores de las calificaciones se promedian por capacidad como se observa en la Tabla B- 3.

Tabla B- 3 ": Calificación de las capacidades según criterio de expertos"

Capacidad de TCT	**Calificación total**
Capacidades de I+D	45%
Capacidades de PI	38%
Capacidades de marketing tecnológico	19%

Finalmente, los valores calificados se comparan en la escala adimensional de la tabla para definir el valor inicial de las capacidades de TCT en el modelo. Los valores de 1 a 5 representan la forma en la que se acumulan las capacidades, de esta manera la capacidad de I+D se encuentra en el nivel 3 (Media), la capacidad de gestión de PI en el nivel 2 (Baja) y la capacidad de marketing tecnológico en 1 (Muy baja) en lo que respecta a las condiciones actuales del proceso en la Facultad de Minas.

Tabla B- 4 “: Escala para definir niveles iniciales de las capacidades "

Escala adimensional		**Significado en el modelo**
0	0%	Inexistente
1	0%-20%	Muy baja
2	21%-40%	Baja
3	41%-60%	Media
4	61%-80%	Alta
5	81%-100%	Muy alta

Referencias bibliográficas

Aguilar, S., Ávalos, A. F., Giraldo, D. P., Quintero, S., Zartha, J. W., & Cortés, F. B. (2012). La Curva en S como Herramienta para la Medición de los Ciclos de Vida de Productos. *Journal of Technology Management & Innovation*, *7*(1), 238-249.

AIE-Comité de Automatización de AIE. (2007). " Relación Universidad Empresa : ¿ Oportunidad o Incompatibilidad ?" En *"Relación Universidad Empresa: ¿Oportunidad o Incompatibilidad?"* http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/marzo-07.pdf

Alarcon-Ruiz, C. A., Diaz-Barrera, M. E., Vera-Monge, V. A., Alva-Diaz, C., & Metcalf, T. (2019). A Bibliometric Analysis of the Latin American Research on Stroke 2003–2017. *World Neurosurgery*, *129*, e545-e554. https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2019.05.212

Algañaraz, V. H., & Castillo, G. M. (2018). Teaching And Research At The National University Of San Juan (1994-2015): impact of the incentive program to teachers-researchers and the career of the scientific researcher of CONICET. *Prometeica-Revista De Filosofia Y Ciencias*, *16*, 57-77. https://doi.org/https://doi.org/10.24316/prometeica.v0i16.210

Alpizar-Terrero, M. Á., León-Robaina, R., & Dentchev, N. (2017). Las barreras a la comercialización de los resultados de la investigación en la relación universidad-empresa . Estudio de caso The barriers for commercializing science results in the university- industry relationship . A case study. *Santiago*, *145*, 204-221.

Alvarado-Moreno, F. (2018). El Papel de las Oficinas de Transferencia Tecnológica (OTT) en las Universidades: Una Perspectiva de la Última Década. *Journal of technology management & innovation*, *13*(3), 104-112. https://doi.org/10.4067/S0718-27242018000300104

Angulo, B. (2016). *Factores que limitan la transferencia de tecnología: más allá del resultado de investigación*. Universidad de Antioquia.

Anzola, G. (2017). ¿Valorar la investigación y la calidad de la producción científica sí es pertinente? *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *20*(1), 215-219. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000100001

Aracil, J., & Gordillo, F. (1995). *Dinamica de Sistemas* (A. Editorial (ed.)).

Arango, S., Prado, J. J., & Dyner, I. (2009). Evaluación de políticas públicas para la reducción de la criminalidad en Medellín: una aproximación con dinámica de sistemas. *Ensayos Sobre Política Económica*, *27*(60), 20-109.

Arechavala, R., & Sánchez, C. F. (2017). Las universidades públicas mexicanas: Los retos de las transformaciones institucionales hacia la investigación y la transferencia de conocimiento. *Revista de la Educacion Superior*, *46*(184), 21-37. https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.09.001

Arredondo, F., Vázquez, J. C., & De la Garza, J. (2016). Factores de innovación para la competitividad en la Alianza del Pacífico. Una aproximación desde el Foro Económico Mundial. *Estudios Gerenciales*, *32*(32), 299-308. https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.09.003

Arzabe, J. (2010). *Política tributaria en el Gobierno Municipal de Tipuani patentes municipales*. Universidad Mayor de San Andrés.

Asociación Colombiana de Universidades-ASCUN. (2020). *Universidades ahora tienen menos estudiantes matriculados | Asociación Colombiana de Universidades*. https://ascun.org.co/noticias/detalle/-universidades-ahora-tienen-menos-estudiantes-matriculados-ce6

Astigarraga, E., & Eizagirre, A. (2017). El reto de la tercera Misión-Una Visión desde Mondragón Unibertsitatea. *La cuestión Universitaria*, *9*, 74-87.

Ávila-Toscano, J. H., Romero, I., Saavedra, E., & Marenco-Escuderos, A. (2018). Influencia de la producción de nuevo conocimiento y tesis de postgrado en la categorización de los grupos de investigación en Ciencias Sociales: árbol de decisiones aplicado al modelo científico colombiano. *Revista española de Documentación Científica*, *41*(4), 218. https://doi.org/10.3989/redc.2018.4.1547

Baek, D., Sul, W., Hong, K., & Kim, H. (2007). A technology valuation model to support techno. *R&D Management*, *37*(2), 123-138.

Baglieri, D., Baldi, F., & Tucci, C. (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

Balachandra, R., & Friar, J. H. (1997). Factors for success in r&d projects and new product innovation: a contextual framework. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *44*(3), 276-287. https://doi.org/10.1109/17.618169

Barrantes, A. (2012). Una mirada al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y las ciencias sociales en Colombia, algunos elementos claves para su reflexión. *Revista CIFE*, *14*(20), 107-125.

