UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria

Caso del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia

Laura Camila Aponte Gutiérrez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria
Caso del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia

Laura Camila Aponte Gutiérrez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Química

Director:

MSc. Carlos Alberto Garzón Gaitán, Universidad Nacional de Colombia

Codirector:

Ph.D. Rubén Darío Sinisterra Millán, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

Línea de Investigación:

Biorrefinación y Biorrefinerías

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

A mi familia por su apoyo constante

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Laura Camila Aponte Gutiérrez

Fecha 17/01/2022

Agradecimientos

Este proyecto contó con valiosos aportes en diferentes ámbitos, los cuales permitieron su desarrollo y culminación. Sin cada contribución, seguramente otro habría sido el rumbo.

En primer lugar, agradezco a los profesores Carlos Garzón y Rubén Sinisterra, por su excelente dirección del proyecto, su apoyo en el desarrollo de este y su permanente disposición a compartir sus conocimientos y experiencias, que no solo permitieron enriquecer la tesis, sino mi desarrollo personal y profesional.

Agradezco a los profesores Gerardo Rodríguez, Iván Darío Gil y Paulo César Narváez por las contribuciones al desarrollo de este trabajo con base en su conocimiento y experiencia en las tecnologías seleccionadas como estudios de caso.

También quiero expresar mi gratitud a Guillermo Lucena de Sika Colombia, Ana María Borda de Medcolcanna, y Francisco Sánchez de Industrias Químicas FIQ, por su contribución y sus perspectivas desde la Industria Química, que permitieron el desarrollo del presente estudio.

Gracias a la Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) por permitirme fortalecer los conceptos y entendimiento sobre la innovación tecnológica y evidenciar la importancia de su promoción en países como los nuestros.

Mi familia y amistades, porque su amor e incondicionalidad han sido indispensables en este camino lleno de altibajos. Gracias una vez más por su apoyo en este ciclo que culmina.

Resumen

Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria
Caso del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la
Universidad Nacional de Colombia

El relacionamiento de la Academia con la sociedad, y las instituciones que la conforman, permite fortalecer el desarrollo económico y social de las naciones a partir del conocimiento y apropiación de tecnologías. Con el fin de contribuir al establecimiento de acciones que promuevan ese relacionamiento, la presente tesis tuvo como objetivo establecer estrategias para adoptar en los procesos de transferencia de tecnología generada en la Universidad a la Industria desde la identificación de la tecnología hasta la etapa previa a la negociación, a partir de un estudio de casos del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia.

Se abordaron principalmente estrategias en torno a la identificación, evaluación y valoración de tecnologías, las cuales se aplicaron a tres estudios de caso de la línea de investigación de bioprocesos, biocombustibles y biorrefinación en diferentes grados de desarrollo: i) sistema piloto de destilación-reacción para la producción de esteres, la cual se puede transferir como *Know-How;* ii) sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente, cuya transferencia se puede realizar a partir de licenciamiento con previo análisis de los beneficios futuros; iii) proceso de secado de flor de cannabis empleando un horno rotatorio que opera a vacío, para la cual se sugiere analizar la oportunidad de protegerla mediante derechos de propiedad intelectual. Las estrategias presentadas se pueden implementar en todo el ciclo de vida de las tecnologías.

Palabras clave: ingeniería química, innovación, propiedad intelectual, relacionamiento Universidad – Empresa, transferencia de tecnología.

Abstract

Strategy for the technology transfer from the Academia to Industry
Study case from the Department of Chemical and Environmental Engineering at Universidad Nacional de Colombia

The relationship between the Academia and society, and its institutions, allows to strength the economic and social development of nations due to knowledge and technologies appropriation. To contribute to this relationship, this thesis aimed to establish strategies to adopt in the transfer processes to the industry of the technologies produced at the University, based on a case study of the Department of Chemical and Environmental Engineering at Universidad Nacional de Colombia.

Strategies about technology identification, evaluation and valuation were mainly addressed. They were tested in three technologies related to bioprocesses, biofuels and biorefining area: i) pilot distillation-reaction system to produce esters, which can be transferred as Know-How; ii) reaction system for producing fatty alkyl esters using a liquid-film reactor operated countercurrent wise, that can be licensed after future benefits analysis; iii) Cannabis flower drying process using a rotary dryer that operates under vacuum pressure, for which is suggested to analyze intellectual property rights to protect the invention. The strategies presented can be implemented throughout the whole technologies life cycle.

Keywords: chemical engineering, innovation, intellectual property, technology transfer, University-Industry partnership.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Abstract ..... **X**

Lista de figuras ..... **XIV**

Lista de tablas ..... **XVI**

Lista de abreviaturas ..... **XVIII**

Introducción **1**

1. Contexto **5**
1.1 Innovación tecnológica 7
1.1.1 Propiedad intelectual 10
1.1.2 Transferencia de tecnología 12
1.2 Relación Universidad – Empresa 15
1.3 Marco institucional y regulatorio en innovación 17
1.3.1 Regulación internacional 19
1.3.2 Regulación regional 22
1.3.3 Regulación nacional 23
1.3.4 Regulación local universitaria 28
1.4 Contexto de la industria química 34
1.4.1 Propiedad intelectual y transferencia de tecnología en el sector químico 37

2. Metodología **41**
2.1 Diseño de la investigación 43
2.2 Preparación y ejecución de recolección de datos 44
2.3 Análisis del estudio de caso 46
2.4 Elaboración de documentos finales 48

3. Identificación de tecnologías del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental **51**
3.1 Valorización de Aceite de Fusel 51
3.2 Biodiésel y Oleoquímica 55
3.3 Cannabis Medicinal 59
3.4 Definición de tecnologías objeto de análisis 63

4. Evaluación de tecnologías **65**
4.1 Valorización de Aceite de Fusel 67

4.1.1 Resumen ejecutivo ... 67
4.1.2 Introducción ... 67
4.1.3 Descripción de la tecnología ... 69
4.1.4 Consideraciones de mercado ... 71
4.1.5 Panorama regulatorio ... 74
4.1.6 Metodología para el análisis técnico ... 76
4.1.7 Análisis de actividad de patentamiento ... 78
4.1.8 Análisis de recursos técnicos adicionales ... 82
4.1.9 Conclusiones ... 82
4.1.10 Referencias ... 83
4.2 Biodiésel y Oleoquímica ... 83
4.2.1 Resumen ejecutivo ... 83
4.2.2 Introducción ... 84
4.2.3 Descripción de la tecnología ... 86
4.2.4 Consideraciones de mercado ... 90
4.2.5 Panorama regulatorio ... 93
4.2.6 Metodología para el análisis técnico ... 94
4.2.7 Análisis de actividad de patentamiento ... 98
4.2.8 Análisis de recursos técnicos adicionales ... 103
4.2.9 Conclusiones ... 103
4.2.10 Referencias ... 104
4.3 Cannabis Medicinal ... 104
4.3.1 Resumen ejecutivo ... 104
4.3.2 Introducción ... 104
4.3.3 Descripción de la tecnología ... 106
4.3.4 Consideraciones de mercado ... 107
4.3.5 Panorama regulatorio ... 109
4.3.6 Metodología para el análisis técnico ... 111
4.3.7 Análisis de actividad de patentamiento ... 115
4.3.8 Análisis de recursos técnicos adicionales ... 118
4.3.9 Conclusiones ... 119
4.3.10 Referencias ... 119

5. Valoración de tecnologías ... 121
5.1 Métodos primarios de valoración de activos intelectuales ... 122
5.1.1 Valoración basada en el mercado ... 122
5.1.2 Valoración fundamentada en los costos ... 122
5.1.3 Valoración por ingresos futuros ... 123
5.2 Valorización de Aceite de Fusel ... 124
5.3 Biodiésel y Oleoquímica ... 126
5.4 Cannabis Medicinal ... 129

6. Estrategia de transferencia de tecnología ... 131
6.1 Resultados de la encuesta sobre transferencia de tecnología entre Academia e Industria ... 131
6.1.1 Contribución de las universidades al desarrollo económico de Colombia ... 132
6.1.2 Tipos de relacionamiento entre Universidad y Empresa ... 134
6.1.3 Productos, resultados e impactos del relacionamiento entre Universidad y Empresa ... 136
6.1.4 Beneficios del relacionamiento Academia-Industria ... 138
6.1.5 Dificultades del relacionamiento Academia-Industria ... 140

6.1.6 Canales para la transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria 142
6.1.7 Fuentes de financiación de proyectos de investigación colaborativos entre universidades y empresas..... 144
6.1.8 Análisis de resultados..... 145
6.2 Consideraciones para la Transferencia de Tecnología..... 147
6.2.1 Valorización de Aceite de Fusel..... 150
6.2.2 Biodiésel y Oleoquímica..... 150
6.2.3 Cannabis Medicinal 151

7. Conclusiones y recomendaciones 153
7.1 Conclusiones..... 153
7.2 Recomendaciones 155

A. Anexo: Selección estudios de casos 157

B. Anexo: Esquema final entrevista para profesores investigadores 161

C. Anexo: Esquema final entrevista para empresarios 167

D. Anexo: Compromiso de confidencialidad 171

E. Anexo: Guía para el desarrollo de evaluaciones de tecnologías 175

F. Anexo: Guía para la fase de valoración de tecnologías 179

G. Anexo: Documento de sustentación privada de Tesis. 183

Bibliografía 199

Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1: Quíntuple hélice de la innovación 6
Figura 2-1: Metodología de la investigación 49
Figura 4-1: Producción mundial de aceite de fusel estimada para el periodo comprendido entre 2015 y 2020 72
Figura 4-2: Mapa semántico de la planta piloto de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo 76
Figura 4-3: Publicaciones de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 14 de la Tabla 4-1 79
Figura 4-4: Solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 14 de la Tabla 4-1 por país 80
Figura 4-5: Análisis temporal de solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 14 de la Tabla 4-1 81
Figura 4-6: Producción de biodiesel en 2019 por país 91
Figura 4-7: Mapa semántico de la producción de alquil esteres grasos empleando reactores de película líquida 95
Figura 4-8: Solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 11 de la Tabla 4-3 por país 98
Figura 4-9: Solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 11 de la Tabla 4-3 por solicitante 99
Figura 4-10: Análisis temporal de solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 11 de la Tabla 4-3 100
Figura 4-11: Análisis temporal de publicación de patentes en Colombia de acuerdo con las ecuaciones de búsqueda No. 12 y 13 de la Tabla 4-3 102
Figura 4-12: Situación legal de cannabis para uso medicinal en el mundo en julio de 2021 109
Figura 4-13: Situación legal de cannabis para uso recreativo en el mundo en julio de 2021 110
Figura 4-14: Mapa semántico del proceso de secado de flor de cannabis medicinal 112
Figura 6-1: Respuestas sobre los tipos de relacionamiento entre Universidad y Empresa 135
Figura 6-2: Respuestas sobre los productos, resultados e impactos del relacionamiento entre Universidad y Empresa 137
Figura 6-3: Respuestas sobre los beneficios del relacionamiento Academia-Industria. 139

Figura 6-4: Respuestas sobre las dificultades en el relacionamiento Academia-Industria 141
Figura 6-5: Respuestas sobre los canales de transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria 144

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1: Caracterización de grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia y del país. 32
Tabla 1-2: Clasificación de grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia por áreas OCDE. 32
Tabla 1-3: Caracterización de investigadores de la Universidad Nacional y de Colombia. 33
Tabla 3-1. Docentes vinculados al estudio de caso sobre valorización de aceite de fusel 52
Tabla 3-2. Trabajos de grado de pregrado y tesis de posgrado concluidos y reportados en CvLAC entre 2000 y 2020 sobre valorización de Aceite de Fusel 53
Tabla 3-3. Artículos científicos publicados entre 2000 y 2020 sobre valorización de Aceite de Fusel 54
Tabla 3-4. Docentes vinculados al estudio de caso sobre Biodiésel y Oleoquímica..... 55
Tabla 3-5. Trabajos de grado de pregrado y tesis de posgrado concluidos y reportados en CvLAC entre 2000 y 2020 sobre Biodiésel y Oleoquímica..... 57
Tabla 3-6. Artículos científicos publicados entre 2000 y 2020 sobre Biodiésel y Oleoquímica..... 57
Tabla 4-1. Ecuaciones de búsqueda para el análisis técnico de la planta piloto de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo 77
Tabla 4-2. Patentes concedidas a la Universidad Nacional de Colombia sobre Oleoquímica..... 88
Tabla 4-3. Ecuaciones de búsqueda para el análisis técnico de la producción de alquil esteres grasos empleando reactores de película líquida 96
Tabla 4-4. Diferencias entre la familia de patentes proveniente de Corea del Sur (KR101554607B1) y la tecnología objeto de estudio (WO 2014/118697 A). 100
Tabla 4-5. Ecuaciones de búsqueda para el análisis técnico del proceso de secado de flor de cannabis medicinal 113
Tabla 4-6. Estado de patentes relacionadas con Cannabis Medicinal en Colombia..... 117
Tabla 5-1. Memoria de cálculo de la valoración del sistema de reacción para la producción de alquil ésteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente a partir del método de ingresos futuros 128
Tabla 6-1. Percepción de los representantes de Academia e Industria sobre la contribución de las universidades al desarrollo económico de Colombia 133

Tabla 6-2. Respuestas sobre fuentes de financiación de proyectos de I+D cooperativos 145

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
ADPIC	Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio
CAGR	Tasa de crecimiento anual compuesto
CAN	Comunidad Andina
CEFIC	*European Chemical Industry Council* (Consejo Europeo de la Industria Química)
CIP	Clasificación Internacional de Patentes
CIPI	Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual
CTeI	Ciencia Tecnología e Innovación
CVLAC	Currículum Vitae de Latinoamérica y el Caribe
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
DIQA	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
DNEIPI	Dirección Nacional de Extensión, Innovación y Propiedad Intelectual
FCTeI	Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación
Fedepalma	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite
I+D	Investigación y Desarrollo
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
Minciencias	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMPI	Organización Mundial de Propiedad Intelectual
PCT	Tratado de Cooperación en materia de Patentes
PLT	Tratado sobre el Derecho de Patentes
RUE	Relación Universidad-Empresa
SGR	Sistema General de Regalías
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
SNCI	Sistema Nacional de Competitividad e Innovación
SNCTeI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
TPP	Innovación Tecnológica de Producto y de Proceso
TRIPS	Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights
TRL	Technology Readiness Level
WIPO	*World Intellectual Property Organization* (Organización Mundial de Propiedad Intelectual)

Introducción

La Universidad Nacional de Colombia es una institución líder en materia de docencia e investigación a nivel nacional y, además, ha establecido estrategias para fomentar la función misional y sustantiva de Extensión, a partir de la cual se promueve la interacción basada en conocimiento con la sociedad, y con las organizaciones e instituciones que hacen parte de ella, para dar respuesta a sus necesidades. Por lo anterior, es imprescindible fortalecer el relacionamiento de la Universidad con la sociedad, el sector productivo, el gobierno, con el fin de compartir el conocimiento, especialmente el nuevo generado, y apropiar las tecnologías, contribuyendo al desarrollo económico y social sostenible del país.

Considerando que, en la Universidad se generan conocimientos y se desarrollan tecnologías, se han establecido acciones para promover la interacción de la Academia con el sector productivo, como una relación estratégica en el desarrollo de innovaciones de base tecnológica. Dentro de las iniciativas de la Universidad Nacional de Colombia, se encuentra la consolidación de áreas administrativas especializadas para el fortalecimiento de la interacción sistemática con la sociedad; normativa que establece los lineamientos e incentivos para fortalecer la función misional de Extensión, la creación de nuevos instrumentos y el desarrollo de eventos para ampliar el conocimiento social sobre la Extensión Universitaria, entre otros.

En este sentido, con el propósito de realizar una contribución al fortalecimiento de acciones para transferir los conocimientos e invenciones a las organizaciones e instituciones de la sociedad, particularmente al sector productivo, la presente tesis tuvo como objeto establecer las estrategias apropiadas a adoptar en el proceso de transferencia de tres productos y resultados de la investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, establecidos como unidades de análisis y definidos por el papel de liderazgo nacional de la investigación

|desarrollada en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia.

La selección de los casos se justifica en que la industria química genera productos y tecnologías presentes en cerca del 95% de los bienes manufacturados en el mundo y, por tanto, la innovación tecnológica en este sector influye directamente en los demás sectores productivos, posicionándose como el primer eslabón de otras cadenas productivas.

La presente tesis está estructurada en seis capítulos, además de la sección de conclusiones y recomendaciones, y anexos fundamentales para el desarrollo de la presente investigación. En el primer capítulo se presentan las bases conceptuales y de contexto que permiten orientar al lector sobre el desarrollo del estudio y la fundamentación teórica y regulatoria sobre el cual se establecen las propuestas en el proceso de transferencia de tecnología. Se enuncian las bases conceptuales sobre innovación tecnológica, propiedad intelectual y transferencia de tecnología de la Academia a la Industria; así como el contexto institucional y regulatorio a nivel internacional, nacional y universitario; y finalmente, información sobre la Industria Química e innovación en este sector.

Posteriormente, en el capítulo dos se describen las etapas metodológicas establecidas para el estudio de casos, a partir de las cuales se establece el procedimiento considerado para establecer y poner en práctica las estrategias en el proceso de transferencia de tecnología. Las etapas establecidas fueron: diseño de la investigación, preparación y ejecución de recolección de datos, análisis, elaboración de documentos finales. Cada una de las etapas se ejecutó en la identificación, evaluación y valoración de tecnologías, y en el planeamiento de la estrategia de transferencia.

En el tercer capítulo se desarrolla la fase de identificación de tecnologías de los estudios de caso o seleccionados, lo cual se realizó a través del análisis de entrevistas semiestructuradas realizadas a profesores y representantes de industria, y de fuentes de información secundarias tales como bases de datos de productos, resultados e impactos de investigación. Como resultado del capítulo se presentan las tecnologías seleccionadas como objeto de análisis para los tres estudios de caso seleccionados y las principales consideraciones en términos de conocimiento base de la tecnología.

En los capítulos cuatro y cinco se desarrollan las evaluaciones y valoraciones (conocidas también como evaluaciones cuantitativas) de las tecnologías desarrolladas, considerando que estas acciones son fundamentales en los procesos de protección y transferencia de tecnologías. Allí se presentan los fundamentos conceptuales abordados en estudios preliminares y en documentación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, como institución de referencia en este ámbito.

Con base en la información consignada en los capítulos anteriores, los resultados de los cuestionarios aplicados a los profesores y representantes de industria, y estudios preliminares, en el capítulo seis se establecen las estrategias a adoptar en los procesos de transferencia, principalmente en la fase de negociación, en las que se incluyen además las etapas de evaluación y valoración. En adición, se analizan algunas de las acciones implementadas por la Universidad Nacional para difundir el conocimiento y dar a conocer las tecnologías desarrolladas en la misma.

Finalmente, en los anexos se presentan todos los documentos, cuestionarios y guías empleadas en el desarrollo de los capítulos tres, cuatro, cinco y seis del presente documento.

Este trabajo constituye una base para seguir avanzando en los procesos de transferencia de conocimiento en el Departamento y constituye una invitación a los grupos de investigación sobre la importancia de documentar todo lo que se hace, tanto para ampliar el aprendizaje organizacional de la comunidad académica como para contar con los insumos necesarios para valorar el nuevo conocimiento generado y prepararse para los procesos de transferencia que son los que convierten productos y resultados en impacto social.

1. Contexto

El concepto de innovación ha sido definido por muchos referentes del campo en la literatura; dentro de los principales exponentes se encuentra Schumpeter, quien define la innovación como el motor de desarrollo económico y distingue cinco tipos de innovación: nuevos productos, nuevos métodos de producción, nuevas fuentes de suministro, exploración de nuevos mercados y nuevas formas de hacer negocios (Schumpeter, 1934). Por otro lado, también se encuentra que la innovación se define como la implementación de un producto (bien o servicio), proceso, método de mercadeo o método organizacional nuevo o significativamente mejorado en prácticas comerciales, relaciones externas o puestos de trabajo (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2005) y se ha posicionado como un componente fundamental en el ámbito político, económico y social de las naciones teniendo en cuenta que, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual, promueve el crecimiento económico de las naciones a largo plazo (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2020).

La innovación contribuye al crecimiento económico de una nación, teniendo en cuenta que se ha demostrado que la innovación intensifica el capital con base en los ingresos futuros que se derivan de la inversión en tecnología, permite la expansión y optimización de la fuerza de trabajo (asociado principalmente al aumento de la expectativa de vida causado por las innovaciones en el área farmacéutica), aumenta la productividad de las empresas y transforma las estructuras económicas, dado el cambio constante en tendencias, necesidades, soluciones y formas de competir (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2015).

Para lograr estos resultados, es imprescindible el relacionamiento y trabajo articulado entre la academia, la industria y los gobiernos (conocidas en su conjunto como la Triple Hélice). Dados los retos actuales en materia social y ambiental, la Triple Hélice interactúa con base

en conocimiento interdisciplinario, capital e innovación social y la sostenibilidad ambiental, dando lugar al concepto de “la Quíntuple Hélice”, ilustrada mediante la Figura 1-1, en el que la innovación se basa en el desarrollo de conocimiento cooperativo que integra las necesidades de la economía, la sociedad y el medio ambiente (Bitran, 2015).

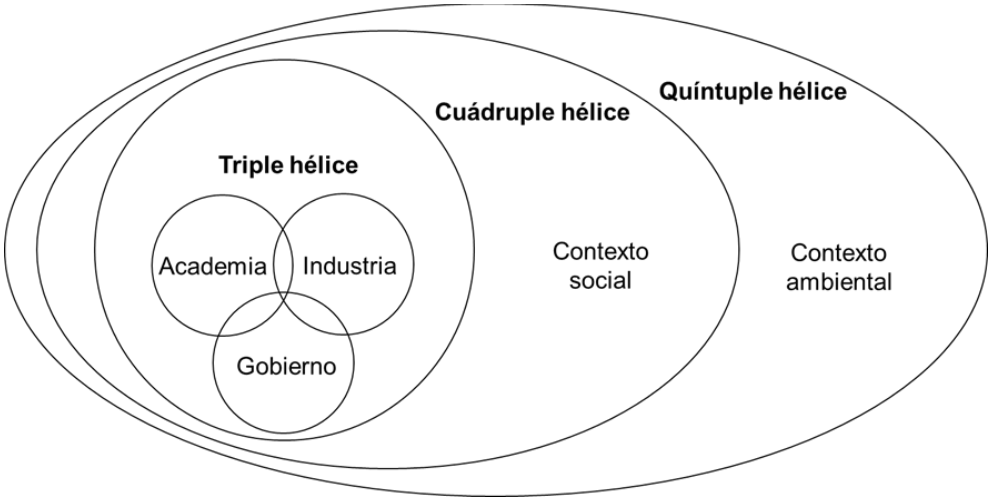


Figura 1-1: Quíntuple hélice de la innovación

En la Figura 1-1 se puede observar que el núcleo de la Quíntuple hélice es la interrelación de la Triple Hélice, la cual crea un ecosistema institucional para los sistemas de innovación basados en conocimiento en el que se comparten ideas, información, prácticas, recursos, entre otros para un objetivo común: innovar (Zhang et al., 2019).

Como actor principal en la Triple Hélice y componente fundamental en los ecosistemas de innovación, las universidades generan conocimiento y tecnologías a través de, entre otros, los productos y resultados de investigación[1] que han tenido múltiples aplicaciones en los ámbitos social y económico desde el siglo XIX. Por lo cual, a nivel internacional se han incorporado estrategias de innovación a través de la transferencia de productos y resultados de investigación desde la universidad hacia la industria, el gobierno y la sociedad.

[1] Producto: conocimiento generado o mejorado. Resultado: producto conocido a través de la transferencia y difusión del conocimiento. Impacto: el uso del conocimiento generado (Ruiz Ballén, 2014).

En el contexto nacional, dado el crecimiento y reflexión que se ha evidenciado en los últimos periodos en cuanto al papel de las universidades de investigación y el compromiso con la innovación de esta forma, las universidades e instituciones de educación superior se posicionan como líderes en solicitudes de patentes (uno de los indicadores más relevantes en innovación)[2], siendo la Universidad Nacional una de las entidades que lidera las solicitudes y concesiones de estas alternativas de protección (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018) y que en el periodo comprendido entre 1977 a 2015, ha generado invenciones[3] mayoritariamente en el sector químico y biotecnológico (Lamprea B. et al., 2017).

Particularmente, la innovación en la industria química cobra especial relevancia dada su relación con los demás sectores productivos y la diversidad de productos, servicios y procesos que genera, posicionándose como el primer eslabón de diferentes sectores como el de la construcción, alimentos, textiles, entre otros.

Bajo este panorama, en este capítulo se presentan los elementos que guían las estrategias y acciones para promover el desarrollo basado en innovación, como lo son la propiedad intelectual y la transferencia de tecnología, así como el contexto institucional y regulatorio asociado a nivel internacional, nacional y universitario. Finalmente, se presentan algunas particularidades de la Industria Química.

1.1 Innovación tecnológica

La innovación tecnológica es definida como el cambio de índole técnico o científico que se introduce al bien o servicio que ofrece una empresa u organización, o a los procesos que se desarrollan dentro de la misma, con el fin de alcanzar mayor competitividad (Programa de Educación Continua y Permanente - Universidad Nacional de Colombia, 2019). Existen diferentes ámbitos en innovación: tecnológico, económico, regulatorio, normativo y cultural, cuyos procesos y resultados son altamente dependientes del conocimiento en las

[2] Según la Superintendencia de Industria y Comercio, una patente es un reconocimiento que otorga el Estado a un inventor por la inversión y esfuerzos realizados para dar una solución técnica que aporta beneficios a la humanidad y otorga el derecho de explotar exclusivamente el invento por un tiempo determinado (Superintendencia de Industria y Comercio, 2020a).
[3] Invención: Primera concepción de la creación o modificación de productos, servicios o procesos.

disciplinas correspondientes y pueden satisfacer necesidades de sectores económicos, sociales y políticos, incluso simultáneamente. En cuanto al ámbito tecnológico, la innovación es considerada un promotor de cambio en la economía y combina el desarrollo de una invención con su introducción al mercado (Garcia & Calantone, 2002).

La innovación tecnológica requiere de conocimiento profundo obtenido a través de la investigación básica desarrollada en centros, universidades, entre otros actores. Adicionalmente, es imprescindible la investigación aplicada, en la que se generan invenciones para ser validadas posteriormente a través de desarrollos experimentales en procesos de mercadeo, manufactura, distribución, validación regulatoria, entre otros; para ser incorporados en la Industria, el Gobierno o la Sociedad.

La innovación tecnológica en el sector productivo se puede evidenciar principalmente en productos y procesos, mientras que la innovación no tecnológica en el sector productivo puede ser de tipo organizacional y de mercadotecnia (Žižlavský, 2014), dando lugar a los cuatro tipos principales de innovación[4].

La innovación de producto hace referencia a la introducción al mercado de un bien o servicio nuevo o con mejoras en sus características funcionales o de utilización. Por otro lado, la innovación de procesos es la introducción de un proceso de producción o distribución nuevo o mejorado, lo cual implica cambios en las técnicas, los materiales, los programas informáticos, entre otros (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos & Eurostat, 2006).

La innovación de mercadotecnia se define como la aplicación de métodos de comercialización nuevos o mejorados, tales como el cambio del diseño de los productos (principal enfoque en este tipo de innovación), modificación en el envasado o embalaje, ajuste de la estrategia de promoción, entre otros. Finalmente, la innovación organizacional hace referencia a la incorporación de métodos en las compañías o entidades para mejorar

[4] También se pueden encontrar otras clasificaciones de innovación tecnológica dependiendo del nivel de novedad: i) la innovación radical, que trata de nuevas tecnologías con alto nivel de incertidumbre, ii) incremental, a partir de la mejora gradual en tecnologías existentes, iii) racional, en la que se ejecutan acciones de optimización a través del uso de tecnologías existentes y iv) disruptiva, que irrumpe el mercado existente o crea mercados nuevos (Žižlavský, 2014).

los resultados administrativos o de transacción que puede implicar, entre otros, organización del lugar de trabajo o el relacionamiento de la empresa con aliados estratégicos (*stakeholders*) (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos & Eurostat, 2006).

En la Industria Química es posible desarrollar e implementar los cuatro tipos de innovación presentados anteriormente, sin embargo, desde las disciplinas que están vinculadas directamente con la operación, como lo es la Ingeniería Química, se desarrollan principalmente innovaciones de producto y de proceso, conocidas como TPP (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos & Eurostat, 2006), las cuales permiten, entre otros:

i. Aumentar o diversificar la demanda, por ejemplo, a través de la introducción de nuevas características funcionales.
ii. Introducir al mercado productos procesados a partir de materias primas diferentes a las tradicionales, por ejemplo, de fuentes naturales renovables en biorrefinerías.
iii. Reducir los costos de procesamiento, por ejemplo, a través de la optimización de procesos, reducción de materias primas, mejoramiento en eficiencia energética, entre otros.
iv. Escalar procesos para obtención, a escala industrial, de productos nuevos en el mercado, con costos de procesamiento competitivos en el mercado.

Por lo anterior, el presente estudio hace referencia fundamentalmente a la innovación de producto y de proceso.

De esta forma, la innovación tecnológica emplea conocimientos científicos e implica introducción de un cambio tecnológico en los productos o procesos (González, 2011), que permite desarrollar elementos diferenciadores para aumentar la competitividad y para agregar valor a los clientes, consumidores y grupos de interés. Es por lo que, si una tecnología es innovadora, de calidad y genera valor, debe protegerse con el objetivo de evitar plagios, dinamizar mercados y así incentivar el desarrollo de actividades de innovación. Para proteger las tecnologías e invenciones en general, a nivel internacional se han establecido los derechos de propiedad intelectual, los cuales otorgan legalmente exclusividad a los creadores de una invención para su uso y reproducción.

Por otro lado, los derechos de propiedad intelectual se consolidan como una alternativa de protección estratégica para que las invenciones generadas por universidades, centros de investigación, entidades públicas o empresas, puedan ser evaluadas, valoradas y transferidas a diferentes actores para promover la generación de productos o procesos innovadores que desencadenen en oportunidades de desarrollo económico y social para los países.

A continuación, se presentan los aspectos generales sobre la propiedad intelectual y la transferencia de tecnología, como unos de los pilares fundamentales de la innovación tecnológica.

1.1.1 Propiedad intelectual

La propiedad intelectual es el término que define la propiedad de los bienes intangibles e inmateriales generados a partir del intelecto humano que se pueden proteger para promover la innovación y, por ende, el progreso económico y bienestar social y ambiental. Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, se pueden proteger los derechos de propiedad intelectual de "*obras literarias, artísticas y científicas; las interpretaciones de los artistas intérpretes y las ejecuciones de los artistas ejecutantes, los fonogramas y las emisiones de radiodifusión; las invenciones en todos los campos de la actividad humana; los descubrimientos científicos; los dibujos y modelos industriales; las marcas de fábrica, de comercio y de servicio, así como los nombres y denominaciones comerciales; la protección contra la competencia desleal; y todos los demás derechos relativos a la actividad intelectual en los campos industrial, científico, literario y artístico"* (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2017).

Los flujos de conocimiento y tecnología que se evidencian en los procesos de innovación tecnológica pueden ser difundidos por vías comerciales y no comerciales a empresas, organizaciones, entidades de educación, centros de investigación y sector público, por lo que es necesario analizar alternativas de protección de la propiedad intelectual, en caso que aplique, para evitar pérdida de valor de los desarrollos, no proporcionar ventajas no negociadas a los demás competidores del sector e incentivar las actividades de innovación para dinamizar los mercados.

La protección de los derechos de propiedad intelectual se puede presentar a través de patentes de invención, modelos de utilidad, las marcas registradas, los derechos de autor, acuerdos de confidencialidad, entre otros. Sin embargo, algunas personas y organizaciones eligen métodos alternativos para proteger el conocimiento, las invenciones e innovaciones desarrolladas, con el objetivo de mantener una ventaja competitiva o económica, sin revelar tal información a través de documentos públicos o comunicaciones orales, algunas de estas alternativas son los secretos industriales y la complejidad en el diseño de bienes y servicios (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos & Eurostat, 2006).

A continuación, se definen los mecanismos tradicionales de protección de los derechos de propiedad intelectual reconocidos por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual:

- **Derechos de autor (conocido a nivel internacional como *Copyright*)**:

Protección de creaciones literarias y artísticas originales comúnmente denominadas “obras” tales como: novelas, poemas, obras de teatro, documentos de referencia, periódicos, publicidades, programas informáticos, películas, fotografías y obras escultóricas (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2005). Los derechos otorgados al titular de los derechos de autor son generalmente exclusivos, por ende, el titular puede usar la obra, así como autorizar o prohibir a otra persona su uso (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2017).

Adicional a los derechos de autor, también se pueden encontrar los derechos conexos, los cuales se confieren a aquellas personas o empresas que ejecutan acciones para poner las obras a disposición del público (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2017).

- **Patentes:**

Documento expedido por un organismo oficial nacional, que describe una invención y establece, a nivel jurídico, que su explotación es potestad exclusiva del titular por un periodo de tiempo determinado. Para que un proceso o producto nuevo o modificado sea patentable, es necesario que la invención no haya sido reportada o evidenciada previamente, que exista un elemento inventivo, es decir que no sea evidente y que pueda aplicarse a nivel industrial (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2017).

- **Diseños industriales[5]:**

Aspectos ornamentales o estéticos de un objeto, como la forma o el color, los cuales se pueden proteger para aumentar el valor comercial del producto e incrementar sus posibilidades de venta (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2005).

- **Marcas:**

Distinción de productos o servicios para identificar la empresa o entidad de origen, sin inducir a engaño. La protección de la marca garantiza al titular el derecho exclusivo a utilizarla en sus productos o servicios, bien sea a título propio o a través de la cesión del derecho a un tercero (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2005).

En caso de que se requiera indicar, además, el origen regional de los productos o servicios, se pueden emplear indicaciones geográficas.

- **Secretos industriales:**

Información comercial confidencial de las organizaciones como los métodos de venta y distribución, listas de proveedores y clientes, procesos de fabricación, entre otros. La información no debe ser conocida ni fácilmente accesible, debe tener un valor comercial por ser secreta y su poseedor debe tomar medidas para mantenerla secreta, a través de mecanismos como acuerdos de confidencialidad o contratos laborales (Comunidad Andina de Naciones, 2000).

1.1.2 Transferencia de tecnología

Las universidades de investigación, emprendedoras e innovadoras, las empresas y el Gobierno basan sus flujos de conocimiento y tecnología en un capital intelectual[6] consolidado para emplearlos en innovación de base tecnológica. En algunos casos, los actores consiguen estos flujos de conocimiento y tecnologías mediante la obtención o búsqueda de patentes y otros mecanismos de propiedad intelectual en sectores de punta

[5] Los diseños industriales también se conocen como dibujos o modelos industriales (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2017).
[6] El capital intelectual comprende las dimensiones del capital humano, relacional y estructural, tales como: conocimiento tácito, conocimiento explícito, tecnologías, experiencia, información, acceso a información, entre otros (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2017; Ruiz Ballén, 2014).

y en la construcción de una institucionalidad que defiende los derechos de propiedad intelectual para el desarrollo de las instituciones, empresas y sociedad de una manera sostenible (Misión Internacional de Sabios, 2019).

Específicamente en el caso de la tecnología, los procesos de transferencia son una serie de procesos destinados a compartir principalmente conocimientos y tecnologías (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2011), los cuales requieren, entre otros, de:

i. Una parte que accede al conocimiento o la tecnología proveniente de una fuente externa y lo emplea para innovar, el cual se denomina receptor de la tecnología. El receptor debe tener (o estar dispuesto a adquirir) experiencia en el mercado o realizar acciones para conocerlo.
ii. Una parte que desarrolla el conocimiento o la tecnología y lo comercializa, el cual se denomina proveedor de la tecnología. El proveedor debe conocer todos los detalles de la tecnología, los conocimientos que la fundamentan, fuentes de información complementaria, entre otros aspectos requeridos en procesos de negociación y transferencia.

En los procesos de transferencia, una de las variables a considerar es la tecnología, lo cual hace referencia a los productos, resultados e impactos de investigación, para el caso de las tecnologías de las universidades. No obstante, es usual que la transferencia no se realice para una tecnología sino a un producto denominado “paquete tecnológico” en los cuales se contemplan, además de la tecnología, equipos e infraestructura, conocimiento documentado (explícito) y no documentado (tácito o implícito), aspectos legales, entre otros (González, 2011).

Para llevar a cabo un proceso de transferencia tecnológica entre dos actores, por ejemplo, una universidad (proveedora) y una empresa (receptora), es necesario que el receptor tenga una necesidad tecnológica y que, después de realizar una búsqueda de soluciones en diferentes fuentes de conocimiento y tecnología, se defina que el proveedor es el indicado para dar respuesta a la necesidad. Posteriormente, el receptor y el proveedor deberán iniciar un proceso de negociación y, finalmente, transferir la tecnología al receptor, de acuerdo con los lineamientos estipulados por mutuo acuerdo entre las partes. El

receptor debe estar en capacidad de dominar la tecnología una vez transferida y, por lo tanto, es importante establecer claramente el paquete tecnológico a transferir.

En la etapa de negociación se establecen los términos de la transferencia, tales como las responsabilidades de las partes, la exclusividad o no de la licencia, el mantenimiento de los derechos de propiedad intelectual, la contraprestación que el receptor otorga al proveedor (de tipo económico, en especie, alianza, por imperativo legal o desinteresada) (González, 2011).

Existen diferentes métodos para que un proveedor transfiera tecnología a un receptor, los cuales se pueden agrupar en tres grandes categorías:

- **Contratos de investigación**

A través de los contratos de investigación o proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D), el receptor y el proveedor contratan diferentes actividades para desarrollar innovaciones tecnológicas tales como investigación básica, investigación aplicada, desarrollos experimentales, desarrollo de informes, entrenamientos, entre otros (Molero, 2008). Dentro de esta categoría se encuentran mecanismos tales como cooperación o alianza tecnológica, asistencia técnica y servicios, y movilidad de personal[7] (González, 2011).

- **Explotación de Propiedad Intelectual**

Adquisición y uso de los derechos de propiedad intelectual por parte del receptor de la tecnología a través de acuerdos de licenciamiento, los cuales son instrumentos legales de autorización para la explotación de la tecnología protegida mediante patentes, diseños industriales, entre otros. Este es el mecanismo de transferencia más representativo y clásico (González, 2011).

- **Creación de empresas de base tecnológica**

Creación de empresas al interior de la entidad receptora para la explotación comercial de una tecnología. Las organizaciones de las que surgen estas empresas hacen la función de incubadoras (González, 2011).

---

[7] Movilidad de personal proveniente de la entidad proveedora a la entidad receptora.

1.2 Relación Universidad – Empresa

Otro concepto de principal relevancia y utilidad en la presente tesis es el de la Relación Universidad – Empresa (RUE). Las universidades y centros de investigación cumplen un rol fundamental en la innovación tecnológica, considerando que en ellas se generan conocimiento y tecnologías en diferentes áreas. Por lo anterior, desde finales del siglo XX, su interacción con el sector productivo ha forjado una relación de base tecnológica estratégica para innovar. Este fenómeno ha sido impulsado paulatinamente por las políticas implementadas a nivel internacional para mejorar la transferencia de los resultados de la investigación generados en la academia a la industria, lo cual fomentó, desde la institucionalidad y gobernanza en la Academia, la incorporación de una tercera misión universitaria (además de la formación e investigación): contribuir al crecimiento de las regiones y de la Nación entera (Centro Interuniversitario de Desarrollo, 2015).

En Colombia, particularmente en la Universidad Nacional, la transferencia de tecnología (y de conocimiento) hace parte de la tercera función misional, denominada Extensión. Según el Acuerdo 036 de 2009 del Consejo Superior Universitario de la Universidad Nacional de Colombia, a través de la Extensión se establece una interacción entre el conocimiento sistemático de la academia y los saberes y necesidades de la sociedad, y de las organizaciones e instituciones que hacen parte de ella, con el fin de intercambiar, aplicar e integrar el conocimiento científico, tecnológico, artístico y cultural que se produce en la Universidad, en interacción con el entorno económico, político, cultural y social del país.