Becerra, P. (2019). Hacia la construcción de un marco conceptual para las Oficinas de Transferencia Tecnológica Universitarias: exploración de las variables a través de una revisión de la literatura reciente. *Perfiles académicos de posgrado*, *3*(8), 101-121. https://www.researchgate.net/profile/Paulina_Becerra/publication/333520586_Hacia_la_construccion_de_un_marco_conceptual_para_las_Oficinas_de_Transferencia_Tecnologica_Universitarias_exploracion_de_las_variables_a_traves_de_una_revision_de_la_literatura_re

Beltrán, Ó. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura Óscar. *Revista colombiana de gastroenterología*, *20*(1), 60-69. https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10708

Beraza, J. M., & Rodríguez, A. (2010). Factores determinantes de la utilización de las spin-offs como mecanismo de transferencia de conocimiento en las universidades. *Investigaciones Europeas de Direccion y Economia de la Empresa*, *16*(2), 115-135. https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60115-4

Beraza, J., & Rodríguez, A. (2011). *Estructuras de intermediación para la transferencia de conocimiento universitario: las oficinas de transferencia tecnológica*.

Berbegal-Mirabent, J., Sabaté, F., & Cañabate, A. (2012). Brokering knowledge from universities to the marketplace: The role of knowledge transfer offices. *Management Decision*, *50*(7), 1285-1307. https://doi.org/10.1108/00251741211247012

Betancur, A. M. (2015). *Análisis de variables y relaciones en el proceso de difusión de innovaciones aplicado al sector energético*. Universidad Pontificia Bolivariana.

Bradley, S. R., Hayter, C. S., & Link, A. N. (2013). Models and Methods of University Technology Transfer. *Foundations and Trends® in Entrepreneurship*, *9*(6), 571-650. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1561/0300000048

Brandão, B., Rücker, P., & Vonortas, N. S. (2019). Evolution of university-industry collaboration in Brazil from a technology upgrading perspective. *Technological Forecasting & Social Change*, *145*(2019), 330-340. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.001

Burmeister, A., Fasbender, U., & Deller, J. (2018). Being perceived as a knowledge sender or knowledge receiver: A multistudy investigation of the effect of age on knowledge transfer. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, *91*(3), 518-545. https://doi.org/10.1111/joop.12208

Cadavid, L., Awad, G., & Franco, C. J. (2012). Análisis bibliométrico del campo modelado de difusión de innovaciones. *213 estudios gerenciales*, *28*, 213-236. http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v28nspe/v28nspea12.pdf

Caicedo-Asprilla, H. (2019). El análisis de las diferencias en el proceso de transferencia de tecnología entre regiones. *Cuadernos de Administración*, *31*(56), 163-194. https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao.31-56.adpt

Caicedo, H. (2012). Análisis del sistema regional de ciencia, tecnología e innovación del Valle del Cauca. *Estudios Gerenciales*, *28*, 125-148. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=88906087&lang=es&site=ehost-live

Calderon-Garcia, H., & Kolbe, D. (2017). Capacidades dinámicas en el proceso de internacionalización de las empresas de distribución de productos agroalimentarios. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, *16*(2), 5-32. https://doi.org/10.7201/earn.2016.02.01

Camacho, J. A., Becerra, L. E., & Arenas, P. (2009). La transferencia de tecnología en los procesos de investigación de la universidad industrial de santander. *Gerencia Tecnologia Inofrmación*, *8*(21), 23-33.

Cancino, C., Merigó, J. M., Coronado, F., Dessouky, Y., & Dessouky, M. (2017). Forty years of Computers & Industrial Engineering: A bibliometric analysis. *Computers and Industrial Engineering*, *113*, 614-629. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.08.033

Canto, A. M., Blanco, C., & Pazos, P. (2012). Factors impacting technology transfer: The maquiladora industry in Yucatan, Mexico. *62nd IIE Annual Conference and Expo 2012*, 3734-3742.

Carreño, C. (2011). Posgrados sobre desarrollo en América Latina: origen y evolución. *Educación y educadores*, *14*(2), 8.

Castillo-Vergara, M., & Alvarez-Marin, A. (2015). La transferencia de investigación en instituciones de educación superior mediante spin-off. *Actualidades Investigativas en Educación*, *15*(3), 1-23. https://doi.org/10.15517/aie.v15i3.20983

Castillo, F., Gilless, J. K., Heiman, A., & Zilberman, D. (2018). Time of adoption and intensity of technology transfer: an institutional analysis of offices of technology transfer in the United States. *Journal of Technology Transfer*, *43*(1), 120-138. https://doi.org/10.1007/s10961-016-9468-5

Castro, J. M. de, Martins, D., González, R., Dressler, M., & Carvalho, R. B. de. (2013). Fatores determinantes em processos de transferência de conhecimentos: um estudo de caso na Embrapa Milho e Sorgo e firmas licenciadas. *Revista de Administração Pública*, *47*(5), 1283-1306. https://doi.org/10.1590/S0034-76122013000500010

Castro, P. A. (2018). Análisis comparativo de la innovación de las empresas mexicanas y extranjeras en el sector farmacéutico. *Innovaciones de Negocios*, *15*(30), 199-221.

Chadegani, A. A., Salehi, H., Yunus, M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ebrahim, N. A. (2013). A Comparison between Two Main Academic Literature Collections : Web of Science and Scopus Databases. *Asian Social Science*, *9*(5), 18-26. https://doi.org/10.5539/ass.v9n5p18

Chen, J., & McQueen, R. J. (2010). Knowledge transfer processes for different experience levels of knowledge recipients at an offshore technical support center. *Information Technology & People*, *23*(1), 54-79. https://doi.org/10.1108/09593841011022546