El fortalecimiento de la relación entre las universidades y las empresas (RUE) responde a las necesidades constantes de innovar en el mercado, dada la rapidez de cambio en este. Lo anterior implica una aceleración de procesos técnicos en las empresas principalmente de base científica o tecnológica, los cuales pueden ser apoyados por docentes, estudiantes y la infraestructura de las universidades. Por otro lado, las universidades tienen mayor acceso a fuentes de información y al conocimiento requerido para desarrollar procesos de innovación tecnológica, además de tener relaciones internacionales entre grupos de investigación y proyectos interdisciplinarios, razón por la cual se posicionan como un aliado estratégico del sector empresarial para aumentar la competitividad y el desarrollo socioeconómico (Confederación Empresarial de Madrid; Comunidad de Madrid, 2001).

Sin embargo, en las RUEs es importante tener en cuenta que las universidades y las empresas tienen naturalezas y objetivos diferentes a reconocer por las partes para promover RUEs exitosas. Por ejemplo, en cuanto al manejo de la información, las universidades suelen publicar un alto porcentaje de sus resultados, mientras que para las empresas es de vital importancia conservar sus resultados sin difusión, para no otorgar ventajas competitivas a otras empresas (Confederación Empresarial de Madrid; Comunidad de Madrid, 2001). Por otro lado, las universidades buscan generar o complementar el conocimiento y es de principal interés conocer el porqué de las cosas, a diferencia de las empresas que buscan obtener utilidades a partir del conocimiento y de la tecnología, por lo cual es de interés conocer el para qué de las cosas. Adicionalmente, el tiempo que emplean las universidades en desarrollar proyectos y tecnología puede ser más prolongado que el requerido por las empresas para explotar comercialmente los productos y resultados obtenidos por la Academia o mediante procesos colaborativos con esta.

Finalmente, es importante tener en cuenta que desde el sector productivo, se ha demostrado que por la disponibilidad limitada de recursos y de acceso a la información, las empresas no suelen generar invenciones e innovar solo en función de los recursos humanos y económicos internos, sino que recurren al conocimiento, las habilidades, las soluciones técnicas, los métodos y los equipos externos (Abereijo et al., 2009) a través del relacionamiento directo o indirecto con otros actores como la Academia (Ver Figura 1-1). Según el Manual de Oslo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos & Eurostat, 2006), dentro de las principales fuentes de flujos de conocimiento y tecnología para las actividades de innovación en las empresas se encuentran:

- **Fuentes de información de libre acceso**, las cuales no representan altos costos asociados a la consulta y no permiten utilizar la información protegida por derechos de propiedad intelectual. Dentro de esta categoría se encuentran los eventos tales como ferias y congresos, bases de datos, revistas y las publicaciones sectoriales.

- **Adquisición de tecnología y de conocimiento**, que implica la compra de conocimiento y de tecnología externa, sin cooperación activa con la fuente, por ejemplo, el licenciamiento de patentes y marcas registradas, así como el uso de programas informáticos.

- **Cooperación en innovación**, a través de la cual se desarrollan proyectos en alianza con organizaciones externas tales como empresas, centros de investigación, universidades y entidades sin ánimo de lucro. La cooperación en innovación implica la participación de la empresa en la generación de flujo de conocimiento y tecnología para desarrollar invenciones e innovar.

- **Fuentes de conocimiento y tecnología interna,** que permiten conocer el flujo de conocimiento dentro de la empresa para las actividades de innovación.

En este sentido, las tres primeras fuentes de información pueden ser otorgadas por la Academia o abordadas de manera conjunta. Siendo la adquisición de tecnología & conocimiento y la cooperación en innovación los mecanismos que promueven el relacionamiento activo de base científico y tecnológico entre las universidades y empresas.

1.3 Marco institucional y regulatorio en innovación

Se ha evidenciado que la innovación y la propiedad intelectual son fundamentales para el desarrollo sostenible de la sociedad y el sector productivo, razón por la cual los países han aumentado el gasto interno bruto en investigación y desarrollo (I+D), inversión realizada por todas las empresas residentes, institutos de investigación, laboratorios universitarios y gubernamentales, etc. Por ejemplo, los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos invirtieron el 2,40% de su producto interno bruto en I+D en 2018 (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2020), mientras que Colombia destinó cerca del 0,24% para el mismo año. Por otro lado, según el Banco Mundial, la inversión en I+D a nivel internacional ha aumentado de 1,94% a 2,22% entre 2007 y 2017 (Banco Mundial, 2018).

Además, desde finales del Siglo XX, se han establecido diferentes regulaciones para promover la innovación tecnológica a través del relacionamiento estratégico entre el sector académico y el productivo. Por ejemplo, en el ámbito financiero, algunos gobiernos de los países miembros de la OCDE han optado por establecer incentivos tributarios para promover la colaboración entre la academia o centros de investigación y el sector productivo, como lo son México, Canadá y Japón. Por otro lado, en países como Alemania, Reino Unido o Estados Unidos, se han generado subsidios o becas para financiar

directamente este relacionamiento estratégico. Finalmente, algunos países han optado por financiar el relacionamiento Universidad-Empresa a través de una combinación entre financiación directa y beneficios tributarios, como es el caso de Colombia (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2007, 2019b).

En el caso en que se otorguen derechos de propiedad intelectual a través de financiación con recursos públicos, se han adoptado dos esquemas típicos para la definición del propietario de los derechos: i) países como Italia y Suecia han adoptado un esquema de "privilegio del profesor", en el que los profesores o investigadores son titulares los derechos de propiedad intelectual y, generalmente, la institución tiene un tipo de licencia de los mismos; ii) otros países como Estados Unidos, Brasil, Japón, China, Alemania, entre otros[8], han establecido que las instituciones deben ser las propietarias de los derechos de propiedad intelectual que se generen a partir de proyectos que cuenten con financiación pública (World Intellectual Property Organization, 2020).

Estados Unidos fue una de las naciones pioneras en el establecimiento del segundo esquema de titularidad de derechos de propiedad intelectual, introducido en 1980 con la expedición de la Ley Bayh-Dole, el cual permitió que las entidades, como universidades o pequeñas empresas, que recibieran financiación pública en proyectos de investigación y desarrollo, conservaran los derechos de la propiedad intelectual y pudieran transferirla directamente a diferentes actores (Cervantes, 2009). Sin embargo, bajo este esquema, el Gobierno conserva una licencia no exclusiva, en caso de requerir su explotación. Este esquema se adoptó teniendo en cuenta que el Gobierno conservaba los derechos de las invenciones y no concedía licencias exclusivas a la Industria, lo que constituía un desincentivo para la inversión del sector empresarial en estas tecnologías (Loise & Stevens, 2010).

Este enfoque de titularidad ha promovido el establecimiento de entidades o dependencias encargadas de orientar la protección de la propiedad intelectual y transferencia de

[8] Países como Alemania, Austria, Dinamarca y Japón antes de la década de 1990 se regían bajo el principio del "privilegio del profesor", pero después de la implementación de la Ley Bayh-Dole en Estados Unidos y el impacto que tuvo en términos de innovación tecnológica, cambiaron su enfoque a un modelo Bayh-Dole (Cervantes, 2009).

conocimiento y tecnología a nivel institucional, regional o nacional, las cuales se conocen como oficinas de transferencia de tecnología (OTT)[9].

Para impulsar la innovación, además del establecimiento del marco regulatorio asociado a la financiación pública de proyectos de investigación y desarrollo, se han establecido algunas organizaciones que desarrollan estrategias y políticas, las cuales han sido adoptadas en los ámbitos internacional, nacional y universitario como se evidencia a continuación.

1.3.1 Regulación internacional

A nivel internacional, la entidad encargada de los servicios, políticas, cooperación e información en materia de propiedad intelectual es la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), la cual está adscrita a Naciones Unidas y tiene 193 estados miembros, entre los cuales se encuentra Colombia. La OMPI, entre otras funciones, expide y administra tratados internacionales de propiedad intelectual. Actualmente existen 26 tratados, incluyendo el Convenio de la OMPI, mediante el cual se constituyó la Organización en 1967. A continuación, se presentan algunos de los tratados expedidos o administrados por esta entidad[10] relacionados con el presente estudio:

- **Arreglo de Madrid:**

Arreglo adoptado en 1891 (con 5 revisiones posteriores) que establece acciones de embargo, sanciones o prohibición de importación de productos que declaren procedencia falsa o engañosa, señalando de forma directa o indirecta a un Estado Contratante o a un lugar de éste. El arreglo de Madrid fue adoptado en Colombia a través de la Ley 1455 de 2011.

- **Convenio de París:**

Convenio adoptado en 1883 y aplicado a la propiedad industrial (patentes, marcas, dibujos y modelos industriales, modelos de utilidad, indicaciones geográficas, entre otros) con

[9] Las oficinas de transferencia de tecnología son una dependencia de una universidad u organismo gubernamental que identifica las iniciativas de investigación que tienen el mayor potencial comercial y facilita su comercialización (Kowalski, 2017).
[10] Para más información, ingresar en este enlace: https://www.wipo.int/treaties/es/.

disposiciones sobre el trato nacional, derecho de prioridad y normas comunes. En cuanto al trato nacional, establece que se deben conceder la misma protección de la propiedad industrial a solicitantes nacionales y no nacionales.

Por otro lado, el derecho de prioridad se refiere a que un solicitante de protección de propiedad industrial podrá, durante un periodo de tiempo determinado, solicitar la protección en otros Estados Contratantes. Finalmente, relativo a las normas comunes, los Estados Contratantes deben reconocer que: i) las patentes concedidas en diferentes Estados Contratantes para la misma invención son independientes y por tanto no es obligatorio que un Estado otorgue una patente si otro país ya lo ha hecho; ii) no se podrá rechazar la solicitud de registro de una marca presentada por un ciudadano de un Estado Contratante, ni se podrá invalidar el registro, por el hecho de que no hubiera sido presentada, registrada o renovada en el país de origen; entre otros.

El Convenio de París fue ratificado en Colombia mediante la Ley 178 de 1994.

- **Tratado sobre el Derecho de Patentes (PLT):**

Tratado adoptado en el año 2000 que tiene el objetivo de armonizar y agilizar algunos procedimientos relacionados con las solicitudes de patentes. El PLT define una lista de los requisitos que podrán solicitar las oficinas de las partes contratantes, quienes no podrán establecer requisitos adicionales. Colombia no es parte contratante del PLT.

- **Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT):**

Tratado adoptado en 1970, enmendado en 1979 y modificado en 1984 y 2001. El PCT estipula que se puede presentar una solicitud “internacional” de patente, con el objetivo de solicitar protección de propiedad industrial en varios Estados Contratantes. Por lo general, el trámite se realiza ante la oficina de patentes del Estado de nacionalidad o domicilio del solicitante o ante la Oficina Internacional de la OMPI en Ginebra. Colombia se adhirió en noviembre de 2000 y el Tratado entró en vigor el 28 de febrero de 2001 (Lizarazu Montoya, 2014).

- **Arreglo de Estrasburgo:**

Establecimiento de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), mediante la cual se estipulan ocho secciones con aproximadamente 70.000 subdivisiones representadas por

símbolos formados por números arábicos y letras del alfabeto latino. En todos los documentos de patente se debe especificar la subdivisión correspondiente a través de su símbolo. Si bien sólo son parte en el Arreglo 62 Estados, utilizan la CIP las oficinas de patentes de más de 100 Estados, cuatro oficinas regionales y la Secretaría de la OMPI en el marco del PCT. Colombia no ha adoptado el Arreglo de Estrasburgo.

Adicionalmente, esta Organización creó en 1998 la *Academia de la OMPI,* con el objetivo de desarrollar programas de formación virtuales y presenciales para los estados miembros y, en particular, los países en desarrollo, los países menos adelantados (PMA) y los países en transición. La Academia contribuye al fortalecimiento de capacidades en materia de PI, tarea fundamental para la innovación. Dentro de la oferta virtual, se encuentran cursos sobre aspectos generales de la propiedad intelectual, búsqueda de patentes, redacción de patentes, gestión de la propiedad intelectual, entre otros, a los cuales se puede acceder a través del siguiente enlace: https://www.wipo.int/academy/es/courses/distance_learning/.

Adicionalmente, la Organización Mundial del Comercio, estableció el Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (ADPIC o TRIPS, por sus siglas en inglés)**,** el cual establece principios básicos sobre la propiedad intelectual relacionados en los tratados administrados por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual, aplicables a las relaciones comerciales. En materia de patentes, el ADPIC establece que los Estados Miembro podrán excluir de la patentabilidad las invenciones que no se puedan explotar comercialmente para proteger el orden público o la moralidad, proteger la salud o la vida de las personas o animales, preservar vegetales o evitar afectación al medio ambiente.

Por otro lado, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), organismo internacional que trabaja en el desarrollo de políticas públicas para fomentar la prosperidad, la igualdad, las oportunidades y el bienestar de los 37 países miembros (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2019a)[11], ha abordado la innovación como eje de trabajo en el Comité de Política Científica y Tecnológica (CSTP), que desarrolla sus actividades a través de cuatro grupos de trabajo: i) Grupo de Expertos

[11] Colombia finalizó el proceso de adhesión a la OCDE en abril de 2020.

Nacionales en Estadística e Indicadores de Ciencia y Tecnología, ii) Grupo de Trabajo en Política de Innovación Tecnológica, iii) Grupo de Trabajo en Biotecnología, Nanotecnología y Tecnologías Convergentes, y iv) Foro Mundial de la Ciencia.

En términos de innovación y propiedad intelectual, cabe resaltar el Grupo de Expertos Nacionales en Estadística e Indicadores de Ciencia y Tecnología, el cual contribuye al desarrollo de indicadores y análisis cuantitativos en torno a Ciencia Tecnología e Innovación, dentro de los cuales se consolida información relativa a la propiedad intelectual, como factor fundamental en la innovación. Por otro lado, se encuentra el Grupo de Trabajo en Política de Innovación Tecnológica que busca el mejoramiento de la innovación, creación de empresas basadas en ciencia y tecnología, y el rendimiento económico (Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación - Colciencias, 2018).

1.3.2 Regulación regional

La Comunidad Andina (CAN) es una organización internacional que tiene por objeto alcanzar un desarrollo integral, equilibrado y autónomo de la región, con proyección hacia una integración sudamericana y latinoamericana. La CAN tiene cuatro países miembros: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, 5 países asociados: Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay y un país observador: España.

En materia de propiedad intelectual, la CAN cuenta con normativa común para proteger los intereses de los creadores a través de un régimen común. Los países miembros deben acoger jurídicamente esta normativa común y la regulación vigente no puede estar en contraposición de esta, teniendo en cuenta que son disposiciones supranacionales, las cuales priman sobre la regulación individual de cada país miembro. A continuación, se presentan los regímenes comunes establecidos:

- Decisión 486 de 2000 – Régimen Común sobre Propiedad Industrial. La decisión 486 fue modificada por la Decisión 632 y la Decisión 689.
- Decisión 391 de 1996 – Régimen Común sobe Acceso a los Recursos Genéticos.
- Decisión 351 de 1993 – Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos.

- Decisión 345 de 1993 – Régimen de Protección de los Derechos de los Obtentores Vegetales.
- Decisión 291 de 1991 – Régimen Común de Tratamiento a los Capitales Extranjeros y sobre Marcas, Patentes, Licencias y Regalías.

De manera general, la Decisión 486 regula el otorgamiento de Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio y establecidos en el artículo 2 del Convenio de París, con el objetivo de armonizar regulaciones nacionales. Los países miembros deberán conceder un trato igualitario a solicitantes nacionales o provenientes de países miembros de la CAN, de la Organización Mundial del Comercio y del Convenio de Paris para la Protección de la Propiedad Industrial (Comunidad Andina de Naciones, 2000).

Entre otras disposiciones, la Decisión 486 estipula que las solicitudes presentadas ante la oficina nacional competente deben presentarse en español. En cuanto a la solicitud de patentes en diferentes estados, el alcance y los efectos del derecho de prioridad serán los que establece el Convenio de París. Para determinar la patentabilidad, no se tendrá en consideración la divulgación ocurrida dentro del año precedente a la fecha de presentación de la solicitud o en el año de prioridad. Adicionalmente, se deberán registrar ante la oficina nacional competente todas las licencias de explotación de una patente concedida.

La Decisión 486 fue modificada por la Decisión 689 de 2008, la cual estipula que se deberá compensar al titular de la patente por retrasos irrazonables de la oficina nacional competente en la expedición de esta. Los retrasos contemplan más de 5 años desde la fecha de presentación de la solicitud o 3 años desde el pedido de examen de patentabilidad hasta la expedición de la patente.

Colombia reglamentó parcialmente las Decisiones 486 y 689 de la Comisión de la Comunidad Andina mediante el Decreto 0729 de 2012 sancionado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

1.3.3 Regulación nacional

En Colombia, el Gobierno Nacional cuenta con diferentes instituciones para consolidar las políticas y acciones en materia de ciencia, tecnología e innovación. En primer lugar, se

encuentra el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), fundado en 2019 con el objetivo de formular, orientar, dirigir, coordinar, ejecutar, implementar y controlar la política del Estado en esta materia y dar continuidad a la gestión del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), que lideraba la gestión en la materia desde 1968 y desapareció con la creación del Ministerio (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2019).

Minciencias administra el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTeI), que cuenta con una asignación del 10% de los ingresos del Sistema General de Regalías (SGR), y cuyo propósito es incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones. Además, Minciencias lidera la gestión de los siguientes sistemas:

- **Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI)**

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación es un sistema del cual hacen parte instituciones públicas y privadas que pueden acceder a recursos públicos para desarrollar actividades y proyectos en esta materia.

- **Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI)**

El Sistema Nacional de Competitividad e Innovación es el conjunto de políticas y medidas para coordinar y orientar las actividades relacionadas con la competitividad e innovación del país bajo una visión de mediano y largo plazo. El SNCI cuenta con comités ejecutivos y técnicos, así como comisiones de competitividad a nivel nacional y regional.

Minciencias, además, cuenta con el Viceministerio de Conocimiento, Innovación y Productividad, el cual cuenta con diferentes instrumentos en materia de beneficios tributarios, patentes, innovación empresarial, transferencia de conocimiento, entre otros (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2021):

i. En materia de patentes, se estructuró la *Estrategia Nacional para la Protección de Invenciones* y la *Brigada de Patentes y Fondos Regionales de Patentes,* con el objetivo de identificar invenciones susceptibles de protección y apoyar a los inventores en el alistamiento de la solicitud de patente con lineamientos de descentralización.

ii. Para la promoción de la innovación empresarial, se han estipulado programas de capacitación de empresarios y se estructuraron sistemas de innovación para desarrollar capacidades en el sector empresarial en materia de innovación.

iii. En materia de transferencia de conocimiento y tecnología, Minciencias apoya el fortalecimiento de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación, el desarrollo de *Spin-offs* y cuenta con un sistema de reconocimiento de actores que desarrollen proyectos de ciencia, tecnología e innovación.

Por otro lado, el Gobierno Nacional ha designado dos entidades como oficinas nacionales de propiedad intelectual. Por un lado, se encuentra la Dirección Nacional de Derecho de Autor del Ministerio del Interior, la cual se encarga del diseño, dirección, administración y ejecución de las políticas gubernamentales en materia de derecho de autor y derechos conexos. Por otro lado, la Superintendencia de Industria y Comercio, a través de la Delegatura para la Propiedad Industrial, administra el Registro Nacional de Propiedad Industrial: marcas, patentes de invención, modelos de utilidad, diseños industriales, lemas, entre otros; así mismo, esta Delegatura tiene una función de fomento a la protección, innovación y transferencia de conocimiento, la cual se lleva a cabo a través del desarrollo actividades de orientación y divulgación de la Propiedad Industrial.

En cuanto al marco legal y normativo, desde 1975 se ha expedido regulación para adoptar los lineamientos internacionales en materia de propiedad intelectual, normas nacionales independientes y establecer las responsabilidades gubernamentales sobre propiedad intelectual y transferencia de tecnología; los cuales están alineados con la Constitución Política de 1991, cuyo artículo 61 establece que "*el Estado protegerá la propiedad intelectual por el tiempo y mediante las formalidades que establezca la ley".* Teniendo en cuenta este marco de la Ley Máxima Colombiana, a continuación, se presentan las leyes y actos administrativos internos que soportan la protección de la propiedad intelectual relacionada con el presente estudio[12] en el territorio nacional:

[12] Para más información sobre el marco regulatorio de la propiedad intelectual en Colombia, consultar el siguiente enlace: bit.ly/2ywpDUb

- **Ley 256 de 1996.** "*Por la cual se dictan normas sobre competencia desleal".*

La Ley se encuentra alineada con el Convenio de París y tiene por objeto *garantizar la libre y leal competencia económica, mediante la prohibición de actos y conductas de competencia desleal, en beneficio de todos los que participen en el mercado.*

- **Decreto 4540 de 2006.** "*Por medio del cual se adoptan controles en aduana, para proteger la Propiedad Intelectual".*

Este Decreto faculta a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) para intervenir en relación con mercancías piratas o de marca falsificadas, vinculadas a procesos de comercio exterior: importación, exportación o tránsito.

- **Decreto 4302 de 2008.** "*Por el cual se fija el procedimiento para la declaratoria de existencia de razones de interés público de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 65 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina".*

El Decreto establece la competencia y el procedimiento para tramitar la declaratoria de la existencia de razones de interés público que establece la Decisión 486 de la CAN. Este acto administrativo fue modificado por el Decreto 4966 de 2009.

- **Decreto 1162 de 2010.** "*Por el cual se organiza el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual y se crea la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual".*

Decreto sancionado por la Presidencia de la República con el objetivo de establecer: i) el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual para coordinar acciones para lograr un nivel adecuado de protección, uso y promoción de los derechos de propiedad intelectual; ii) la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual (CIPI), con el objetivo de coordinar y orientar las políticas comunes en materia de propiedad intelectual y de su ejecución, así como coordinar y orientar el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual.

- **Ley 1648 de 2013.** "*Por medio de la cual se establecen medidas de observancia a los Derechos de Propiedad Industrial* ".

La Ley fue sancionada por el Congreso de la República y establece que la autoridad competente estará facultada para resolver los procesos civiles en materia de propiedad industrial; establece la destrucción de productos, materiales o implementos infractores o destinados a la infracción marcaria; y establece las indemnizaciones preestablecidas causadas como consecuencia de infracción marcaria.

Por otro lado, el esquema adoptado en Colombia para los derechos de propiedad intelectual obtenidos a partir de proyectos financiados con recursos públicos se ha estipulado en los Planes Nacionales de Desarrollo como Propiedad Institucional y no "privilegio del profesor", teniendo en cuenta que son las entidades (universidades, centros de investigación y/o empresas) quienes obtienen los derechos patrimoniales en los casos que haya lugar. En el artículo 31 de la Ley 1450 de 2011, Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014, se estipuló que el Estado cederá los derechos de propiedad intelectual a los ejecutores de los proyectos de ciencia, tecnología e innovación que cuenten con recursos del presupuesto nacional, salvo motivos de seguridad y defensa nacional, y las Partes del proyecto definirán entre ellas la titularidad de los derechos de propiedad intelectual derivados de los resultados de la ejecución de los recursos del presupuesto nacional a través de un contrato.

Por otro lado, el artículo 28 de la misma ley establece que en las obras creadas para una persona natural o jurídica en cumplimento de un contrato de prestación de servicios o de un contrato de trabajo, el autor es el titular originario de los derechos patrimoniales y morales de la propiedad intelectual*;* "*pero se presume, salvo pacto en contrario, que los derechos patrimoniales sobre la obra han sido transferidos al encargante o al empleador, según sea el caso, en la medida necesaria para el ejercicio de sus actividades habituales en la época de creación de la obra. Para que opere esta presunción se requiere que el contrato conste por escrito* ".

Sin embargo, el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 (Ley 1753 de 2015) estableció que los derechos de propiedad intelectual de proyectos financiados con recursos públicos pueden cederse a título gratuito a los ejecutores de estos y el Estado autorizará su transferencia, comercialización y explotación. No obstante, el Estado se reserva el derecho

de obtener una licencia no exclusiva y gratuita de estos derechos de propiedad intelectual por motivos de interés nacional y puede cancelar la cesión de derechos por motivos de seguridad y defensa nacional; lo anterior debe estipularse en un contrato entre las partes.

Los principales cambios entre las disposiciones de la Ley 1450 de 2011 y la Ley 1753 de 2015 es que se establece una posibilidad de cesión de los derechos de propiedad intelectual del Estado al ejecutor del proyecto y define que el Estado conservará una licencia no exclusiva de esta.

1.3.4 Regulación local universitaria

En la Universidad Nacional de Colombia, es directamente el Consejo Superior Universitario, máxima autoridad de dirección y gobierno de la Institución, el organismo encargado de la expedición de políticas y reglamentaciones en materia de propiedad intelectual. Sin embargo, para la gestión de la propiedad intelectual y la transferencia de conocimiento y tecnología, se encuentra la Dirección Nacional de Extensión, Innovación y Propiedad Intelectual (DNEIPI), la cual pertenece a la Vicerrectoría de Investigación y es sucesora de la Dirección Nacional de Extensión.

A nivel de Sede, se encuentran las direcciones de Investigación y Extensión y los Comités de Propiedad Intelectual. En el caso de la Sede Bogotá, la Dirección de Investigación y Extensión cuenta con un equipo de Transferencia de Conocimiento, una Aceleradora “Méntor”, una dependencia de Extensión Solidaria e Innovación Social, un equipo de gestión de la extensión, un equipo de relacionamiento estratégico y un área de comunicaciones.

El Equipo de Transferencia de Conocimiento opera el Centro de Apoyo a la Tecnología y la Innovación (CATI) en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, el cual es un programa de la Superintendencia de Industria y Comercio y de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual que permite facilitar el acceso a información sobre innovación y tecnología a innovadores con el objetivo de fomentar habilidades y capacidades en materia de innovación (Superintendencia de Industria y Comercio, 2015), en esta materia, el Equipo de Transferencia de Conocimiento presta asesoría en Propiedad Intelectual y Transferencia de Conocimiento.

Por otro lado, la Aceleradora “Mentor” es un programa de transferencia de conocimiento que busca acompañar a los proyectos de base tecnológica y que tienen la intención de ser *Spin-Offs.* Finalmente, la dependencia de Extensión Solidaria e Innovación Social busca que haya apropiación social del conocimiento, generar proyectos de innovación social relevantes para las diferentes regiones, apoyar emprendimientos sociales, entre otros.

A continuación, se presenta la normativa establecida en la Universidad en relación con la propiedad intelectual y transferencia de tecnología:

- **Acuerdo 35 de 2003.** “*Por el cual se expide el Reglamento sobre Propiedad Intelectual en la Universidad Nacional de Colombia* “*.*

Acuerdo mediante el cual el Consejo Académico expide el Reglamento de Propiedad Intelectual de la Universidad Nacional de Colombia con el objetivo de regular las relaciones en esta materia en la Universidad, entre ésta y sus docentes, estudiantes, personal administrativo y demás personas vinculadas a su servicio, en las actividades de carácter académico, laboral o contractual. En el Acuerdo se establecen disposiciones relativas a los conceptos básicos y principios, derechos de autor, propiedad industrial, obtención de variedades vegetales, confidencialidad, entre otros.

- **Acuerdo 184 de 2015.** “*Por el cual se modifica el Capítulo VII del Acuerdo 35 de 2003 del Consejo Académico* “*.*

Acuerdo relativo a la gestión de la propiedad intelectual en la Universidad, en la cual se establece la estructura organizacional en esta materia. Las instancias superiores de decisión son el Consejo Superior Universitario, el Consejo Académico y la Rectoría. Las instancias directivas y de coordinación, encargadas de garantizar la gestión, son la Vicerrectoría de Investigación, la Dirección Nacional de Extensión Innovación y Propiedad Intelectual, el Comité Nacional de Propiedad Intelectual, la Vicerrectoría de la Sede, la Dirección de la Sede. Finalmente, las instancias de coordinación y ejecución en el nivel de sede son la Dirección de Investigación y Extensión y el Comité de Propiedad Intelectual de la sede respectiva.

- **Resolución 031 de 2012.** “*Por la cual se reglamenta la modalidad de Extensión Participación en Proyectos de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia* “*.*

Resolución de la Rectoría mediante la cual se establece la modalidad de extensión Participación en Proyectos de Innovación y Gestión Tecnológica, coordinada por la Dirección Nacional de Extensión, la cual tiene como finalidad articular acciones para que el conocimiento de la Universidad se transfiera al país y contribuir al desarrollo económico, social, político y cultural.

Los Proyectos de Innovación y Gestión Tecnológica son el conjunto de actividades académicas que se realizan en el marco de la docencia e investigación en la Universidad y tienen por objeto incorporar conocimientos a los procesos productivos, sociales, culturales y políticos.

- **Resolución 032 de 2012.** "*Por la cual se reglamenta el régimen de protección, valoración y explotación de la propiedad intelectual derivada de la realización de los programas, proyectos y prácticas de extensión de la Universidad Nacional de Colombia* "

Reglamentación del régimen de protección, valoración y explotación de la Propiedad Intelectual de la Universidad Nacional de Colombia, la cual surge a partir de las relaciones entre la Institución con los profesores, estudiantes, contratistas y entidades o personas ajenas a esta. Esta resolución se basa en los principios de promoción, asociación y compensación en propiedad intelectual. En la Resolución se encuentran disposiciones en relación con los derechos de autor y programas de computador, propiedad industrial, valoración y explotación de la propiedad intelectual derivada de la realización de la extensión, entre otros.

- **Resolución 391 de 2020.** "*Por la cual se reglamenta el proceso de creación de emprendimientos Spin Off dentro de la modalidad de extensión: Participación en Proyectos de Innovación y Gestión Tecnológica* ".

Reglamentación del procedimiento de creación de emprendimientos *Spin Off* derivados del conocimiento generado al interior de la Universidad con la participación de personal académico de carrera de la Institución, especialmente el conocimiento protegido o susceptible de protección a través de los derechos de propiedad intelectual.

La reglamentación, las líneas de trabajo y las acciones en torno a la innovación en la Universidad Nacional se materializan con convocatorias para el apoyo de proyectos de

base tecnológica en diferentes etapas de desarrollo. Así mismo, la Universidad cuenta con la iniciativa UNinnova, que promueve la generación de soluciones a los retos nacionales a través de trabajo interdisciplinario y de innovación abierta y colaborativa.

Según el antropólogo Reyes Reina (2020), los profesores de la Universidad Nacional reconocen que la interacción entre la Universidad y los sectores productivos permiten fortalecer las funciones misionales de la Universidad (formación, investigación y extensión). Sin embargo, manifiestan que los procedimientos requeridos para establecer convenios se consolidan como una dificultad para esta interacción, dado que son procedimientos largos, por lo cual Reyes Reina sugiere que los trámites se simplifiquen y sean más flexibles. Adicionalmente, el estudio permite evidenciar que los profesores reconocen la labor adelantada por la DNEIPI, pero destacan la importancia de brindar mayor claridad a la Comunidad Universitaria sobre la reglamentación y los canales de interacción con la Dirección y los sectores productivos (Reyes Reina, 2020). A partir del estudio de Reyes Reina, se pueden evidenciar diferentes oportunidades de mejora de la estrategia adoptada en la Universidad Nacional para transferir conocimiento y tecnología a la industria.

Por otro lado, la Universidad Nacional ha consolidado grupos y talento humano para desarrollar proyectos de investigación básica y aplicada[13], a partir de los cuales se ha transferido o se puede transferir conocimiento y tecnología de los resultados de investigación a la Industria o sectores sociales y Gobierno.

En primer lugar, según el Balance Social de la Universidad Nacional de Colombia en la vigencia 2019, la Universidad cuenta con 942 grupos de investigación, de los cuales el 61% fueron categorizados en la Convocatoria 833 de 2018 de Colciencias como se evidencia en la Tabla 1-1. Adicionalmente, el 65,6% de los grupos de investigación se han clasificado dentro de las áreas de conocimiento de la OCDE como se evidencia en la Tabla

[13] A través del Manual de Oslo, la OCDE establece que la investigación básica consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada. Por otro lado, se define la investigación aplicada como los trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, pero está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.

1-2 (Dirección Nacional de Planeación y Estadística - Universidad Nacional de Colombia, 2020).

Tabla 1-1: Caracterización de grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia y del país[14].

Categoría Minciencias	Grupos de Investigación Universidad Nacional de Colombia	Grupos de Investigación Colombia
A1	110	717
A	128	1.023
B	135	1.285
C	205	2.328
Reconocidos	40	419
Registrados	324	-

Fuente: (Dirección Nacional de Planeación y Estadística - Universidad Nacional de Colombia, 2020; Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2020)

Tabla 1-2: Clasificación de grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia por áreas OCDE.

Área de Conocimiento OCDE	Grupos de Investigación
Ciencias naturales	207
Ingeniería y Tecnología	116
Ciencias Sociales	101
Ciencias Médicas y de la Salud	96
Ciencias Agrícolas	50
Humanidades y Artes	48

Fuente: (Dirección Nacional de Planeación y Estadística - Universidad Nacional de Colombia, 2020)

Por otro lado, según los resultados preliminares de la Convocatoria 833 de 2018 de Colciencias, la Universidad Nacional de Colombia cuenta con 1120 investigadores principalmente en la categoría Sénior y Junior como se puede evidenciar en la Tabla 1-3.

[14] La información reportada para los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia corresponde a los resultados preliminares de la Convocatoria 833 de 2018, a diferencia de la información de los grupos de investigación en el país, que corresponde a los resultados definitivos de la misma convocatoria.

Tabla 1-3: Caracterización de investigadores de la Universidad Nacional y de Colombia[15].

Tipología	Investigadores Universidad Nacional de Colombia	Investigadores Colombia
Emérito	-[16]	53
Sénior	438	2.473
Junior	401	9.921
Asociado	281	4.349

Fuente: (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2020)

Se evidencia que cerca del 11% de los grupos de investigación del país reconocidos y categorizados por Colciencias (ahora Minciencias) se encuentran en la Universidad Nacional y que aproximadamente el 7% de los investigadores reconocidos en el país, pertenecen a la misma institución.

En cuanto a los productos, resultados e impacto de los proyectos de investigación que se ejecutan en la Universidad, cabe resaltar que en el periodo comprendido entre 2014 y 2019, se reportan 8.936 publicaciones en *Web of Science* y 12.546 en SCOPUS. En términos de patente, entre 2014 y 2018, la Universidad Nacional presentó 85 solicitudes de patente; y entre 2015 y 2019, le fueron concedidas 53 patentes de invención y 2 patentes de modelo de utilidad (Superintendencia de Industria y Comercio, 2020b).

En el periodo comprendido entre 1978 y 2015, se identificó que 263 grupos de investigación contaban con producción tecnológica e innovadora, de los cuales el 10% tienen más de 15 productos, el 24% tienen entre 5 y 14 productos, y el 66%, menos de 5. El Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental (DIQA) cuenta con 21 productos tecnológicos e

[15] La información reportada para los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia corresponde a los resultados preliminares de la Convocatoria 833 de 2018, a diferencia de la información de los grupos de investigación en el país, que corresponde a los resultados definitivos de la misma convocatoria.

[16] En los resultados preliminares de la Convocatoria 833 de 2018 no se presentan los investigadores eméritos. Sin embargo, según los resultados definitivos de la Convocatoria 741 de 2017, la Universidad Nacional de Colombia cuenta con 14 investigadores eméritos.

innovadores para el mismo periodo de tiempo (Dirección Nacional de Extensión Innovación y Propiedad Intelectual - Universidad Nacional de Colombia, 2019)[17].

Finalmente, se evidencia que la Universidad Nacional de Colombia adelanta proyectos de investigación de manera conjunta con diferentes universidades, entidades y empresas, lo cual se consolida como un método de transferencia tecnológica (González, 2011). En este sentido, la Universidad Nacional cuenta con 15 grupos de investigación interinstitucionales (de un total de 26 grupos interinstitucionales que tiene el país). Por otro lado, la Universidad tiene 555 grupos de investigación interrelacionados con instituciones no universitarias tales como entidades gubernamentales, gremios, entidades privadas, entre otros (Dirección Nacional de Investigación y Laboratorios - Universidad Nacional de Colombia, 2019).

1.4 Contexto de la industria química

La industria química genera productos y tecnologías presentes en cerca del 95% de los bienes manufacturados en el mundo. Para 2018, el tamaño de este sector fue de $3.760 billones de dólares, con un crecimiento histórico de CAGR[18] 6,6% (Colombia Productiva, 2019b) y generó, en 2017, cerca de 120 millones de empleos, equivalente a la población de México (International Council of Chemical Associations, 2019). En este mismo año, el sector invirtió alrededor de 51 billones de dólares en investigación y desarrollo, lo que generó cerca de 1.7 millones de empleos (International Council of Chemical Associations, 2019).

La industria química es diversa, sin embargo, a través de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) se ha acotado a ocho subsectores[19] (DANE, 2012), dedicados a la fabricación de:

i. Sustancias y productos químicos básicos.
ii. Abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados.
iii. Plásticos en formas primarias.

[17] Los productos tecnológicos e innovadores son, entre otros: softwares, prototipos, innovaciones en procesos y procedimientos, diseños industriales, plantas piloto e innovaciones en la gestión.
[18] Tasa de crecimiento anual compuesto.
[19] Según el CIIU Revisión 4. adaptado para Colombia, la industria química corresponde a la División 20.

iv. Caucho sintético en formas primarias.
v. Plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario.
vi. Pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas.
vii. Jabones, detergentes, perfumes y preparados de tocador.
viii. Otros productos químicos, incluidos los explosivos y productos pirotécnicos, pegamentos, fibras sintéticas, aceites esenciales y, en general, productos no clasificados.

Dada la influencia de este sector en la mayoría de las actividades económicas del sector real y su potencial para generar soluciones a los retos a los que se enfrenta la humanidad y el ambiente, gran parte de los procesos de innovación responden a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos por la Organización de las Naciones Unidas en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030.

A través de la producción, el uso y la gestión responsables de los productos químicos, la industria química puede apoyar los ODS a través de productos, procesos, servicios y prácticas innovadoras que minimizan los impactos negativos, protegen el medio ambiente, promueven el progreso social y apoyan el crecimiento económico (World Business Council for Sustainable Development, 2018). A continuación, se evidencian algunas acciones que, según el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, se pueden tomar para contribuir al cumplimiento de estos objetivos en 2030.

Para proveer soluciones de producción y consumo responsables (ODS No. 12) y contribuir al objetivo de *hambre cero* (ODS No. 2), es importante trabajar en el corto y mediano plazo en el suministro de alimentos más saludables y sostenibles, la reducción de desperdicios en esta cadena de valor, el fortalecimiento de la economía circular y tecnologías de bajas emisiones de gases de efecto invernadero con el objetivo de minimizar el impacto adverso al ambiente.

En este sentido se requiere trabajar en el mediano y largo plazo en el desarrollo o transformación de aditivos alimentarios que permitan hacer frente a la malnutrición y fortalecer la innovación de procesos y productos en el sector de envases y empaques en el mediano plazo para reducir el desperdicio de alimentos, es imprescindible.

Adicionalmente, es importante fortalecer los procesos de transferencia de conocimiento y promover buenas prácticas para el uso adecuado de productos químicos de uso agropecuario en los primeros eslabones de las cadenas de valor, es decir, transferir conocimientos entre la industria y el sector rural.

Otro enfoque de principal interés es el manejo adecuado del recurso hídrico. En este sentido es importante promover procesos, productos y alianzas para aumentar la resiliencia en los sistemas de suministro de agua, mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales, reducir la contaminación de cuerpos de agua naturales.

Además, se requiere adoptar medidas en el corto y mediano plazo para disminuir el consumo de energía y promover fuentes de energía alternativas. Finalmente, la industria química puede trabajar en desarrollos tecnológicos que contribuyan a la transformación de ciudades en espacios sostenibles e inclusivos a través de, por ejemplo, la evaluación de los activos de producción y el riesgo de pérdida de resiliencia relacionado con el cambio climático de la cadena de valor.