Codner, D. G., Becerra, P., & Díaz, A. (2012). Blind technology transfer or technological knowledge leakage: A case study from the south. *Journal of Technology Management*

and Innovation, *7*(2), 184-195. https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000200015
Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R & D. *The Economic Journal*, *99*(397), 569. https://doi.org/10.2307/2233763
Colciencias; Ruta N;, & Tecnova-UEE. (2016). *Hacia una Hoja de Ruta Spin-Off Colombia*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004
COLCIENCIAS. (2016). Niveles De Madurez Tecnológica. En *Colombia Científica: Vol. Anexo 13*. http://innovationsfonden.dk/sites/default/files/societal_readiness_levels_-_srl.pdf
Conde, Y. A., Correa, Z., & Delgado, C. (2010). Aprendizaje organizacional, una capacidad de los grupos de investigación en la universidad pública. *Cuadernos de Administración*, *44*, 25-39.
Ley 1838 de 2017 "Por la cual se dictan normas de fomento a la ciencia, tecnología e innovación mediante la creación de empreas de base tecnológica (Spin-offs) y se dictan otras disposiciones, 1 (2017). http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY 1838 DEL 06 DE JULIO DE 2017.pdf
Cristobal, L. A., Villavicencio, N., Nuñez, D. L., & Luna, L. V. (2017). Factores de transferencia de conocimiento desde la Universidad de Guayaquil hacia el sector empresarial y artesanal. *Revista Publicando*, *4*(11), 319-330.
Cruz, A. (2016). Innovación de Base Científica-Tecnológica desde las Universidades de Iberoamérica. *Journal of technology management & innovation*, *11*(4), 1-4. https://doi.org/10.4067/S0718-27242016000400001
Cubillos, A. R. (2018). Análisis de la política pública de apoyo a los centros de desarrollo tecnológico y de productividad en Colombia. *Colección Académica de Ciencias Sociales*, *5*(2), 60-74.
Dalmarco, G., Dewes, M. de F., Zawislak, P. A., & Padula, A. D. (2011). Universities' intellectual property: Path for innovation or patent competition? *Journal of Technology Management and Innovation*, *6*(3), 159-170. https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000300012
De Labry, A. O., Mendoza, J. Ó., & Mena, L. Á. (2016). Más allá de las revisiones sistemáticas. En *Psicoevidencias*. https://www.psicoevidencias.es/contenidos-psicoevidencias/articulos-de-opinion/77-mas-alla-de-las-revisiones-sistematicas/file
Del Río, A. A., & Cárdenas, B. G. (2018). Dinámica de sistemas: una forma de optimizar la gestión del riesgo. *Revista EAN*, 125-143. https://doi.org/10.21158/01208160.n0.2018.2021
Delgado, C. (2017). *La patente de medicamentos de uso humano y fabricación industrial como instrumento de protección de la innovación : estudio del acuerdo sobre los ADPIC y la Declaración de Doha .* Universidad Complutense.
Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación-Colciencias. (2017). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de invocación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2017*.
Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación-COLCIENCIAS. (2015). *Guía técnica de autoevaluación para el reconocimiento de la unidad de i+d+i de la empresa*. https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reconocimiento/guia-tecnica-autoevaluacion-unidades-idi-v02.pdf

Departamento Nacional de Planeación-DNP. (2018). *Índice Departamental de Innovación para Colombia, 2018*. https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Buscador.aspx

Di Meglio, M. F., & Harispe, A. (2015). Estrategias institucionales de "vinculación universitaria" orientadas al desarrollo local. Refl exiones a partir de un estudio de caso. *Interações (Campo Grande)*, *16*(1), 203-217. https://doi.org/10.1590/1518-70122015117

Díaz, F. J., Díaz, F., & Kerstupp, S. F. (2005). Conocimiento local y tecnología apropiada: lecciones del Alto Mezquital mexicano. *Alteridades*, *15*(29), 9-21.

Donneys, F., & Blanco, B. (2015). La transferencia de tecnología en universidades colombianas. *Apunt. cienc. soc*, *157*(01), 5. https://doi.org/10.18259/acs.2015014

Dueñas, D. M., & Duque, E. J. (2015). Calidad de las relaciones universidad - empresa: un análisis desde el enfoque de marketing relacional en Boyacá. *Pensamiento & Gestión*, *38*, 147-175. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14482/pege.38.7704

ELSEVIER. (2017). *Scopus content coverage guide*. https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0007/69451/0597-Scopus-Content-Coverage-Guide-US-LETTER-v4-HI-singles-no-ticks.pdf

Enríquez, Á. (2013). Nuevas posibilidades y retos para la investigación y el conocimiento en universidades. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, *9*(1), 97-107. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-99982013000100008&lang=pt%5Cnhttp://revistas.usta.edu.co/index.php/Diversitas/article/view/476/426

Etzkowitz, H. (2003). Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university. *Research Policy*, *32*(1), 109-121. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00009-4

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2014). The Endless Transition: A «Triple Helix» of University Industry Government Relations. *Minerva*, *36*(3), 203-208. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2403723

Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Acerca del CDI*. https://minas.medellin.unal.edu.co/cdi/index.php/cdi/acerca-del-cdi

Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Informe de Gestión 2018 Facultad de Minas*.

Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia. (2020a). *Vicedecanatura de Investigación y Extensión: Extensión*. https://minas.medellin.unal.edu.co/vicedecanaturadeinvestigacion/index.php/investigacion-y-extension/extension-menu-vie

Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia. (2020b). *Vicedecanatura de Investigación y Extensión: Investigación*. https://minas.medellin.unal.edu.co/vicedecanaturadeinvestigacion/index.php/investigacion-y-extension/investigacion

Feria, V. H. (2009). *Propuesta de un modelo de transferencia de conocimiento científico-tecnologico para México* [Universidad Politécnica de Valencia]. http://www.ingenio.upv.es/sites/default/files/tesis/t_doctoral-victor_feria.pdf

Feria, V., & Hidalgo, A. (2012). La cooperación en los procesos de transferencia de conocimiento científico-tecnológico en México. Una evidencia empírica. *Revista Innovar*, *22*(43), 145-163.

Fetscherin, M., & Heinrich, D. (2015). Consumer brand relationships research: A bibliometric citation meta-analysis. *Journal of Business Research*, *68*(2), 380-390.

https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.06.010

Filgueiras, M. L., Llanes, M., Castro, M., & Santos, R. (2013). Unitary Harish-Chandra modules over block type Lie algebras B(q). *Journal of Lie Theory*, *23*(3), 166-174. https://doi.org/10.1177/1525740114540202

Florez-Martinez, D. H., & Sánchez-Torres, J. M. (2018). Toma de decisiones basada en conocimiento en organizaciones de I+D+i, identificación de la brecha de investigación. *Revista ESPACIOS*, *39*(19), 1-17.