En el contexto colombiano, el tamaño de la industria química en 2018 fue de 24,17 billones de pesos colombianos, con un crecimiento histórico de CAGR de 11,7% hasta el 2018 (Colombia Productiva, 2019b). Según el CONPES 3866 de 2016, esta industria (conocida como sector de química básica) se posiciona como uno de los sectores productivos estratégicos para el país, y por esto se desarrollan líneas de acción exclusivas, con el apoyo de Colombia Productiva, brazo ejecutor de la Política Industrial y articulador de la gestión de entidades públicas y privadas para superar cuellos de botella de ciertos sectores económicos.

Dentro de las acciones que adelanta el Gobierno Nacional para este sector, se ha establecido un plan de negocios con acciones prioritarias para ejecutar entre 2019 y 2032 (Colombia Productiva, 2019b), algunas de las cuales se relacionan a continuación.

- En el corto plazo (2019-2020), el sector debe generar estrategias para incentivar la producción y exportación de materia prima habilitadora para los sectores industriales del país (bioactivos, oleoquímica, sucroquímica, entre otros).

- En el mediano plazo (2021-2025), es importante fortalecer el aprovechamiento de residuos de procesos y desarrollar la infraestructura para la producción de las materias primas mencionadas en las acciones del corto plazo. Además, es importante promocionar la transformación digital y la gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas de uso industrial.

- En el largo plazo (2026-2032), se debe desarrollar la síntesis de ingredientes activos para producir en el país, desarrollar productos a partir de la minería legal, estructurar proyectos para generar y utilizar energías alternativas e impulsar la innovación en biotecnología en las universidades.

Tanto a nivel nacional como internacional, se evidencia que la industria química debe centrar sus esfuerzos en generar soluciones a los retos a los que se enfrenta la humanidad y el ambiente, y evidenciar los resultados de sus acciones en la década del 2030. Bajo esta perspectiva, las líneas de acción convergen en la generación y uso de energías alternativas, fortalecimiento del sector primario y promoción de la economía circular, que permita desarrollar productos, servicios, procesos y prácticas sostenibles e inclusivas a partir de materias primas habilitantes.

1.4.1 Propiedad intelectual y transferencia de tecnología en el sector químico

En 2020, cerca del 21% de las aplicaciones de patentes a nivel internacional correspondieron al sector tecnológico de la química, del cual destacan las áreas de farmacéutica, biotecnología y química orgánica fina. Cabe resaltar que, dentro del top 50 de los aplicantes de patentes vía PCT entre 2018 y 2020 se encuentran empresas del sector químico tales como 3M, BASF, Halliburton y Corning Incorporated (World Intellectual Property Organization, 2021).

En Colombia, el sector químico es el sector tecnológico que tiene mayor participación en la solicitud de patentes, con cerca del 22% de las solicitudes en 2017, tanto en la oficina de la Superintendencia de Industria y Comercio como a través de PCT. De manera similar al comportamiento observado a nivel internacional, en este sector se destacan las áreas de ingeniería química, química de alimentos, farmacéutica y química de materiales

básicos. Asimismo, dentro de las principales entidades solicitantes de patentes se encuentran organizaciones del sector químico.

En cuanto a los solicitantes residentes, en el Top 30 de los aplicantes de patentes entre 2000 y 2018 se encuentran Ecopetrol S.A., Team Foods Colombia S.A., Procaps S.A., Cementos Argos S.A. y la Federación Nacional de Cafeteros. En contraposición, en el Top 10 de los solicitantes de patentes no residentes entre 2000 y 2018, todas las empresas están relacionadas con el sector químico, principalmente del área farmacéutica. Las compañías son: Bayer Cropscience, Colgate – Palmolive Company, Novartis AG, Pfizer, Astrazeneca, Dow, SCA Hygiene Products, F. Hoffmann – La Roche, Boehringer Ingelheim International y Sanofi – Aventis.

En el ámbito universitario, la participación del sector tecnológico de la química en la solicitud de patentes aumenta con respecto a la totalidad de los aplicantes. A nivel internacional, cerca del 59% de las aplicaciones de patentes de las 300 universidades líderes en patentamiento correspondieron a este sector tecnológico en el periodo comprendido entre 2001 y 2011 (Fisch et al., 2015). En Colombia, en el periodo comprendido entre 1988 y 2010, el 33,7% de las patentes solicitadas por universidades fueron en el área de ingeniería química, el 8,7% en química pura y el 3,6% en química farmacéutica, evidenciando que el sector tecnológico de la química es el más relevante en el patentamiento de las universidades del país (González-Gélvez & Jaime, 2013).

En este campo, la innovación se posiciona como un impulsor en la generación o mejoramiento de procesos y productos, a través de las áreas de investigación, desarrollo & innovación (I+D+i) o sus equivalentes; alianzas estratégicas con centros de investigación o universidades; adquisición de emprendimientos o empresas de base tecnológica, entre otras alternativas de innovación que generan desarrollo y transformación en el sector.

En esta área, Ruiz Ballén analizó el modelo de monitoreo y evaluación para la medición de resultados e impacto en proyectos de investigación propuesto en 2012 por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, a partir de seis proyectos de investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Se evidencia que los proyectos de investigación analizados cumplieron los objetivos trazados y se presentaron los productos y resultados esperados. Sin embargo, es importante dar

mayor visibilidad a los productos de investigación a diferentes actores, con el objetivo de transferirlos y generar un impacto con los proyectos de investigación (Ruiz Ballén, 2014).

Así, la presente tesis busca avanzar en el conocimiento y evaluación y valoración de tres tecnologías del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, de tal manera que faciliten su proceso de transferencia o generación de nuevos emprendimientos.

2. Metodología

Con el objetivo de proponer una estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria, particularmente desde el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia (DIQA), para el diagnóstico se seleccionó el método de estudio de casos.

El estudio de casos es una metodología mediante la cual se analiza un fenómeno en su contexto real a partir de múltiples fuentes que permitan obtener y analizar la evidencia, bien sea cuantitativa o cualitativa, o ambas. Se emplea fundamentalmente cuando no se busca tener un control sobre el contexto y cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no se diferencian claramente (Villarreal Larrinaga & Landeta Rodríguez, 2010; Yin, 2014).

El estudio de casos es recomendable cuando el fenómeno objeto de estudio debe ser comprendido con respecto a su contexto y cuando se deben considerar un gran número de elementos y observaciones, para dar respuesta principalmente a preguntas de investigación del tipo “cómo” y “por qué”, y requiere una descripción profunda y extensiva de las diferentes etapas sin buscar tener un control sobre el desarrollo y efecto de los fenómenos, en cuyo caso se requiere otro método de investigación (Yin, 2014).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos pueden estar influenciados por el sesgo del investigador o investigadores y, dado el volumen de fuentes de información y de evidencias cualitativas, se pueden presentar inconvenientes a la hora de sistematizar la información; por otro lado, se puede presentar el escenario en que los casos seleccionados no sean una muestra significativa y, por ende, que no se puedan generalizar los resultados sin la aplicación de una herramienta o metodología complementaria (validación) (Ruiz Ballén, 2014; Villarreal Larrinaga & Landeta Rodríguez, 2010).

Para minimizar las limitaciones mencionadas previamente, se debe utilizar un protocolo de estudio, emplear múltiples fuentes de evidencias, emplear metodologías para validar o contrastar los resultados obtenidos, entre otros (Ruiz Ballén, 2014).

A continuación, se enuncian los principales lineamientos establecidos para desarrollar la presente investigación:

- **Objetivo del estudio:**

Establecer las estrategias apropiadas a adoptar en el proceso de transferencia de los productos y resultados de la investigación universitaria a la industria, a partir de un estudio de casos del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

- **Unidad de análisis:**

Tecnologías del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

- **Elección de los estudios de caso:**

Muestra teórica no estadística, no aleatoria seleccionada a partir de los siguientes criterios:

i. Relevancia Académica: Generación de artículos, patentes, trabajos de grado y tesis de posgrado.
ii. Relevancia Industrial: Vínculo del tema de investigación con las perspectivas para la Industria Química al año 2032 consignadas en el Plan de Negocios del Sector de Química Básica, liderado por Colombia Productiva.

La selección de los estudios de caso se profundiza en el Anexo A.

- **Casos:**

3 tecnologías con diferentes niveles de avance y desarrollo en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

- **Fuentes de información:**

i. Primarias: Entrevistas semiestructuradas con los profesores investigadores.
ii. Secundarias: Fuentes de información de carácter técnico, legal y comercial descritas en la sección 2.2.

- **Métodos de recolección de información:**

Entrevistas semiestructuradas, matrices de recolección de información, revisión documental.

- **Registro y clasificación de la evidencia:**

Transcripción de las entrevistas, tabulación de la información en matrices y gráficas.

- **Evaluación del rigor y calidad metodológica:**

Uso de múltiples fuentes de evidencia. Creación de matrices con la información y los análisis del estudio.

Se desarrollaron las cinco etapas metodológicas propuestas por Yin para estudios de caso (Ruiz Ballén, 2014; Yin, 2009):

i. Diseño de la investigación.
ii. Preparación de la recolección de datos.
iii. Recolección de datos.
iv. Análisis del estudio de caso.
v. Elaboración de documentos finales.

2.1 Diseño de la investigación

Después de la selección de los estudios de caso, de acuerdo con los criterios del Anexo A y teniendo en cuenta el curso titulado “Transferencia Tecnológica: De la Investigación al Mercado” ofrecido por la Pontificia Universidad Católica de Chile y disponible en www.coursera.org, se definió que la investigación tendrá cuatro fases:

i. Identificación de Tecnologías.
ii. Evaluación de Tecnologías.
iii. Valoración de Tecnologías.
iv. Planteamiento de la Estrategia de Transferencia.

Para cada una de ellas se desarrollaron las cuatro etapas metodológicas adicionales, mencionadas previamente.

2.2 Preparación y ejecución de recolección de datos

Para la recolección de datos, se analizaron fuentes primarias y secundarias. En cuanto a las fuentes primarias, se realizaron entrevistas a profesores investigadores y a representantes de la industria vinculados a los estudios de caso. Mientras que las fuentes secundarias correspondieron principalmente a fuentes de información internas y públicas sobre conocimiento, tecnologías, análisis de mercado, regulación, entre otros aspectos relativos a cada estudio de caso.

Las entrevistas constaron de dos etapas: en primer lugar, se realizó un modelo de entrevista semiestructurada para la identificación de conocimiento y tecnologías implícitas, así como aspectos de contexto asociado a los casos seleccionados desde la perspectiva de Academia y de Industria, cuyas preguntas orientadoras se basaron en el trabajo desarrollado por Mir y colaboradores sobre el estudio de caso de la Universidad de Umeå en Suecia (Mir & Hassan, 2010).

En segundo lugar, se aplicó un cuestionario adaptado de los trabajos de Crepalde, y Fernandes y colaboradores en Brasil (Crepalde Medeiros, 2020; Fernandes et al., 2010), para determinar los factores que guían la transferencia de tecnología y cuyos resultados se emplean fundamentalmente en la última fase del presente estudio correspondiente al planteamiento de la transferencia de tecnología. Las preguntas orientadoras y el cuestionario se encuentran en los anexos B y C.

En cuanto al componente documental, la metodología consistió en el análisis y comparación de distintas fuentes de información. Para la identificación de activos académicos intelectuales, se analizó el periodo comprendido entre 2000-2020, empleando palabras claves definidas por el investigador y validadas en las entrevistas realizadas a los representantes del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. La selección de un periodo de tiempo cercano a los 20 años se debe principalmente a que la protección de una tecnología mediante una patente normalmente tiene una duración de 20 años (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2021) y, por lo tanto, es un periodo de tiempo razonable en el que una tecnología permanece vigente.

Las fuentes de información analizadas fueron:

- Base de Datos - Proceso de Acreditación ABET del Programa de Ingeniería Química; desarrollada por el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.
- ResearchGate.
- CvLAC de los docentes asociados a cada tema de investigación, los cuales se identificaron en las bases de datos anteriores.
- Superintendencia de Industria y Comercio.
- Grupo Nacional de Gestión de la Propiedad Intelectual de la Universidad Nacional de Colombia.
- PatentScope.

La identificación de tecnologías se realizó inicialmente con la búsqueda de artículos científicos, patentes y tesis a partir de palabras claves. Los artículos científicos se obtuvieron de CvLAC, ResearchGate y la base de datos del proceso de acreditación ABET. Las patentes se consultaron en la Superintendencia de Industria y Comercio y el Grupo Nacional de Gestión de la Propiedad Intelectual. Los trabajos de grado de pregrado y las tesis de posgrado analizadas a partir de fuentes secundarias, se obtuvieron principalmente de los perfiles de CvLAC de los docentes vinculados a cada estudio de caso.

Posteriormente se corroboraron las palabras claves y la información encontrada a través de las entrevistas semiestructuradas realizadas a los profesores investigadores seleccionados de acuerdo con su participación en autoría de artículos y patentes, y la dirección de trabajos de pregrado y posgrado.

Por otro lado, la evaluación de tecnologías se realizó de acuerdo con el contenido del curso titulado “Transferencia Tecnológica: De la Investigación al Mercado” ofrecido por la Pontificia Universidad Católica de Chile y el curso titulado “Patentes II” ofrecido por la Universidad Federal de Minas Gerais, en los cuales se establecen tres pilares de análisis: legal, técnico y de mercado. Para desarrollar la etapa de evaluación, se analizaron fuentes documentales del contexto comercial y técnico, normatividad y entes competentes en la Universidad Nacional, en el país y a nivel internacional, dentro de las cuales se encuentran:

- Espacenet y PatentScope.
- Superintendencia de Industria y Comercio.
- Google Scholar.

- Biblioteca digital de la Universidad Nacional de Colombia, disponible en www.bibliotecas.unal.edu.co.
- Asociaciones gremiales.
- Entidades Gubernamentales en Colombia como Ministerios.

La valoración de tecnologías se ejecutó de acuerdo con la guía práctica para la valoración de los activos intangibles en las instituciones de investigación y desarrollo generada por la Organización mundial de Propiedad Intelectual (World Intellectual Property Organization, 2016a), para lo cual se analizaron fuentes documentales asociadas al contexto económico de cada estudio de caso y del país, dentro de las cuales se encuentran:

- Asociaciones gremiales.
- Banco de la República de Colombia.
- Ministerio de Hacienda.
- Firmas de análisis de mercado.

Finalmente, la recolección de datos para el planteamiento de la estrategia de transferencia se basó en fuentes primarias y secundarias. En cuanto a la fuente primaria, se empleó el cuestionario correspondiente a la segunda sección de las entrevistas. Con respecto a las fuentes secundarias, se analizaron principalmente los documentos finales de las fases anteriores y la reglamentación aplicable para tal fin.

2.3 Análisis del estudio de caso

Los datos recolectados de acuerdo con las consideraciones previamente descritas fueron analizados de manera cuantitativa y cualitativa.

Las entrevistas fueron realizadas de manera virtual y fueron registradas mediante grabaciones de audio, con previa autorización de los entrevistados, con el objetivo de desarrollar un análisis y transcribir los principales resultados de estas. El tratamiento de la información y la disponibilidad de las grabaciones se encuentra delimitado mediante el Compromiso de Confidencialidad firmado por la investigadora y cuya estructura se encuentra establecida en el Anexo D. La confidencialidad es una buena práctica en procesos de interacción entre la Academia y la Industria en la cual se revela información

de base tecnológica, independientemente de los resultados del acercamiento entre los dos actores.

Con el objetivo de triangular la información, además de la entrevista semiestructurada, se realizó una comparación de los resultados obtenidos y del análisis de los productos, resultados e impactos de investigación obtenidos en las bases de datos respectivas.

Con respecto a la evaluación, es pertinente resaltar que se puede denominar también alistamiento de tecnologías (como en el caso de la convocatoria “Sácale jugo a tu patente” de Minciencias, *due diligence* e incluso inteligencia competitiva. En todos los casos, esta etapa corresponde a un proceso selectivo y sistemático para captar información de análisis y contexto de la tecnología desde el exterior de la misma y de la Universidad para convertirla en criterio de análisis y decisión en procesos de negociación y transferencia de tecnología (AENOR, 2011).

En el caso del componente tecnológico, el proceso se realiza de acuerdo con la metodología para vigilancia tecnológica, para la cual se establecen palabras claves mediante un mapa semántico a partir de las cuales se estructuran las ecuaciones de búsqueda en las fuentes de información tecnológicas mencionadas previamente. Los resultados de las búsquedas permiten conocer, si las hubiese, tecnologías emergentes, tecnologías competidoras, tecnologías superiores (AENOR, 2011; World Intellectual Property Organization, 2015).

De manera general, se usó como referencia la Guía de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual referente a los reportes de panorama de patentes (World Intellectual Property Organization, 2015) y el modelo de evaluación de invenciones propuesto por la firma “*Invention Evaluator*” (Invention Evaluator, 2015).

Para la valoración, se empleó como referencia principal la Guía práctica para la valoración de los activos intangibles en las instituciones de investigación y desarrollo generada por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (World Intellectual Property Organization, 2016b).

En cuanto al cuestionario, aplicado a 3 representantes de Academia y 3 de Industria, se tabularon los resultados y estos permitieron realizar un análisis cuantitativo de la información, sin perder de vista que se trata de una muestra pequeña, teniendo en cuenta que las preguntas consistían en preguntas de respuesta cerrada y algunas de ellas puntuadas según la escala de Likert (Likert, 1932).

2.4 Elaboración de documentos finales

Para cada fase establecida en el presente estudio, se consolidaron los resultados a través de diferentes mecanismos.

En cuanto a la identificación de tecnologías, se obtuvieron matrices de tabulación con la información obtenida a partir de las fuentes primarias y secundarias y la definición de las tecnologías susceptibles a análisis y transferencias junto con el conocimiento complementario a dichas tecnologías.

Como resultado de la evaluación de tecnologías, se presenta un reporte con el análisis desde los ámbitos técnicos, legales y económicas. Con respecto a la valoración de tecnologías, se obtuvo un valor económico para cada una y se reporta junto con las diferentes consideraciones y suposiciones.

Finalmente, para la fase del planteamiento de la estrategia de transferencia de tecnología, se presenta una tabulación y análisis del cuestionario aplicado, así como la definición de alternativas correspondiente a las fases preliminares y que, en conjunto, representan una hoja de ruta para transferir los resultados de investigación y extensión de la Universidad Nacional de Colombia a la Industria, particularmente desde el Departamento de Ingeniería -Química y Ambiental.

En síntesis, la Figura 2-1 presenta las principales consideraciones para cada etapa metodológica en las cuatro fases del presente estudio.

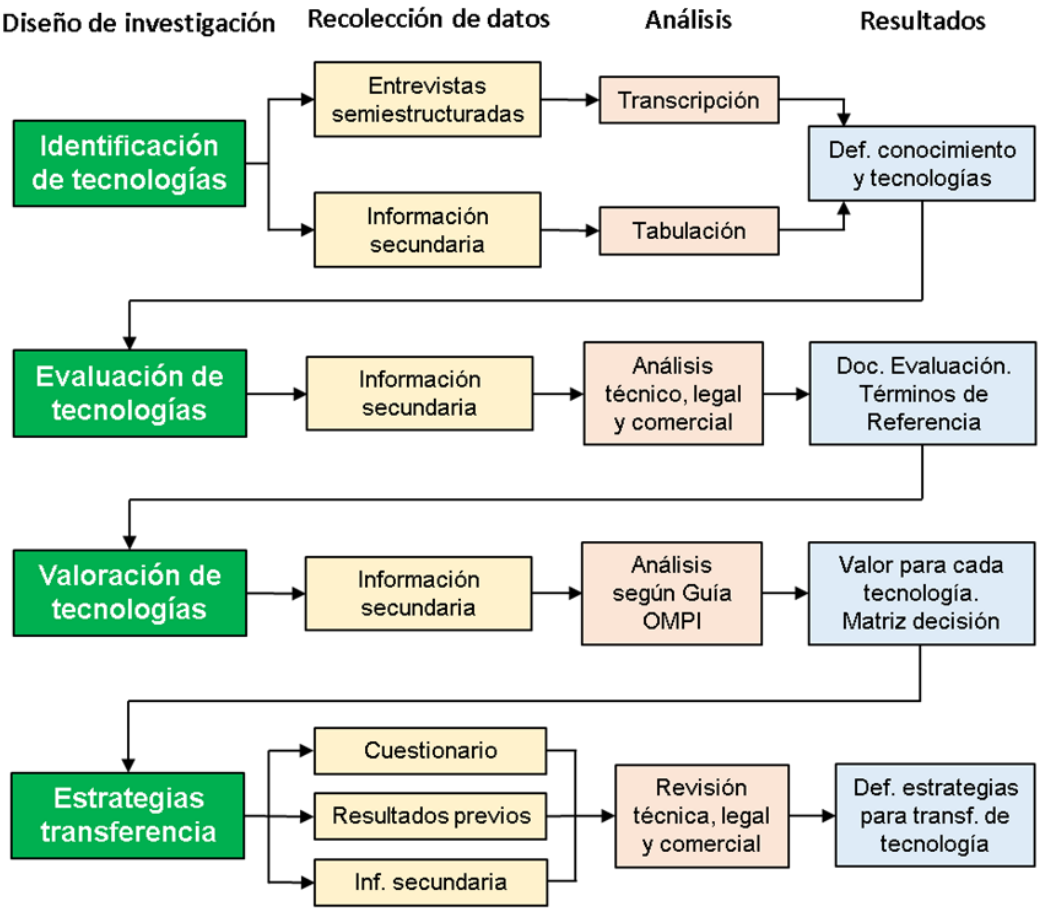


Figura 2-1: Metodología de la investigación

3. Identificación de tecnologías del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Los estudios de caso se seleccionaron de acuerdo con la información presentada en el Anexo A, después de analizar diferentes áreas de investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental desde la perspectiva académica y de contexto nacional. Los casos seleccionados son:

i. Valorización de Aceite de Fusel
ii. Biodiésel y Oleoquímica
iii. Cannabis Medicinal

3.1 Valorización de Aceite de Fusel

De acuerdo con la revisión realizada a partir de fuentes de información secundaria, se identifica que los primeros productos de investigación asociados a este tema de investigación se presentaron en el año 2010 y están representados en dos trabajos de grado de pregrado y una tesis de maestría. Los primeros artículos científicos se publicaron en 2013. Sin embargo, se evidencian trabajos preliminares abordados en la década del 2000 sobre producción de bioetanol (alcohol carburante) a partir de caña de azúcar, la cual a su vez es la materia prima para la producción de aceite de fusel.

Las palabras clave empleadas para la búsqueda de la información fueron:

- Aceite de fusel
- Alcohol isoamílico
- Isoamilo
- Fusel oil
- Isoamyl alcohol
- Isoamyl

De acuerdo con el procedimiento establecido en la sección 2.2, se encontraron 10 trabajos de grado de pregrado, 3 tesis de maestría, 1 tesis de doctorado y 13 artículos científicos en el periodo de análisis. Al respecto, se identificaron los docentes vinculados a la dirección de trabajos de grado de pregrado y tesis de maestría, así como de la autoría en los artículos de investigación. Los porcentajes de participación se evidencian en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Docentes vinculados al estudio de caso sobre valorización de aceite de fusel

Docente	Trabajos dirigidos	Autoría artículos científicos
Álvaro Orjuela Londoño	14,3%	53,8%
Gerardo Rodríguez Niño	7,1%	92,3%
Iván Darío Gil Chaves	50,0%	61,5%
Julio César Vargas Sáenz	35,7%	23,1%

Teniendo en cuenta la alta participación del profesor Gerardo Rodríguez en la autoría de artículos científicos asociados al estudio de caso, él fue seleccionado para realizar la entrevista semiestructurada, a partir de la cual se obtuvo la información primaria asociada al caso.

Durante la entrevista, se identificó que la investigación en valorización de aceite de fusel inició con la Convocatoria de 2009 para conformar un banco de proyectos elegibles de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, en la modalidad de cofinanciación, en el Marco del Convenio Colciencias-Ecopetrol (Convocatoria No. 490/09), teniendo en cuenta que el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental fue beneficiaria de la Convocatoria con el proyecto titulado “Estudio técnico-económico de alternativas para la valorización del aceite de fusel generado en la producción de bioetanol en Colombia” dirigido por el profesor Gerardo Rodríguez Niño.

Sin embargo, antes de la convocatoria mencionada, el Grupo de Investigación y los docentes vinculados al proyecto tenían experiencia en producción de bioetanol y en procesos de esterificación, por ejemplo, para la producción de acetato de etilo, lo cual fue fundamental para el desarrollo del proyecto de investigación en aceite de fusel.

Adicionalmente, se definió que es importante incluir como palabra clave “acetato de isoamilo”, con el objetivo de relacionar la totalidad de productos, resultados e impactos de investigación asociada al aceite de fusel. Sin embargo, al incluir el término en la búsqueda, se obtuvieron los mismos resultados en cuanto a trabajos de pregrado y posgrado, y artículos científicos, teniendo en cuenta que las búsquedas realizadas con el término “isoamilo” consideraban también implícitamente las del “acetato de isoamilo”.

Por otro lado, la entrevista permitió la identificación de un trabajo de pregrado, dos tesis de maestría y dos tesis de doctorado adicionales a las que se encontraron mediante la búsqueda en los perfiles de CvLAC de los profesores relacionados en la Tabla 3-1. Considerando lo anterior, en la Tabla 3-2 se relacionan los productos de investigación asociados a los trabajos dirigidos por los profesores del DIQA en pregrado, maestría y doctorado con relación al estudio de caso. Por otro lado, en la Tabla 3-3 se presentan los artículos científicos cuyos autores son profesores del DIQA y que también están relacionados con el estudio de caso.

Tabla 3-2. Trabajos de grado de pregrado y tesis de posgrado concluidos y reportados en CvLAC entre 2000 y 2020 sobre valorización de Aceite de Fusel

Año	Trabajos de grado Pregrado	Tesis Maestría	Tesis Doctorado	Total
2010	2	1	0	3
2011	3	0	0	3
2012	0	3	0	3
2013	0	0	1	1
2014	0	0	1	1
2016	2	0	0	2
2017	0	1	0	1
2018	1	0	0	1
2019	3	0	0	3
2020	0	0	1	1
Total	11	5	3	19

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en el CvLAC de los docentes relacionados en la Tabla 3-1

Tabla 3-3. Artículos científicos publicados entre 2000 y 2020 sobre valorización de Aceite de Fusel

Año	Artículos científicos	Artículos base ABET	Artículos CvLAC	Artículos ResearchGate
2013	4	3	4	4
2015	2	2	2	2
2016	3	3	3	3
2017	2	2	2	2
2019	1	0	1	1
2020	1	0	1	1
Total	13	10	13	13

- **Identificación de conocimiento**

A partir de la revisión de los artículos científicos se determinó, de manera preliminar, el conocimiento tácito generado, mejorado o apropiado con relación a la valorización de aceite de fusel:

- Determinación de equilibrios de fases de sistemas reactivos y no reactivos.
- Estudios cinéticos en reacciones de esterificación con catálisis heterogénea.
- Validación de información experimental con tests de consistencia termodinámica.
- Elaboración de curvas residuales reactivas.
- Modelamiento y simulación de procesos.

- **Identificación de tecnología**

Adicionalmente, se identificaron los *Know-Hows* en el estudio de caso:

- Diseño de procesos a partir de información experimental y modelamiento y simulación de procesos: procesos de reacción, separación y destilación reactiva.
- Diseño, construcción y puesta en marcha de plantas piloto, principalmente columnas de destilación.
- Protocolo para caracterización de materias primas y productos intermedios.

Mediante la entrevista con el profesor Gerardo Rodríguez, se identificó que a partir de los proyectos de investigación relacionados con la valorización del aceite de fusel se desarrollaron dos plantas piloto: columna de destilación reactiva y columna de destilación de aceite de fusel, acoplado a un reactor de polimerización.

3.2 Biodiésel y Oleoquímica

Se identifica que este estudio de caso tiene más de 20 años de desarrollo en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, teniendo en cuenta que los primeros productos y resultados de investigación datan del año 2003.

Las palabras clave empleadas para la búsqueda de la información fueron:

- Aceite de palma
- Aceite de palmiste
- Alquil ésteres de ácidos grasos
- Biodiésel
- Glicerina
- Reactor de película líquida
- Palm oil
- Palm kernel oil
- Alkyl esters of fatty acids
- Biodiesel
- Glycerin
- Falling film reactor

Al igual que en el caso anterior, se identificaron los docentes vinculados a los estudios de caso, a través de la dirección de trabajos de grado de pregrado y tesis de maestría, así como de la autoría en los artículos de investigación. Se encontraron 18 trabajos de pregrado, 9 tesis de maestría, 3 tesis de doctorado y 33 artículos científicos. Los porcentajes de participación se evidencian en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4. Docentes vinculados al estudio de caso sobre Biodiésel y Oleoquímica

Docente	Trabajos dirigidos	Autoría artículos científicos
Álvaro Orjuela Londoño	13,3%	9,1%
Juan Guillermo Cadavid Estrada	0%	15,2%
Julio César Vargas Sáenz	6,7%	0%
Óscar Yesid Suárez Palacios	3,3%	15,2%
Paulo César Narváez Rincón	76,7%	87,9%

Rubén Darío Godoy Silva	0%	6,1%

Adicionalmente, es importante tener en cuenta que las patentes relacionadas en el Anexo A, cuyos inventores son Gerardo Rodríguez Niño, Juan Guillermo Cadavid Estrada, Paulo César Narváez Rincón y Rubén Darío Godoy Silva hacen parte del análisis del presente estudio de caso.

Considerando la alta participación del profesor Paulo César Narváez Rincón en la autoría de artículos científicos, las patentes, y la dirección de trabajos de pregrado y posgrado, fue seleccionado para realizar la entrevista semiestructurada. En la cual se evidenció que el estudio de caso no se debería denominar “desarrollo de la cadena de valor de aceite de palma” como lo había titulado el investigador inicialmente, teniendo en cuenta que los productos, resultados e impactos de investigación estaban asociados a oleoquímica en general. Por lo anterior se definió titular el estudio de caso como “Biodiésel y Oleoquímica”.

Se conoció además que el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental empezó a desarrollar proyectos de investigación relativos a la oleoquímica desde antes de la década de 1990, liderados principalmente por los profesores Ramiro Rueda y Francisco Sánchez. Sin embargo, en las fuentes de información consultadas no se reportan registros de la época mencionada. Aunque el enfoque principal no fue desarrollar puntualmente la cadena de valor de aceite de palma, desde inicios del siglo XXI se emplea como materia prima en los proyectos de investigación, teniendo en cuenta que era la materia prima con mayor disponibilidad en el país. Pero los resultados, productos e impacto se pueden aplicar a diferentes aceites, dentro de los que se encuentran el aceite de soya, de linaza, de jatropha y, recientemente, los aceites usados de cocina.

Teniendo en cuenta lo anterior, se validaron las palabras claves definidas para realizar la búsqueda de artículos científicos y trabajos de pregrado y posgrado desarrolladas en la Universidad. No obstante, se identificaron dos tesis de doctorado adicionales a las encontradas a través de los diferentes perfiles de CvLAC.

En la Tabla 3-5 se relacionan los productos de investigación asociados a los trabajos dirigidos por los profesores del DIQA en pregrado, maestría y doctorado con relación al estudio de caso. Por otro lado, en la Tabla 3-6 se presentan los artículos científicos cuyos autores son profesores del DIQA y que también están relacionados con el estudio de caso.

Tabla 3-5. Trabajos de grado de pregrado y tesis de posgrado concluidos y reportados en CvLAC entre 2000 y 2020 sobre Biodiésel y Oleoquímica

Año	Trabajos de grado Pregrado	Tesis Maestría	Tesis Doctorado	Total
2003	1	0	0	1
2005	1	0	0	1
2006	0	1	1	2
2007	3	0	1	4
2008	3	1	0	4
2009	1	1	0	2
2010	0	1	0	1
2011	1	0	1	2
2012	1	2	1	4
2013	0	0	1	1
2014	0	1	0	1
2015	1	0	0	1
2016	0	1	0	1
2017	1	0	0	1
2018	1	1	0	2
2019	1	0	0	1
2020	3	0	0	3
Total	18	9	5	32

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en el CvLAC de los docentes relacionados en la Tabla 3-4

Tabla 3-6. Artículos científicos publicados entre 2000 y 2020 sobre Biodiésel y Oleoquímica

Año	Artículos científicos	Artículos base ABET	Artículos CvLAC	Artículos ResearchGate

2003	1	0	1	0
2004	3	3	3	1
2005	2	2	1	1
2007	3	3	2	2
2008	2	2	2	1
2009	3	3	3	3
2011	0	0	0	0
2013	1	1	1	1
2014	3	3	3	3
2015	1	1	1	1
2016	4	4	4	4
2017	2	2	2	2
2018	3	3	3	3
2019	1	0	1	1
2020	4	0	4	3
Total	33	27	31	26

- **Identificación de conocimiento**

A partir de la revisión de los artículos científicos se determinó, de manera preliminar, el conocimiento generado, mejorado o apropiado con relación a este estudio de caso:

- Aplicación de modelos y metodologías multicriterio para analizar de manera integral un producto o proceso, con enfoque principal a la sostenibilidad.
- Determinación de equilibrios de fases y cinéticas de reacción.
- Caracterización y modelamiento de fenómenos de transporte (fluidodinámica).
- Modelamiento y simulación de procesos.

- **Identificación de tecnología**

Adicionalmente, a partir de las tesis de posgrado y los artículos científicos se identificaron los *Know-Hows* en el estudio de caso:

- Diseño de procesos de reacción y separación empleando como materias primas ácidos grasos y/o sus respectivos ésteres.
- Diseño, construcción y puesta en marcha de equipos de reacción.

- Protocolo para control de calidad de productos y procesos.
- Vigilancia tecnológica.

Es importante resaltar que en esta área el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental cuenta con patentes que, de acuerdo con la entrevista realizada, tratan principalmente de cuatro tecnologías:

i. Proceso de producción de biodiésel en reactores de película líquida operado en paralelo.
ii. Proceso de producción de biodiésel en reactores de película líquida operado en contracorriente.
iii. Proceso de producción de biodiésel en reactores de película líquida con membrana.
iv. Proceso de producción de monoglicéridos.

3.3 Cannabis Medicinal

Esta área de investigación es reciente en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, y en CvLAC se reportan 4 trabajos de grado de pregrado desarrollados en 2020 dirigidos por el profesor Iván Darío Gil Chaves, sin contar con registros previos a la fecha mencionada. Adicional a esto, desde la línea de extensión, en 2020 el DIQA desarrolló tres cursos asociados a esta temática: dos de ellos titulados “Procesamiento de Cannabis medicinal: de la teoría a la práctica” y el tercero denominado “Control de calidad para la Industria del Cannabis y sus derivados”, bajo la dirección de Iván Darío Gil Chaves. Es importante mencionar que algunos de los conferencistas de los cursos fueron profesores del DIQA: Gerardo Rodríguez Niño, Julio César Vargas Sáenz y Luis Ignacio Rodríguez Varela.

Considerando la alta participación del profesor Iván Darío Gil Chaves en la dirección de trabajos de grado y realización de actividades de extensión asociadas al Cannabis Medicinal, fue seleccionado para realizar la entrevista semiestructurada. Mediante la cual se identificaron los principales factores que han impulsado el desarrollo de investigación en esta área, así como los retos para continuar con la ejecución de estudios.

En primer lugar, se determinó que los trabajos en materia de investigación en el DIQA asociados a Cannabis Medicinal iniciaron en 2018, después de la expedición de la reglamentación que permite el uso de este botánico con fines medicinales (Ley 1787 de 2016) y considerando dos aspectos técnicos relevantes. En primer lugar, la experiencia previa del Grupo de Investigación en operaciones de separación con otras materias primas, que se pueden adaptar al procesamiento de Cannabis, dentro de las cuales se pueden mencionar la extracción con fluidos supercríticos, cristalización, destilación molecular, entre otros. En segunda instancia, se identificó la ausencia de reportes de información técnica asociada al procesamiento de Cannabis Medicinal.

Se evidenció además que desde 2018 se inició el trabajo colaborativo con empresas del sector y se empezaron a desarrollar tesis de posgrado, con el fin de contribuir al desarrollo industrial del sector y el cierre de brechas tecnológicas de dos de las empresas líderes en Cannabis Medicinal a nivel nacional. Por otro lado, se identifican alianzas con docentes y entidades de otras áreas del conocimiento, permitiendo una implementación de estrategias de manera integral. Adicionalmente, durante 2020 se desarrollaron trabajos de grado de pregrado, principalmente bajo el esquema de monografías, que han permitido establecer la base conceptual y de contexto para el desarrollo de los proyectos de investigación.

Adicionalmente, se evidenció que se han realizado actividades de investigación asociadas a diferentes etapas del proceso, en el cual se obtienen los compuestos de interés a partir de la flor seca de cannabis. A continuación, se presentan los avances asociados a las tres grandes etapas:

- Secado, molienda y descarboxilación: si bien son operaciones de separación ampliamente conocidas en ingeniería química, se han evidenciado e implementado mejoras en su aplicación en esta industria. Dentro de esta etapa se resalta el trabajo realizado en la operación de secado, en el que se ha logrado reducir el tiempo de la operación en aproximadamente un 50% con respecto a las tecnologías disponibles actualmente, minimizando costos de esta.

- Extracción: la cual se puede hacer principalmente con fluidos supercríticos y con etanol y se encuentra ampliamente estudiada y estandarizada. Sin embargo, en esta etapa se requiere la inversión en equipamiento a escala planta piloto con el objetivo de identificar mejoras en el procesamiento, cuyo proceso de adquisición

para el Laboratorio de Ingeniería Química se encuentra en curso. Aunque la Universidad cuenta con equipos a escala laboratorio, analizar el proceso a nivel planta piloto e industrial permite evidenciar los cambios asociados a los fenómenos de transporte y propender por el mejoramiento de la eficiencia en esta etapa.

- Winterización, destilación molecular, cromatografía y/o cristalización: son operaciones para la recuperación de compuestos bioactivos. En Winterización, se ha avanzado en la identificación de propiedades y solubilidades para identificar mejoras en los procesos principalmente asociadas a la reducción de tiempos; dentro de las principales oportunidades se visualiza la generación de tecnologías (equipos de winterización) que se desarrollen particularmente para la industria de cannabis, teniendo en cuenta las diferencias de densidades de esta industria frente a los otros aceites y grasas. También se están ajustando condiciones de operación y generando protocolos en la destilación para mejorar el producto que ingresa a la etapa de cristalización, la cual también está siendo analizada para identificar mejoras en tiempos y uso de solventes.

Finalmente, en la entrevista con el profesor Iván Gil, se identificó que hay diferentes desafíos para contribuir al desarrollo de la cadena de valor de Cannabis Medicinal, dentro de los que se encuentran aspectos regulatorios asociados a la reglamentación de usos de cannabis en ámbitos diferentes al medicinal y al debate actual sobre la viabilidad de exportación de flor seca, la cual se encontraba prohibida en el momento de la realización de la entrevista. En segunda instancia, es importante promover la formación de talento humano a nivel de posgrado para generar mayor conocimiento. En tercer lugar, promover la obtención de la licencia de investigación y la inversión en infraestructura necesaria para investigar en la etapa de extracción y fomentar generación de conocimiento y tecnologías asociadas a esta etapa. Finalmente, desde el ámbito tecnológico, es importante consolidar el aprovechamiento integral del cannabis medicinal y el cáñamo en otras industrias como la construcción, alimentos, cosméticos, entre otros.

Con el objetivo de considerar en el presente estudio la perspectiva por parte de la industria y contrastar los resultados con las demás fuentes de información, se realizó una entrevista a Ana María Borda Gutiérrez, directora de Investigación y Desarrollo de Medcolcanna,

empresa que actualmente trabaja de manera colaborativa con el DIQA y con la cual se está desarrollando una tesis de doctorado bajo un convenio entre la Universidad y la Empresa.