García-Rodríguez, C. (2016). Las empresas spin-off académicas: herramientas de transferencia científica desde la universidades. *Perspectiva Socioeconómica*, *4*, 126-158. https://doi.org/10.21892/24627593.282

García, J. M., Gualdrón, C. A., & Bolívar, R. (2013). Diseño de un modelo de transferencia "Universidad-Empresa" para la I+D generado por grupos de investigación de la Universidad de Pamplona. *Revista EAN*, *74*, 106-119. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602013000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es

García, J. P., Patiño, M. C., Salazar, O., & Ramírez, E. (2019). *Lineamientos Y Recomendaciones Para El Escalamiento De Los Servicios De Extensión Tecnológica*. https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/archivos-de-economia.aspx

García, J. M., Gualdrón, C. A., & Bolívar, R. (2016). Diseño de un modelo de transferencia Universidad-Empresa, para la I + D generado por grupos de investigación de la Universidad de Pamplona. *Revista EAN*, *74*, 106-119. https://doi.org/10.21158/01208160.n74.2013.739

García, J. M. (2018). *Modelos de simulación: empresariales, medioambientales y sociales* (Juan Martín García (ed.)). https://books.google.com.co/books?id=LN5LDwAAQBAJ&pg=PA24&lpg=PA24&dq=Como+características+diferenciadoras+de+otras+metodologías+puede+decirse+que+no+se+pretende+predecir+detalladamente+el+comportamiento+futuro.+El+estudio+del+sistema+y+el+ensay

García, R. (2017). Patentamiento universitario e innovación en México, país en desarrollo: Teoría y política. *Revista de la Educacion Superior*, *46*(184), 77-96. https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.11.001

Gardner, P. L., Fong, A. Y., & Graham, L. S. (2004). From innovation to enterprise - The role of technology commercialization in sustaining economic growth. *IEEE International Engineering Management Conference*, *1*, 229-233. https://doi.org/10.1109/IEMC.2004.1407110

Gera, R. (2012). Bridging the gap in knowledge transfer between academia and practitioners. *International Journal of Educational Management*, *26*(3), 252-273. https://doi.org/10.1108/09513541211213336

Gilsing, V., Bekkers, R., Bodas, I. M., & van der Steen, M. (2011). Differences in technology transfer between science-based and development-based industries: Transfer mechanisms and barriers. *Technovation*, *31*(12), 638-647. https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2011.06.009

González, J. (2011). Manual transferencia de tecnología y conocimiento Manual de transferencia de tecnología y conocimiento. En *The Transfer Institute* (Edición 2). http://www.negociotecnologico.com/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-transferencia-de-tecnologia-y-conocimiento.pdf.pdf

González, M., & González, G. R. (2013). ¿ Extensión universitaria , proyección social o tercera misión ? una reflexión necesaria. *Revista Congreso Universidad*, *II*(2), 1-11.

González, T. (2009). El modelo de Triple Hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: un análisis crítico. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, *185*(738), 739-755. https://doi.org/10.3989/arbor.2009.738n1049

Govind, M., & Küttim, M. (2016). International Knowledge Transfer from University to Industry : A Systematic Literature Review. *Research in economics and business: central and eastern europe*, *8*(2), 5-25.

Grant, R. M. (2013). The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. En M. H. Zack (Ed.), *Knowledge and Strategy* (pp. 3-23). https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.11.022

Groves, T., & Cuevas, A. (2016). Higher Education Across Europe: Contemporary Missions for Historical Institutions. *Foro De Educacion*, *14*(21), 3-10. https://doi.org/10.14516/fde.2016.014.021.001

Guerrero, M. (2009). Tipología de los contratos de transferencia de tecnología. *Revista la propiedad inmaterial*, *13*, 199-252.

Guerrero, M., & Urbano, D. (2012). Transferencia de conocimiento y tecnología Mejores prácticas en las universidades emprendedoras españolas. *Gestion y Politica Publica*, *21*(1), 107-139.

Hallam, C., Wurth, B., & Flannery, W. (2014). Understanding the system dynamics of the university-industry technology transfer process and the potential for adverse policy creep. *Proceedings of PICMET '14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration*, 1129-1136.

Hamui, A. (2015). La pregunta de investigación en los estudios cualitativos. *Investigación en Educación Médica*, *5*(17), 49-54. https://doi.org/10.1016/j.riem.2015.08.008

Hassan, A., & Jamalludin, Y. (2017). Analysis of success factors of technology transfer process of the information and communication technology. *2016 International Conference on Advances in Electrical, Electronic and Systems Engineering, ICAEES 2016*, 382-387. https://doi.org/10.1109/ICAEES.2016.7888074

Hernández, J. (2017). Capacidades tecnológicas y organizacionales de las empresas mexicanas participantes en la cadena de valor de la industria aeronáutica. *Economía Teoría y Práctica*, *0*(47), 65-98. https://doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/472017/Hernandez

Hervas-Oliver, J. L., Albors-Garrigos, J., de-Miguel, B., & Hidalgo, A. (2012). The role of a firm's absorptive capacity and the technology transfer process in clusters: How effective are technology centres in low-tech clusters? *Entrepreneurship and Regional Development*, *24*(7-8), 523-559. https://doi.org/10.1080/08985626.2012.710256

Higuita, D., Molano, J. H., & Rodríguez, M. F. (2011). Competencias necesarias en los grupos de investigación de la Universidad nacional de colombia que generan desarrollos de base tecnologica. *Innovar*, *21*(41), 209-224.

Hoang, H., & Rothaermel, F. T. (2010). Leveraging internal and external experience: exploration, exploitation, and R&D project performance. *Strategic Management Journal*, *31*(7), 734-758. https://doi.org/10.1002/smj.834

Iglesias, P. P., Jambrino, C., & Peñafiel, A. (2012). Caracterización de las Spin-Off universitarias como mecanismo de transferencia de tecnología a través de un análisis clúster. *Revista Europea de Direccion y Economia de la Empresa*, *21*(3), 240-254.

https://doi.org/10.1016/j.redee.2012.05.004

Iriarte, C. R. (2015). La definición de prioridades como componentes del planeamiento en ciencia y tecnología para la universidad: el caso de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. *Revista Cubana de Educación Superior*, 107-129.