Medcolcanna es una compañía fundada en 2018 dedicada al cultivo y procesamiento de cannabis psicoactivo y no psicoactivo. Desde su inicio, ha tenido una fuerte orientación a la investigación, como una vía para mejorar cada etapa del proceso, teniendo en cuenta que es una industria nueva y que la información es limitada, por sus antecedentes como estupefaciente.

La compañía se encuentra ubicada en la Sabana de Bogotá y, entre otras razones, esto le ha permitido promover trabajos colaborativos con la Academia, como lo es la Universidad Nacional de Colombia, con quien tiene un convenio marco y ha desarrollado proyectos de investigación y proyectos de grado en los campos de ingenierías y ciencias agrarias. De manera general, uno de los principales enfoques del desarrollo de actividades de investigación, desarrollo e innovación en conjunto con la industria es el de estandarizar los procesos, lo cual es de alta relevancia en esta industria, dada la necesidad de cumplir con requerimientos de calidad exigentes, como los que se han establecido para el sector farmacéutico.

En la entrevista se identificó además que, en general, el sector ha sido receptivo al trabajo colaborativo entre Academia e Industria, como una vía para el desarrollo de la industria en el país. Dentro de los retos a analizar, sin que esto represente actualmente un impedimento al trabajo colaborativo, se encuentra la diferencia en tiempos entre la academia y la industria para la ejecución de proyectos de investigación, considerando que normalmente las empresas ejecutan proyectos más rápidos y la academia, proyectos de mayor profundidad.

En ambas entrevistas se identificó que el relacionamiento Universidad y Empresa ha sido de gran importancia en esta industria naciente y que, desde el campo de Ingeniería Química, se ha trabajado en el análisis y mejoramiento del procesamiento de la flor seca. Adicionalmente, en la entrevista de Ana María Borda se corroboró que el desarrollo tecnológico más avanzado a partir del trabajo colaborativo entre la Universidad y Medcolcanna corresponde al del proceso de secado.

De manera general, teniendo en cuenta la entrevista con el profesor Iván Gil y los conocimientos de los dos casos anteriores, se puede mencionar que dentro de los principales conocimientos que pueden aportar significativamente a la consolidación de la investigación en Cannabis Medicinal se encuentran:

- Análisis de equilibrios de fases de sistemas reactivos y no reactivos.
- Determinación de propiedades fisicoquímicas de materias primas, productos intermedios y productos finales.
- Validación de información experimental con test de consistencia termodinámica.
- Modelamiento y simulación de procesos.
- Caracterización y modelamiento de fenómenos de transporte (fluidodinámica).

Por otro lado, a continuación, se evidencian las tecnologías identificadas:

- Diseño de procesos y equipos a partir de información experimental y modelamiento y simulación de procesos, principalmente para etapas de secado, extracción con etanol y fluidos supercríticos, winterización y cristalización.
- Protocolo para desarrollo de etapas de separación y para caracterización de materias primas y productos intermedios.

3.4 Definición de tecnologías objeto de análisis

Considerando los productos, resultados e impactos de investigación en cada uno de los estudios de caso identificados a partir de las fuentes de información primarias y secundarias empleadas en el presente estudio, a continuación, se describen las tecnologías seleccionadas para desarrollar la evaluación y valoración.

- **Valorización de Aceite de Fusel:**

Se definió como tecnología el sistema piloto de destilación-reacción para la producción de esteres como acetato de isoamilo y el Know-How asociado a su diseño, construcción y puesta en marcha.

- **Biodiésel y Oleoquímica:**

La tecnología seleccionada es el uso de reactores de película líquida descendente para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos, descritos en la familia de patentes titulada

“sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operando en contracorriente”.

- **Cannabis Medicinal:**

La tecnología por evaluar y valorar es la que se encuentra en desarrollo con respecto al secado y las mejoras que permitieron reducir el tiempo, por ende, los costos, en esta operación de separación.

Es importante reconocer que, en los tres estudios de caso, el conocimiento tácito y el conocimiento explícito en los artículos y tesis hace referencia al estudio de equilibrios de fases, cinéticas de reacción, determinación de propiedades fisicoquímicas, validación de información experimental con test de consistencia termodinámica y modelamiento y simulación de procesos. Lo cual constituye, de manera transversal, la base para la generación de las tecnologías.

A continuación, se relacionan los conocimientos tácitos y explícitos que se identificaron que son comunes (o podrían ser comunes) a los tres casos analizados y que podrían representar una base teórica fundamental en los procesos de transferencia:

- Determinación de equilibrios de fases de sistemas reactivos y no reactivos.
- Estudios cinéticos con catálisis heterogénea y homogénea (cuando hay procesos de reacción).
- Validación de información experimental con tests de consistencia termodinámica.
- Modelamiento y simulación de procesos.

Finalmente, el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental cuenta con un laboratorio dotado de equipos de análisis para la determinación de equilibrios de fases, estudios cinéticos, una sala de simulación y equipos a escala piloto para llevar a cabo análisis de las tecnologías desarrolladas y descritas previamente, los cuales se consolidan como activos tangibles a considerar en los paquetes tecnológicos susceptibles a procesos de transferencia de tecnología.

4. Evaluación de tecnologías

Considerando que la innovación tecnológica es un proceso costoso, complejo y de largo plazo, la realización de evaluaciones integrales y sistemáticas de las tecnologías permiten orientar las estrategias de transferencia, incluso a través de metodologías de bajo costo y rápidamente. Los resultados de las evaluaciones permiten, entre otros, definir las futuras inversiones en las tecnologías asociadas a protección de propiedad intelectual, definición de valor económico justo de las invenciones, actividades de mercadeo, entre otros. (Massachusetts Institute of Technology, 2010; Nelsen, 2007; Udell, 1989).

Una evaluación preliminar de tecnología se realiza preferiblemente antes de solicitar un derecho de propiedad intelectual, para analizar la pertinencia de las inversiones asociadas a este rubro (Massachusetts Institute of Technology, 2010). Adicionalmente, es importante considerar que los procesos de evaluación son dinámicos y también tienen impacto temporal. Por lo anterior, pueden y deben ser realizados en cualquier momento con el objetivo de determinar la vigencia de la tecnología y definir las acciones de transferencia aplicables de acuerdo con los resultados.

La evaluación se caracteriza por tener tres pilares: legal, técnico y de mercado. El aspecto legal evalúa aspectos de la fuerza de la patente con relación a si es una patente dominante o no dominante; el técnico analiza cuál es el avance de esta con relación al estado de la técnica, a partir de los bancos de datos de patentes y productos ya existentes y, por último, el mercado permite establecer cuáles son las necesidades y oportunidades.

De esta manera, se pueden identificar los aspectos que hacen que la tecnología sea superior con respecto a las disponibles, la oportunidad de penetración en el mercado y el tamaño del mismo, la posibilidad de desarrollar la innovación a partir de la tecnología por factores no tecnológicos, entre otros (World Intellectual Property Organization, 2016a).

En el ámbito tecnológico, la evaluación de la tecnología se puede desarrollar, entre otros, realizando un mapa de patentamiento, considerando que las patentes se pueden considerar como una fuente de información fundamental sobre los desarrollos que se generan el campo tecnológico específico y permite determinar el grado de invención de una tecnología para guiar las fases de protección y transferencia.

Desde otra perspectiva, el componente técnico de la evaluación de la tecnología determina la madurez de esta, para lo cual comúnmente se emplean los niveles TRL (*Technology Readiness Level*) desarrollada por la NASA para tal fin. La escala TRL se encuentra entre 1 y 9 y se describen de la siguiente manera (Colciencias, 2017; NASA, 2012):

- **TRL 1:** Principios básicos observados.
- **TRL 2:** Concepto de tecnología formulado.
- **TRL 3:** Prueba experimental de concepto.
- **TRL 4:** Validación de componentes/subsistemas en pruebas de laboratorio.
- **TRL 5:** Validación de sistema/subsistema o componente en un ambiente relevante.
- **TRL 6:** Demostración/validación de sistema, subsistema, modelo o prototipo en un ambiente con condiciones relevantes cercanas a las condiciones reales/operativas.
- **TRL 7:** Sistema/prototipo completo demostrado en ambiente operacional.
- **TRL 8:** Sistema completo y calificado a través de pruebas y demostraciones en ambientes operacionales.
- **TRL 9:** Sistema operativo.

Para los fines del presente estudio se adoptaron los criterios del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para definir el nivel de madurez en los niveles TRL, los cuales se establecen en las convocatorias de la Institución como anexo de estas[20].

En el presente capítulo se aborda una evaluación de las tecnologías seleccionadas para cada estudio de caso, analizándolas desde el ámbito técnico, legal y comercial, con el

[20] Se pueden consultar los criterios en los anexos de las convocatorias de Minciencias. Por ejemplo, la que se relaciona en el siguiente enlace: https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo-13-niveles-madurez-tecnologica-conv.pdf

objetivo de determinar el estado de la técnica, los mecanismos de propiedad intelectual y la viabilidad de transferencia a los sectores industriales respectivos.

La presentación de la evaluación se realiza principalmente de acuerdo con la Guía de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, referente a los reportes de panorama de patentes y la firma Invention Evaluator (Invention Evaluator, 2015; World Intellectual Property Organization, 2015), para lo cual se generó la Guía que se presenta en el Anexo E.

4.1 Valorización de Aceite de Fusel

4.1.1 Resumen ejecutivo

El diseño y puesta en marcha de una planta piloto de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo por parte del Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos representa una oportunidad para apoyar a una industria en auge, como lo es el etanol carburante y los subproductos generados a partir de su proceso de producción, y en general, procesos en la industria química, a través de la transferencia del *Know-How* relacionado con el análisis de los sistemas reactivos y las diferentes alternativas para mejorar los procesos en términos de rendimientos, eficiencia energética, costos, entre otros.

Se observa que en este campo se han desarrollado diferentes estudios y tecnologías, incluyendo la tecnología evaluada. No obstante, el diseño de los equipos y la puesta en marcha de los procesos representan un valor agregado que no se evidenció en la revisión de literatura y tecnologías patentadas. Por lo anterior, la presente tecnología es útil, posee diferencias radicales con la información disponible sobre estos procesos, y se puede abordar como un secreto industrial y transferir a la industria como un *Know-How*.

4.1.2 Introducción

De acuerdo con la tendencia internacional de diversificar la canasta energética, disminuyendo la dependencia de combustibles de origen fósil, Colombia ha trabajado desde el sector público y privado en el fomento y uso de combustibles de origen renovable. Bajo este contexto se promulgó la Ley 693 de 2001, *por la cual se dictan normas sobre el*

uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones[21]. En el Artículo 1° de la Ley en mención se especifica el etanol carburante como combustible, el cual es producido a partir de procesos de fermentación e hidrólisis de materias primas comestibles como la caña de azúcar.

El proceso de producción de bioetanol se desarrolla en tres grandes etapas: fermentación, destilación y deshidratación. La etapa de destilación genera un subproducto conocido como aceite de fusel, que representa entre el 0,25 - 0,5 vol% de la producción de bioetanol y contiene entre 41-85 vol% de isómeros del alcohol amílico (Kücük & Ceylan, 1998; Leyva et al., 2015). Con el fin de minimizar la generación de residuos y aprovechar los productos secundarios generados en el procesamiento de bioetanol, el aceite de fusel puede ser empleado en la producción de alcoholes en su forma pura, en el sector de solventes, sabores y fragancias, y en su uso como aditivo para combustibles (Sanchez Correa, 2020).

Con el objetivo de aumentar la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de valor de la producción de bioetanol, el Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos de la Universidad Nacional de Colombia ha desarrollado desde 2009 proyectos de investigación en colaboración con la Industria y el Gobierno para diseñar procesos y equipos que permitan aprovechar el aceite de fusel generado en los ingenios azucareros del país, dentro de los cuales se encuentra el diseño y montaje de un sistema piloto de destilación – reacción para la producción de ésteres. Los primeros productos y resultados de investigación en esta línea de investigación se reportan en el año 2010, a partir del cual se han generado 11 trabajos de grado de pregrado, 5 tesis de maestría, 3 tesis de doctorado, 13 artículos científicos y 2 plantas piloto, de acuerdo con la información presentada en la sección 3.1.

Considerando la importancia del aprovechamiento integral de los productos secundarios generados en una industria consolidada en Colombia como lo es la de la caña de azúcar

[21] La Ley 693 de 2001 fue reglamentada por el Decreto 3862 de 2005, el cual fue compilado en 2015 en el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015.

y la producción de bioetanol, y los aportes realizados en esta dirección por el Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos, la presente evaluación tiene por objetivo presentar un análisis del diseño y puesta en marcha de la planta piloto para la destilación-reacción de ésteres como el acetato de isoamilo en los procesos de transferencia de *Know-How* para las empresas que desarrollen procesos de esterificación de aceite de fusel o derivados, o incluso procesos de esterificación en general en la industria química.

4.1.3 Descripción de la tecnología

La tecnología desarrollada en el marco del proyecto titulado “Estudio técnico-económico de alternativas para la valorización del aceite de fusel generado en la producción de bioetanol en Colombia” cofinanciado por Colciencias y Ecopetrol consiste en una planta piloto de destilación-reacción para la producción de ésteres, fundamentado en la producción de acetato de isoamilo.

De manera general, la planta piloto consta de tanques de almacenamiento de reactivos y productos, precalentadores, un pre-reactor, dos columnas de destilación reactiva (una para procesos continuos y otra para procesos por lotes, *batch*), un rehervidor, un condensador y decantador. Adicionalmente, cuenta con las bombas e intercambiadores de calor requeridos para la adecuada operación de la planta piloto. El diseño y montaje de la planta piloto fue realizado a partir del diseño conceptual y de detalle a cargo del Grupo de Investigación de Procesos Químicos y Bioquímicos. El diseño conceptual fue desarrollado con base en simulaciones en estado estable del sistema reactivo para la producción de acetato de isoamilo y haciendo uso de los mapas de curvas residuales del sistema. El diseño de detalle se realizó mediante el uso de software especializado, información a partir de la cual se elaboran los planos de los equipos que conforman la planta piloto. Adicionalmente, se selecciona la instrumentación básica para monitorear de forma remota el avance del proceso, mediante un PLC conectado a un computador, desde donde se controla de forma automática el proceso.

La información detallada de la tecnología, así como los resultados de su diseño se encuentran bajo compromiso de confidencialidad considerando que su desarrollo se presentó en el marco de un proyecto de investigación ejecutado por la Facultad de

Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y cofinanciado por Ecopetrol S.A. y Colciencias. Adicionalmente, no se obtuvieron derechos de propiedad intelectual asociados a la planta piloto y su diseño. No obstante, como la información relativa a la tecnología no ha sido revelada a través de documentos públicos y se encuentra bajo compromisos de confidencialidad, la planta piloto puede considerarse como un secreto industrial y el diseño de esta se posiciona como un *Know-How* del Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos.

Las principales ventajas de la planta piloto y de los procesos de destilación reactiva son las altas conversiones y selectividades de los procesos de esterificación, reducción en el volumen de catalizador, integración energética y reducción de etapas de proceso. No obstante, aumenta la complejidad del proceso y de su controlabilidad. La planta piloto que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Química permite acompañar los procesos de reconversión tecnológica y validación experimental para las empresas y entidades que trabajen con reacciones de esterificación y sus etapas de separación respectivas.

Estado de desenvolvimiento

En el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental se han generado productos, resultados e impactos de investigación relacionados con procesos y equipos para el aprovechamiento del aceite de fusel o sus componentes. Algunos de ellos se relacionan directamente con sistemas de destilación reactiva. Dentro de los productos y resultados de investigación se encuentran las publicaciones académicas y el conocimiento mejorado o generado sobre los fenómenos de transferencia (de masa y calor) y termodinámicos en las reacciones químicas de esterificación de los compuestos de interés y en las etapas de separación respectivas. A continuación, se presentan algunos resultados:

- Sánchez Cesar A., Herrera Andrés A., Vargas Julio C., Gil Iván D., Rodríguez Gerardo. Isobaric Vapor Liquid Equilibria for Binary Mixtures of Isoamyl Acetate + Ethyl Acetate at 50 and 100 kPa. Journal of Chemical & Engineering Data 2019, 64 (5), 2110-2115. DOI: 10.1021/acs.jced.8b01053.
- Sánchez, C. A., Sánchez O. A., Orjuela A., Gil I. D., Rodríguez, G. Vapor-liquid equilibrium for binary mixtures of acetates in the direct esterification of fusel oil. J. Chem. Eng. Data, 2017, 62 (1). Pp. 11-19.

- Leyva Fernando, Orjuela Alvaro, Kolah Aspi, Lira Carl, Miller Dennis, Rodríguez Gerardo. Isoamyl propionate production by reactive distillation. Separation and Purification Technology. Volume 146. 2015. Pages 199-212. ISSN 1383-5866.
- Rojas Oscar D., Salazar Andrés, Gil Ivan D., Rodríguez Gerardo, Conceptual Design for the Separation of a Mixture of Isoamyl Acetate and Isoamyl Alcohol, Editor(s): Zdravko Kravanja, Miloš Bogataj, Computer Aided Chemical Engineering, Elsevier, Volume 38, 2016, Pages 997-1002, ISSN 1570-7946, ISBN 9780444634283, https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63428-3.50171-5.
- González, Daniel & Bastidas, Paola & Gil, Iván. (2017). Design Alternatives and Control Performance in the Pilot Scale Production of Isoamyl Acetate via Reactive Distillation. Chemical Engineering Research and Design. 123. 347-359. 10.1016/j.cherd.2017.05.028.
- Sánchez Cesar A., Gil Iván D., Rodríguez Gerardo, "Fluid phase equilibria for the isoamyl acetate production by reactive distillation". En: Estados Unidos Fluid Phase Equilibria ISSN: 0378-3812 ed: Dynamic Publishers, Inc. v.518 fasc. p.1 - 11 ,2020, DOI: 10.1016/j.fluid.2020.112647.

No obstante, no se cuenta con derechos de propiedad industrial relacionados con los procesos de destilación extractiva o las alternativas de valorización de aceite de fusel. Considerando que la tecnología trata de una planta piloto en la que se puede llevar a cabo el proceso de reacción y destilación del sistema determinado en condiciones cercanas a las reales (escala industrial) y cuenta con sus manuales de operación y planos, la tecnología se encuentra en un TRL intermedio, correspondiente al nivel 5.

4.1.4 Consideraciones de mercado

Teniendo en cuenta que la producción de aceite de fusel está sujeta a la de bioetanol, en la Figura 4-1 se presenta una estimación de la producción de aceite de fusel a nivel mundial entre 2015 y 2020, considerando que representa cerca del 0,25% del bioetanol. La base de cálculo es la producción de bioetanol reportada por la Asociación de Combustibles Renovables, la cual alcanzó un valor de 29 billones de galones en 2019 y presentó una reducción del 10% en 2020, considerando los efectos de la pandemia por Covid-19. De la producción mundial de bioetanol, y por ende de aceite de fusel, Estados Unidos y Brasil

representan más del 80% en volumen, mientras que Colombia produce el 0,4% del bioetanol producido en el mundo (Renewable Fuels Association, 2021).

Considerando que el uso de alcohol carburante mezclado con combustibles provenientes del petróleo es obligatorio en algunos países como Colombia y que hay una tendencia regulatoria internacional de promover el uso obligatorio de biocombustibles, cada vez en mayor proporción, se espera un crecimiento en la producción y demanda de bioetanol a nivel internacional, lo que obligatoriamente representa un aumento en la producción de aceite de fusel. Según Markets and Markets, se espera un crecimiento el 14% anual (CAGR) (Markets and Markets, 2020).

Desde la década de los 2000, se empezaron a generar alternativas de valoración del aceite de fusel, como producto secundario obtenido en la producción de alcohol carburante, las cuales son principalmente i) la recuperación de alcoholes en su forma pura tales como el alcohol isoamílico, isobutanol, isopropanol, etanol, entre otros; ii) síntesis de ésteres como solventes, sabores y fragancias, principalmente aquellos obtenidos del alcohol isoamílico; y iii) su uso como aditivo para los combustibles después de un proceso de refinación (Sanchez Correa, 2020).