Jaime, A., Lizarazo, M., & Camacho, J. (2016). La Transferencia de Tecnología en Colombia : El Caso de la Universidad Industrial de Santander. *5 Congreso Internacional de Gestión Tecnológica y de la Innovación*, 1-19.

Jasimuddin, S. M., Li, J., & Perdikis, N. (2019). An Empirical Study of the Role of Knowledge Characteristics and Tools on Knowledge Transfer in China-Based Multinationals. *Journal of Global Information Management*, *27*(1), 165-195. https://doi.org/10.4018/JGIM.2019010109

Jiménez, C. N., Maculan, A.-M., Otálora, I., Moreira, R., & Castellanos, O. (2013). Reflexiones sobre los mecanismos de transferencia de conocimiento desde la universidad: el caso de las spin-offs. *ALTEC 2013. XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*, 1-16. https://doi.org/10.13140/2.1.2656.0963

Kalar, B., & Antoncic, B. (2015). The entrepreneurial university, academic activities and technology and knowledge transfer in four European countries. *Technovation*, *36-37*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.11.002

Khiste, G. P., & Paithankar, R. R. (2017). Analysis of Bibliometric term in Web of Science. *International Journal of Library Science and Information Management (IJLSIM)*, *3*(3), 81-88.

Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change*, *76*(6), 849-860. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001

Kwawu, W. W. ., Elhag, T. . T., & Ballal, T. (2010). Knowledge transfer processes in PFI/PPP: Critical success factors. *Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2010 - Proceedings of the 26th Annual Conference*, 839-848. http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861070352&partnerID=40&md5=861cb1c5ac8fa1740fe3b4564844c9de%5Cnhttp://discovery.ucl.ac.uk/1319318/%5Cnhttp://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861070352&partnerID=40&md5=711c304a93112c3fb01e

Lee, A. H. I., Wang, W. M., & Lin, T. Y. (2010). An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry. *Technological Forecasting and Social Change*, *77*(1), 135-150. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.06.002

Lee, S., Kim, B. S., Kim, Y., Kim, W., & Ahn, W. (2018). The framework for factors affecting technology transfer for suppliers and buyers of technology in Korea. *Technology Analysis and Strategic Management*, *30*(2), 172-185. https://doi.org/10.1080/09537325.2017.1297787

Leyva, S. L. (2014). Las universidades en la economía del conocimiento1. *Revista de la Educación Superior*, *43*(170), 153-160. https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.02.006

Liang, T. P., & Liu, Y. H. (2018). Research Landscape of Business Intelligence and Big Data analytics: A bibliometrics study. *Expert Systems with Applications*, *111*(128), 2-10. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.05.018

Lindkvist, C., Juhasz-Nagy, E., Nielsen, B. F., Neumann, H. M., Lobaccaro, G., & Wyckmans, A. (2019). Intermediaries for knowledge transfer in integrated energy

planning of urban districts. *Technological Forecasting and Social Change*, *142*(July 2018), 354-363. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.020

Liu, C., Hou, M.-C., & Chen, C.-H. (2018). Applying Service Design Method to Technology Transfer Process : A Pilot Study. *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1-7. https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436390

Londoño, J. A., Velásquez, S. M., Villa, M. E., Franco, F. de J., & Viana, N. E. (2018). Identificación De Tipos, Modelos Y Mecanismos De Transferencia Tecnológica Que Apalancan La Innovación. *Revista CINTEX*, *23*(2), 13-23. https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/314

López, J. M. (2019). La Transferencia De Conocimiento Como Proceso: De La Universidad Al Sector Educativo. Una Mirada Desde La Pedagogía the Transfer of Knowledge As a Process: From the University To the Educational Sector. a Look From the Pedagogy. *Revista Boletín Redipe*, *8*(3), 19-65.

López, M. del S., Schmal, R., Cabrales, F., & García, C. (2009). Los procesos en un modelo de gestión de patentes universitarias. *Revista Ingeniería e Investigación*, *29*(2), 135-141. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092009000200021&script=sci_arttext

Macías, J. A. (2014). *Propuesta de proceso de TRINV en las IES (privadas) de Medellín, a partir de Capacidades de Innovación*. Universidad Nacional de Colombia.

Macias, J., Valencia, A., & Montoya, I. (2018). Factores implicados en la transferencia de resultados de investigación en las instituciones de educación superior. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *26*(3), 528-540. https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000300528

Martín-Navarro, A., Lechuga, M. P., & Medina-Garrido, J. A. (2018). BPMS para la gestión: una revisión sistemática de la literatura. *Revista española de Documentación Científica*, *41*(3), 213. https://doi.org/10.3989/redc.2018.3.1532

Martínez-Pacheco, B., Vargas-Chaves, I., & Salgado-Figueroa, E. (2018). El contrato de transferencia de tecnología: caracterización. *Revista Brasileira de Direito*, *14*(2), 22-39.

Martínez, J. C. (2016). *Descripción del comportamiento del sistema de gestión del conocimiento en la organización utilizando dinámica de sistemas* [Escuela Colombiana de Ingeniería «Julio Garavito»]. https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/435

Marulanda, C. E., Valencia, F. J., & Marín, P. F. (2019). Principales Obstáculos para la Transferencia de Conocimiento en los Centros e Institutos de Investigación del Triángulo del Café en Colombia. *Información tecnológica*, *30*(3), 39-46. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300039

Marulanda, N., & Montoya, I. (2015). Modelo para gestionar el conocimiento en el sector textil de Medellín, empleando dinámica de sistemas. *Semestre Económico*, *18*(38), 161-190. https://doi.org/10.22395/seec.v18n38a6

Marulanda, N., & Rojas, M. D. (2019). Ética en Instituciones de Educación Superior para la Construcción de Relaciones de Confianza con Grupos de Interés (Stakeholders). *Información tecnológica*, *30*(3), 269-276. https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000300269

Mendoza, Z., Enid, D., & Quintero, S. (2017). Modelos de gestión para la transferencia de los conocimientos en instituciones de Educación Superior. *Revista Ciencias*

Estrategiacas, *25*(38), 441-456.

Merigó, J. M., Pedrycz, W., Weber, R., & De la Sotta, C. (2018). Fifty years of Information Sciences : A bibliometric overview. *Information Sciences journal*, *432*, 245-268. https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.11.054

Miller, K., Mcadam, R., & Mcadam, M. (2016). A systematic literature review of university technology transfer from a quadruple helix perspective : toward a research agenda. *R & D Management*, *48*(1), 7-24. https://doi.org/10.1111/radm.12228

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación-MinCiencias. (2018). *Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* (Número 1602). https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/actores-del-sistema-ciencia-tecnologia-e-innovacion-reciben-reconocimiento

Ministerio de la Ciencia la Tecnología y la Innovación-MinCiencias. (2020). *Transferencia de conocimiento y tecnología | COLCIENCIAS*.

Montero, T. (2013). *La USC ha creado 41 empresas de base científica en once años*. https://www.lavozdegalicia.es/noticia/santiago/2013/03/17/usc-creado-41-empresas-base-cientifica-once-anosemprendedores-empresarios-spin-offuna-joyas-corona-programaun-ecosistema-preparado-transferencia-resultados-sociedad/0003_201303S17C4993.htm

Montoya, D. (2005). Universidad - Empresa. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *7*(1), 3-4. file:///B:/Escritorio/Maestria 2018/referencias-articulos/Universidad empresa.pdf

Montoya, J., & Peláez, L. E. (2013). Investigación formativa e investigación en sentido estricto: una Reflexión para diferenciar su aplicación en Instituciones de Educación Superior. *Entre Ciencia e Ingeniería*, *13*, 20-25.

Morales, M. de la C., Suárez, G., & Pérez, L. M. (2019). El modo 2 de generación de conocimientos científico- tecnológicos y el vínculo universidad-sociedad en el ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplica- das*, *2*(1), 113-118.

Morales, M. E, Sanabria, P. E., & Plata, P. A. (2014). Determinantes de la transferencia de propiedad industrial al sector productivo en universidades públicas colombianas. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, *30*(51), 58-70.

Morales, M. E., Sanabria, P. E., & Caballero, D. (2015). Características de la vinculación universidad-entorno en la universidad nacional de Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, ISSN-e 0121-6805, Vol. 23, Nº. 1, 2015, págs. 189-208*, *23*(1), 189-208. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5189820

Morejón, M. M., & Velázquez, R. (2011). Propuesta de una tecnología para la gestión de la propiedad intelectual en la empresa estatal cubana. *Acimed*, *22*(3), 204-218.

Mount, M., Milewski, S., & Fernandes, K. (2015). Exploring the knowledge complexities of innovation intermediaries: the case of nanotechnology in the UK. *International Journal of Technology Management*, *69*(1), 20. https://doi.org/10.1504/ijtm.2015.071029

Mu, J., Tang, F., & MacLachlan, D. L. (2010). Absorptive and disseminative capacity: Knowledge transfer in intra-organization networks. *Expert Systems with Applications*, *37*(1), 31-38. https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2009.05.019

Munari, F., Rasmussen, E., Toschi, L., & Villani, E. (2016). Determinants of the university technology transfer policy-mix: a cross-national analysis of gap-funding instruments. *The Journal of Technology Transfer*, *41*(6), 1377-1405. https://doi.org/10.1007/s10961-015-9448-1

Nadler, D., & Tushman, M. (1997). *Competing by design : the power of organizational*

architecture (Oxford University Press (ed.)). https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0U0SDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+Nadler+y+Tushman+(1997),+&ots=SGuTH3FMAl&sig=MSAYkRtnqUBk8cbynViHBpnp5yQ#v=onepage&q=Nadler y Tushman (1997)%2C&f=false

Nagles, N. (2007). La Gestión del conocimiento como fuente de innovación. *Revista Escuela de Administracion de Negocios*, *61*, 77-87. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20611495008

Noh, H., & Lee, S. (2019). Where technology transfer research originated and where it is going: a quantitative analysis of literature published between 1980 and 2015. *Journal of Technology Transfer*, *44*(3), 700-740. https://doi.org/10.1007/s10961-017-9634-4

Nonaka, Ikujiro, Takeuchi, H., & Umemoto, K. (1996). A theory of organizational knowledge creation. *International Journal of Technology Management*, *11*(7-8), 833-845. https://doi.org/10.1504/IJTM.1996.025472

Nunes, A. M., & Machado, M. B. (2019). A terminological study about university-society relations : third mission , socioeconomic surroundings and the evolution of the role of academia. *SocArXIv papers*, 1-17. https://doi.org/https://doi.org/10.31235/osf.io/36hkb

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2018). *Indicadores de ciencia y tecnologia Colombia*.

Olarte, M. Á., & Lis, J. P. (2015). Gestión de activos intelectuales y creación de valor. *Administración y Desarrollo*, *45*(2), 190-207.

Olaya, E. S., Berbegal-Mirabent, J., & Duarte, O. G. (2014). Desempeño de las oficinas de transferencia universitarias como intermediarias para la potencialización del mercado de conocimiento. *Intangible Capital*, *10*(1), 155-188. https://doi.org/10.3926/ic.497

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual-OMPI. (2018). *Índice Mundial de Innovación 2018: China se coloca entre los 20 países principales; Suiza, los Países Bajos, Suecia, el Reino Unido, Singapur y los Estados Unidos de América encabezan la clasificación anual*. https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2018/article_0005.html

Ortiz-Reyes, M. de los A., Williams-Tejeda, D. M., Delgado, M., López, J., & Negrón, N. (2018). Cuaderno de investigación en la educación : serie especial de temas especiales. *Centro para Estudios de Educación Superior*, *32*, 30-50.

Osorio, J., Sánchez, J. J., & Borero, C. (2011). Revisión del modelo de comunicación de la innovación en la Universidad Tecnológica de Pereira articulado con el de otras universidades reconocidas. *Sciencia et Technica*, *17*(47), 65-70.

Ozcan, S., Ozyazici, M. S., & Ozerdem, M. B. (2016). Academic performance management policy for changing roles of universities in innovation systems. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology: Technology Management for Social Innovation, Proceedings-PICMET*, 2805-2809.

Padilla-Meléndez, A., & Li, Z. (2017). Knowledge transfer exchange and dynamic Guanxi in Chinese universities. *Tourism & Management Studies*, *13*(4), 55-63. https://doi.org/10.18089/tms.2017.13406 Knowledge

Paniccia, P. M. A., & Baiocco, S. (2018). Co-evolution of the university technology transfer: Towards a sustainability-oriented industry: Evidence from Italy. *Sustainability, MDPI, Open Access Journal*, *10*(12), 1-29. https://doi.org/10.3390/su10124675

Parjanen, S., Melkas, H., & Uotila, T. (2011). Distances, Knowledge Brokerage and Absorptive Capacity in Enhancing Regional Innovativeness: A Qualitative Case Study

of Lahti Region, Finland. *European Planning Studies*, *19*(6), 921-948. https://doi.org/10.1080/09654313.2011.568804

Pedraza, E. M., & Velázquez, J. A. (2013). Office of Technology Transfer at the University as a strategy to promote innovation and competitiveness. Case: Hidalgo State, México. *Journal of technology management & innovation*, *8*(2), 35-36. https://doi.org/10.4067/s0718-27242013000200018

Pérez-hernández, P., & Calderón-martínez, G. (2014). Análisis de los Procesos de Comercialización de Tecnología en Dos Instituciones de Educación Superior Mexicanas Analysis of the T echnology C ommercialization P rocess in T wo Mexican H igher E ducation I nstitutions. *Journal of Technology Management & Innovation*, *9*(3), 196-209. https://doi.org/10.4067/S0718-27242014000300015

Pérez, G., & Tangarife, P. (2013). Los activos intangibles y el capital intelectual: Una aproximación a los retos de su contabilización. *SABER, CIENCIA Y Libertad*, *8*(1), 143-166. file:///C:/UsDialnet-LosActivosIntangiblesYElCapitalIntelectual-5109381.pdf

Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., Fini, R., Geuna, A., Grimaldi, R., Hughes, A., Krabel, S., Kitson, M., Llerena, P., Lissoni, F., Salter, A., & Sobrero, M. (2013). Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university-industry relations. *Research Policy*, *42*(2), 423-442. https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.09.007

Pineda, K., Morales, M. E., & Ortiz, M. C. (2011). Modelos y mecanismos de interacción universidad-empresa-estado: retos para las universidades colombianas. *Equidad y Desarrollo*, *15*, 41-67. https://doi.org/10.19052/ed.193

Porrawatpreyakorn, N., Chutimaskul, W., Quirchmayr, G., & Sodanil, M. (2014). A Knowledge Transfer Framework for Supporting the Transition to Agile Development of Web Application in the Thai Telecommunications Industry. *Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services. ACM, 2013*, 140-148. https://doi.org/10.1145/2539150.2539163

Pugh, R. (2016). Universities and economic development in lagging regions: 'triple helix' policy in Wales. *Regional Studies*, *0*(0), 1-12. https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1171306

Quintero, S., & Giraldo, D. P. (2018). *El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basada en agentes* (E. U. P. Bolivariana & V. Mineducación (eds.)).

Quintero, S., Ruiz, W. L., Giraldo, D. P., Velez, L. M., Marín, B. M., Cubillos, S., & Cárdenas, A. Y. (2019). *Modelo de transferencia de tecnología para las cadenas productivas agropecuarias : Análisis comparativo de las cadenas del café* (Editorial Universidad Pontificia Bolivariana (ed.)).

Redondo, M., León, L., Povedano, F. J., Abasolo, L., Perez-Nieto, M. A., & López-Muñoz, F. (2017). A bibliometric study of the scientific publications on patient-reported outcomes in rheumatology. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, *46*(6), 828-833. https://doi.org/10.1016/J.SEMARTHRIT.2016.12.002

Reilly, N. M. O., Robbins, P., & Scanlan, J. (2019). Dynamic capabilities and the entrepreneurial university: a perspective on the knowledge transfer capabilities of universities. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, *31*(1-3), 243-263. https://doi.org/10.1080/08276331.2018.1490510

Rinaldi, C., Cavicchi, A., Spigarelli, F., Lacchè, L., & Rubens, A. (2018). Universities and smart specialisation strategy. *International Journal of Sustainability in Higher*

Education, *19*(1), 67-84. https://doi.org/10.1108/IJSHE-04-2016-0070

Robledo, J. (2017). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación* (Universidad Nacional de Colombia. (ed.)).

Rodrigues, F., & Carvalho, A. G. (2019). Technology Transfer Capability: development dynamics in higher education institutions. *Brazilian Business Review*, *16*(1), 1-15. https://doi.org/10.15728/bbr.2019.16.1.1

Rodríguez, L. W., & López, M. Á. (2016). Aplicación de Técnicas de Validación de un Modelo de Simulación de Dinámica de Sistemas. Caso de Estudio. *Revista Latinoamericana de Ingenieria de Software*, *4*(4), 187. https://doi.org/10.18294/relais.2016.187-196

Saldías, J. R., & Andalaft, A. (2006). Systems of Control of Gestion, Analisis for Organizations Without End of Gain. *Revista Ingeniería Industrial*, *1*, 61-76. http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3996997&info=resumen&idioma=ENG

Sánchez-barrioluengo, M., & Benneworth, P. (2019). Is the entrepreneurial university also regionally engaged? Analysing the influence of university's structural configuration on third mission performance. *Technological Forecasting & Social Change*, *141*(2019), 206-218. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.10.017

Sánchez, A. E. (2018). *Diseño de una red para la transferencia de conocimientos y resultados de investigación*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Santoro, M., & Gopalakrishnan, S. (2001). Relationship dynamics between university research centers and industrial firms: Their impact on technology transfer activities. *The Journal of Technology Transfer*, *26*(1-2), 163–171. https://doi.org/10.1023/a:1007804816426

Santos, L. de M., Pontes, R. M., Damásio, V. F., & Setenta, I. (2017). The process of knowledge transference: a matter concerning of teaching of psychiatric nursing. *Escola Anna Nery*, *21*(3), 1-8. https://doi.org/10.1590/2177-9465-ean-2016-0356

Secundo, G., Perez, S. E., Martinaitis, Ž., & Heinz, K. (2017). An Intellectual Capital framework to measure universities' third mission activities. *Technological Forecasting and Social Change*, *123*, 229-239. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.013

Secundo, G., Toma, A., Schiuma, G., & Passiante, G. (2018). Knowledge transfer in open innovation. *Business Process Management Journal*, 1-21. https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2017-0173

Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., & Link, A. N. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, *21*(1-2), 115-142. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2003.12.006

Solano, E., Arzola, M., Durán, M., & Chacón, F. (2013). Modelo para transferencia de tecnología en empresas públicas. Caso de estudio: Siderúrgica Alfredo Maneiro SIDOR. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, *3*(10), 23-38. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215028421004

Sterman, J D. (2000). Systems Thinking and Modeling for a Complex World. En Jeffrey J. Shelstad. (Ed.), *Management* (Vol. 6, Número 1). https://doi.org/10.1108/13673270210417646

Sterman, John D. (2018). System dynamics at sixty : the path forward. *System Dynamics Review*, *34*(1), 5-47. https://doi.org/10.1002/sdr.1601

Superintendencia de Industria y Comercio-SIC. (s. f.). *Patentes | Superintendencia de Industria y Comercio*. Recuperado 4 de septiembre de 2019, de http://www.sic.gov.co/patentes

Tapia, L. I., Palomino, M. A., Lucero, Y., & Valenzuela, R. (2019). Pregunta, hipótesis y objetivos de una investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, *30*(1), 29-35. https://doi.org/10.1016/J.RMCLC.2018.12.003

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, *18*(7), 509-533. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z

Testar, X. (2012). *La transferencia de tecnología y conocimiento universidad-empresa en España: Estado Actual, Retos y Oportunidades*. Colección de documentos CYD. https://doi.org/10.13140/2.1.2638.9441

Tkachenko, E., Rogova, E., & Karlik, A. (2017). Transformation of a knowledge management system in the process of educational institutions' merger. En B.-M. J. Berbegal-Mirabent J., Mas-Machuca M., Bastida R., Bastida R., Marimon F. (Ed.), *18th European Conference on Knowledge Management, ECKM* (pp. 981-990). Academic Conferences Limited.

Torres, M. L. (2013). *Impacto Económico y Tecnológico de las Ayudas Públicas a la I+D+i: El Papel de los Recursos y las Capacidades Universidad*. Universidad de Castilla-La Mancha Doctorado.

Universidad de Antioquia- UdeA. (2018). *Proceso Transferencia de conocimiento*. http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/extension/innovacion/transferencia-conocimiento/!ut/p/z1/jdDNDoIwDAfwZ-EJ1pFN53HAwMlgTJngLoaTWaLowfj8EmM8-IH01uT3b5sih1rk-u7mD93Vn_vuOPQ7N9uXhgocxqAyvZ2D2TAhKU-oTAlqHoAt4hBzAgpyTIEbUZW1jqtkFSI3JQ8_isO0_Ahw

Universidad de Antioquia-UdeA. (2018). *Spin off en la UdeA*. http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/extension/innovacion/innovacion-udea/contenido/asmenulateral/spinoff-udea

Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Universidad Nacional de Colombia: Misión y Visión*. http://unal.edu.co/la-universidad/mision-y-vision.html

Universidad Santiago de Compostela-USC. (2019). *Creación de empresas basadas en conocimiento*. https://www.usc.es/es/investigacion/avte/ebt.html

Valencia, A., & Obando, L. (2017). Aproximaciones a la validación en dinámica de sistemas. *Puente (Universidad Pontificia Bolivariana)*, *6*(2), 61-68. https://doi.org/10.18566/puente.v6n2.a06

Valencia, J. D., & Becerra, F. (2010). *Transferencia de conocimiento en los sistemas regionales de innovación*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18426.70080

Vázquez, E. R. (2017). Transferencia del conocimiento y tecnología en universidades. *Revista Iztapalapa*, *83*(38), 75-95.

Vega, J., Manjarrés, L., Castro, E., & Fernández, I. (2011). Las relaciones universidad-empresa : tendencias y desafíos en el marco del espacio Iberoamericano del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, *57*, 109-124. http://www.rieoei.org/rie57a04.pdf

Velásquez, J. D. (2015). Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura. Parte 4. *Dyna*, *82*(190), 9-12. https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.49511

Vila, M. F., Guagliano, M. L., Galante, O., & Arciénaga, A. A. (2013). Transferencia de Tecnologías a una Cooperativa en Argentina: Un Estudio de Caso. *Journal of technology management & innovation*, *8*, 35-36. https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000300018

Vitón, A. A., & Diaz-Samada, R. E. (2019). Algunas consideraciones sobre los indicadores bibliométricos aplicables a la producción científica individual. *Revista Universidad Médica Pinareña*, *15*(2). http://galeno.pri.sld.cu/index.php/galeno/article/view/575

Wei, F., & Limin, X. (2018). Simulation of Knowledge Transfer Process Model Between Universities: A Perspective of Cluster Innovation Network. *Complexity*, *2018*, 1-13. https://doi.org/10.1155/2018/5983531

WIPO. (2017). *Preguntas Frecuentes sobre el PCT*. Preguntas Frecuentes sobre el PCT. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BlQRQv157_QJ:https://www.wipo.int/pct/es/basic_facts/faqs_about_the_pct.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co

Yam, R. C. M., Guan, J. C., Pun, K. F., & Tang, E. P. (2004). An audit of technological innovation capabilities in chinese firms: some empirical findings in Beijing, China. *Research Policy*, *33*(8), 1123-1140. https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2004.05.004

Yuan, C., Li, Y., Vlas, C. O., & Peng, M. W. (2018). Dynamic capabilities, subnational environment, and university technology transfer. *Strategic Organization*, *16*(1), 35-60. https://doi.org/10.1177/1476127016667969

Zapata, D., Fernández, J., Zartha, J., Quintero, S., Gil, A., Valencia, L., Betancur, A., & Botero, J. (2013). *Propuesta metodológica para la medición de capacidades de innovación tecnológica en un grupo de empresas del sector agroindustrial*.