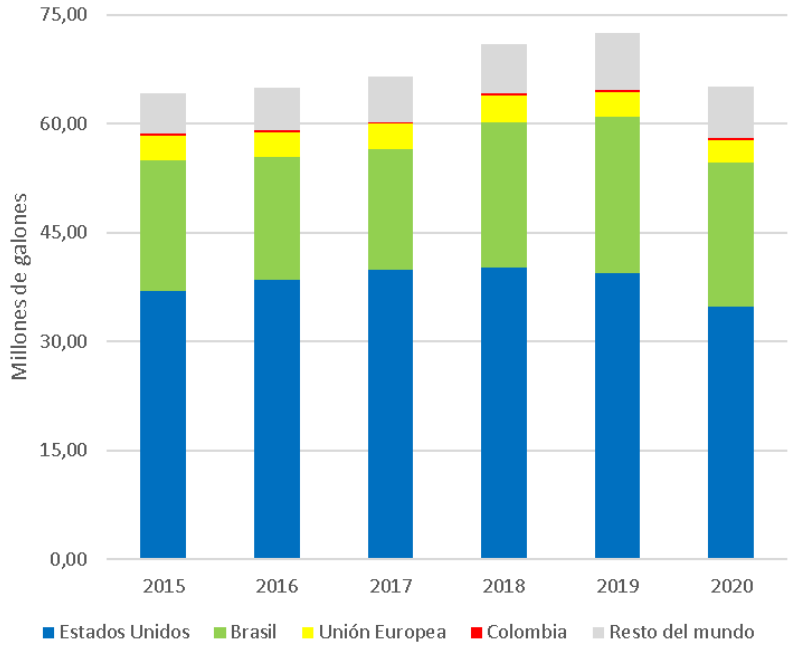


Figura 4-1: Producción mundial de aceite de fusel estimada para el periodo comprendido entre 2015 y 2020

Según la Federación Nacional de Biocombustibles, Colombia cuenta con capacidad instalada para producir más de dos millones de litros diarios de etanol carburante y, según Asocaña, contó con una producción de 443,6 millones de litros en 2019 y de 394,2 millones en 2020 (Asocaña, 2021). De acuerdo con la capacidad instalada en mención, Colombia puede producir cerca de 5.000 litros diarios de aceite de fusel.

Actualmente las empresas productoras de bioetanol en Colombia[22] comercializan aceite de fusel o sus derivados. Al respecto, es importante precisar que:

- Ingenio Providencia e Incauca, empresas agroindustriales pertenecientes a la Organización Ardila Lülle y dedicadas al desarrollo de productos y servicios derivados de la caña de azúcar, ofrecen aceite de fusel como un producto dentro de la categoría “alcoholes industriales” (Incauca S.A.S., 2021; Ingenio Providencia S.A., 2021).

  Cabe resaltar que otra de las empresas que conforman el conglomerado empresarial mencionado es Sucroal S.A., empresa productora y comercializadora de, entre otros, los alcoholes en su forma pura (tales como el butanol e isobutanol) y solventes activos derivados del aceite de fusel (acetato de butilo e isoamilo) para su uso en pinturas, adhesivos, resinas, solventes, detergentes, cosméticos, cuidado personal y/o química básica (Sucroal S.A., 2021).

  La Organización Ardila Lülle además ha realizado inversiones en el Ingenio Risaralda.

- La empresa Bioenergy es una compañía filial del Grupo Empresarial Ecopetrol y en 2020 entró en proceso de liquidación judicial debido al nivel de endeudamiento, diversos aspectos operacionales y administrativos, y variaciones en las condiciones del mercado.

[22] Incauca, Ingenio Riopaila Castilla, Ingenio Risaralda, Bioenergy, Ingenio Providencia, Ingenio Mayagüez, Manuelita.

A nivel institucional, las empresas agroindustriales dedicadas al desarrollo de actividades dentro de la cadena de valor del azúcar son representadas en Colombia por la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar en Colombia – Asocaña. Adicionalmente, a nivel técnico y tecnológico, existen dos organizaciones orientadas a desempeñar labores de investigación y capacitación: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar – Cenicaña y Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar – Tecnicaña.

4.1.5 Panorama regulatorio

Considerando que la producción de aceite de fusel está directamente relacionada con la producción de etanol, principalmente como alcohol carburante, la presentación de la regulación se fundamenta en el bioetanol. Por lo anterior, se plantean las generalidades regulatorias de Estados Unidos y Brasil, además de Colombia, considerando que son los dos mayores productores de bioetanol.

En el caso de Estados Unidos, la Norma de los Combustibles Renovables (RFS, por sus siglas en inglés) promulgada en 2007 ha promovido la accesibilidad a biocombustibles como el etanol a base de maíz u otras fuentes de biomasa como base de política de energía renovable y fundamento de diferentes incentivos para promover la producción de biocombustibles como el bioetanol, desde la fase agraria hasta la industrial (Renewable Fuels Association, 2021). Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos, dentro de los incentivos se encuentra el Programa de Asistencia para Biorrefinerías, el cual proporciona garantías de préstamos y subvenciones para la producción de biocombustibles avanzados[23] como lo es el etanol (7 U.S. Code 8103). Adicionalmente se encuentran beneficios de pagos para apoyar la producción ampliada de biocombustibles avanzados (7 U.S. Code 8105), subvenciones para proyectos de investigación aplicados en esta área, entre otros (U.S. Department of Energy, 2021).

Por otro lado, Brasil ha establecido desde 1920 iniciativas nacionales para fomentar el uso vehicular del bioetanol. Dentro de las principales acciones federales se encuentra la creación del Programa Nacional del Alcohol – Proálcool y la Comisión Nacional del Alcohol

[23] Biocombustible avanzado: combustible derivado de biomasa renovable distinta al almidón de grano de maíz (U.S. Department of Energy, 2021).

(CNA) mediante el Decreto 76.593 de 1975, con el fin de incrementar la producción de bioetanol y ampliar la concentración de bioetanol en la gasolina, considerando que para la época se había posicionado como potencia mundial en esta industria. No obstante, la oferta y demanda de bioetanol se ha visto directamente impactada por el precio del petróleo, los incentivos tributarios y subsidios en torno a la caña de azúcar y de bioetanol, y el desarrollo de parque automotor con aceptación de cada vez mayores porcentajes de bioetanol en la gasolina, llegando a valores de 100% con los denominados vehículos *flex-fuel.* A la fecha, Brasil ha establecido un contenido de 18 a 27,5% de bioetanol en la gasolina (Banco del Desarrollo del Brasil & Centro de Gestao e Estudos Estrátegicos, 2008; FAO, 2015).

En el caso colombiano, con la aprobación de la Ley 693 de 2001 se fomentó la producción de combustibles de origen vegetal, para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero. En el Artículo 1° de la Ley en mención se especifica el etanol carburante como combustible, el cual es producido a partir de procesos de fermentación e hidrólisis de materias primas comestibles como la caña de azúcar.

Posteriormente, a través del CONPES 3510 de 2008, el Gobierno Nacional estableció diferentes lineamientos para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, con el objetivo de impulsar el desarrollo de este sector de manera competitiva y sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). De manera general, el CONPES 3510 se enfoca en la producción y comercialización de alcohol carburante en el país. En el marco del CONPES, en 2011 se expidió el Decreto 4892, a través del cual se determinó que la gasolina motora debe tener obligatoriamente una mezcla de alcohol carburante de entre el 8% y el 10% en base volumétrica (E-8 - E-10 corriente y extra).

No obstante, a través de Colombia Productiva, el Gobierno Nacional estableció que en el periodo comprendido entre 2019 y 2032, Colombia debe generar estrategias para promover la sucroquímica y aprovechar los productos secundarios, como el aceite de fusel, generados en los diferentes procesos de la cadena de valor de las materias primas habilitadoras para los sectores industriales del país (Colombia Productiva, 2019b).

4.1.6 Metodología para el análisis técnico

El análisis técnico de la presente evaluación se realiza teniendo en cuenta las patentes solicitadas y concedidas a nivel nacional e internacional asociadas con la tecnología, así como otros recursos técnicos (tales como publicaciones académicas). Para tal fin, se consultaron las siguientes fuentes de información:

- PatentScope: Sistema de búsqueda de solicitudes de patente de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, a través de la cual se pueden consultar las solicitudes realizadas en el marco del Tratado de Cooperación en materia de patentes (PCT).
- Espacenet: Base de datos desarrollada por la Oficina Europea de Patentes en la cual se pueden consultar documentos de patentes a nivel internacional.
- Sistema de Propiedad Industrial de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (SIPI): fuente para la revisión de patentes en Colombia, incluyendo las solicitadas, concedidas, anuladas, rechazadas.
- Google Scholar: plataforma de búsqueda de fuentes de información de carácter científica y académica a nivel internacional.

Se determina un mapa semántico con las palabras claves asociadas con la tecnología, con el fin de definir los términos que conforman las ecuaciones de búsqueda para las fuentes de información mencionada, el cual se presenta en la Figura 4-2.

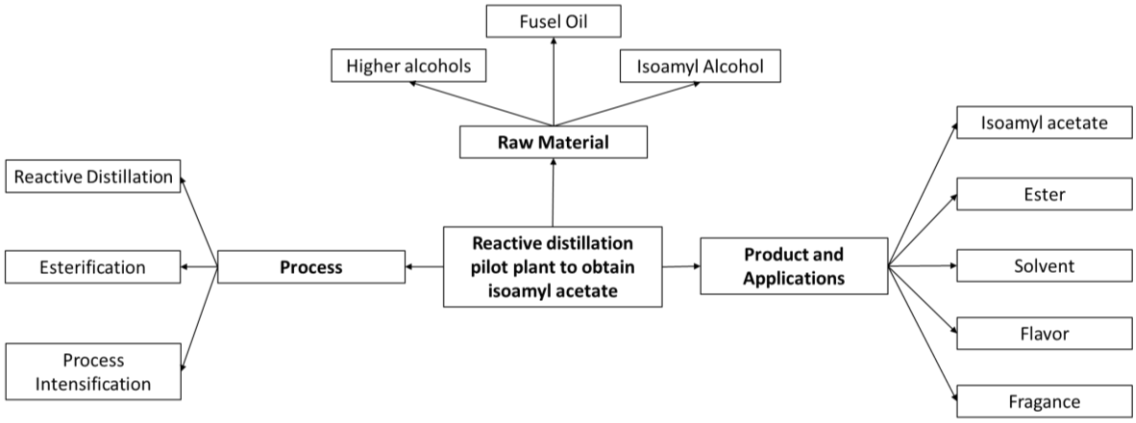


Figura 4-2: Mapa semántico de la planta piloto de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo

Se seleccionó un periodo de tiempo de análisis de aproximadamente 50 años, con el objetivo de considerar las patentes que aún se encuentran vigentes, pero también aquellas que están en dominio público y pueden seguir siendo empleadas. Las ecuaciones de búsqueda contempladas en la presente evaluación se presentan en la Tabla 4-1.

Adicionalmente, considerando que la tecnología no cuenta con derechos de propiedad industrial, se realizó una búsqueda preliminar en las bases de datos de patentes para identificar clasificaciones internacionales de patentes de relevancia para realizar la búsqueda de patentes asociadas con la tecnología. Las clasificaciones encontradas fueron B01D, C07C, Y02P (Solo aplica para CPC y no CIP)

Tabla 4-1. Ecuaciones de búsqueda para el análisis técnico de la planta piloto de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo

No.	Ecuación	Fuente de Inf.	Resultados
1	ctxt = "reactive distillation" AND (ctxt = "fusel" OR ctxt = "isoamyl") AND pd = "1970:2020"	Espacenet	20
2	FP:(reactive distillation AND (fusel OR isoamyl)) AND DP: [01.01.1970 TO 31.12.2020]	PatentScope*	1
3	ctxt = "reactive distillation" AND ctxt = "ester" AND (ctxt = "solvent" OR ctxt = "flavor" OR ctxt = "fragance") AND pd = "1970:2020"	Espacenet	93
4	FP: ("reactive distillation" AND ester AND (solvent OR flavor OR fragance)) AND DP: [01.01.1970 TO 31.12.2020]	PatentScope*	5
5	(ctxt = "production" OR ctxt = "process") AND ctxt = "ester*" AND (ctxt = "fusel" OR ctxt = "isoamyl" OR ctxt = "higher alcohol") AND pd = "1970:2020"	Espacenet	4.268
6	FP: ((production OR process) AND ester* AND (fusel OR isoamyl OR higher alcohol)) AND DP: [01.01.1970 TO 31.12.2020]	PatentScope*	14.256

7	(ta = "production" OR ta = "process") AND ctxt = "ester*" AND (ta = "fusel" OR ta = "isoamyl" OR ta = "higher alcohol") AND pd = "1970:2020"	Espacenet	507
8	1 AND (cl = "C07C" OR cl = "B01D")	Espacenet	17
9	7 AND (cl = "C07C" OR cl = "B01D" OR cpc = "Y02P")	Espacenet	154
10	6 AND IC:(C07 OR B01 OR Y02)	PatentScope*	7.777
11	Título: ("reactive distillation" OR "destilaci?n reactiva") AND (fusel OR isoamyl OR isoamil*)	SIPI	0
12	reactive distillation + (fusel OR isoamyl) Filtro: intervalo de tiempo entre 1970 y 2020.	Google Scholar	13.600
13	(production OR process) + ester* + (fusel OR isoamyl) Filtro: intervalo de tiempo entre 1970 y 2020.	Google Scholar	16.600
14	1 OR 7 NOT pd = "1970:2000"	Espacenet	291

*Solo un registro por familia de patentes

Todos los resultados se analizaron de manera manual, con el objetivo de considerar los resultados relevantes que estuvieran asociados directamente con la tecnología. Adicionalmente, para el análisis de patentes, se prepararon diagramas para estudiar las solicitudes de patentes en función del tiempo, identificar los principales solicitantes y conocer los países que mayor actividad de patentamiento tienen. En caso de considerarlo de interés, se podría analizar a profundidad la situación en Estados Unidos y China, teniendo en cuenta que son los países con mayor cantidad de tecnologías patentadas en esta línea.

4.1.7 Análisis de actividad de patentamiento

Considerando los resultados de las ecuaciones No. 1 y 7 de la Tabla 4-1 y excluyendo las patentes que tienen más de 20 años de publicadas (ecuación 14), se presenta un análisis sobre las tendencias internacionales en patentabilidad asociadas a la destilación reactiva para la producción de ésteres como el acetato de isoamilo. El periodo de tiempo seleccionado para esta fase de la evaluación se determinó con el objetivo de analizar las

tecnologías vigentes que no han entrado en dominio público. Se encontraron 291 resultados en Espacenet.

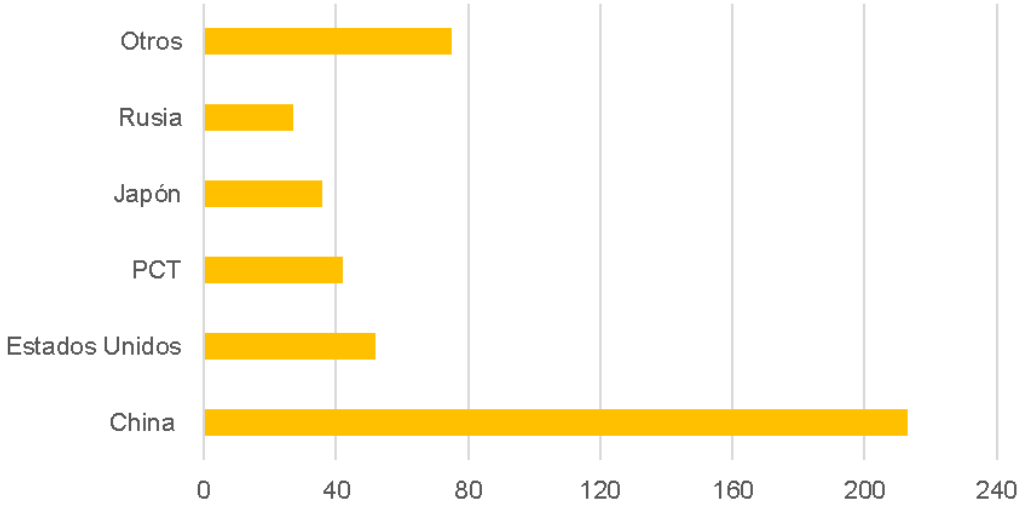


Figura 4-3: Publicaciones de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 14 de la Tabla 4-1

Se identifica que el 73% de las patentes fueron publicadas en China y que el 14% fueron publicadas a través de PCT. Después de China, los países con mayor número de publicaciones de patentes son Estados Unidos, Japón y Rusia, como se evidencia en la Figura 4-3. Por otro lado, la Figura 4-4 permite evidenciar que los países con mayor número de solicitudes de patentes son Japón, China, Países Bajos y Estados Unidos. No obstante, a pesar de que Brasil es uno de los principales productores de etanol, y por ende de aceite de fusel, no se consolida como uno de los países principales en la solicitud o publicación de patentes. Adicionalmente, es importante resaltar que China y Japón, a pesar de no estar dentro de los principales productores de esta materia prima, lideran la generación de tecnologías patentadas alrededor de la misma.

No se identifican aplicantes con una participación significativa en la solicitud de patentes, considerando que las entidades que mayor número de patentes publicadas tienen corresponden a empresas orientales con máximo cuatro registros cada una.

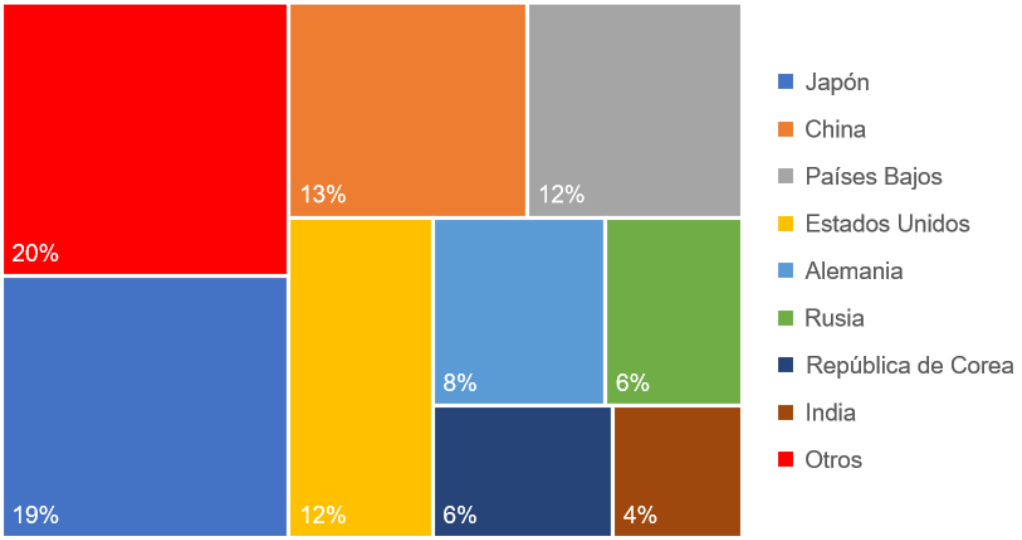


Figura 4-4: Solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 14 de la Tabla 4-1 por país

Adicionalmente, se realizó un análisis de la evolución de la publicación de patentes a nivel internacional a lo largo del siglo XXI. No obstante, como se observa en la Figura 4-5, no se evidencia una tendencia definida de incremento o disminución de publicaciones de patentes.

Dentro de los principales resultados se encuentra la patente en estudio CN109939457A solicitada en China (encontrada bajo la ecuación 1 de la Tabla 4-1), la cual presenta un equipo y método de producción de acetato de isoamilo que consta de una columna de destilación reactiva de alta presión (100 – 200kPa), una columna de destilación de baja presión (40 – 80 kPa), un intercambiador de calor de acoplamiento térmico, un pos-enfriador superior para la columna de alta presión, un tanque de separación de fases superior del destilado de la columna de alta presión y un compresor. La columna de destilación reactiva es una columna de 20 platos, que en la zona reactiva emplea resina de intercambio iónico y describe una reducción del 60% del consumo energético frente a los procesos convencionales por lotes para producir ésteres como el acetato de isoamilo. La patente CN1332925C también describe un proceso de destilación reactiva para la fabricación de acetato de isoamilo, no obstante, aunque fue concedida en 2007 en China, ya ha caducado debido a pago de las tasas de sostenimiento ante la oficina de patentes en China.

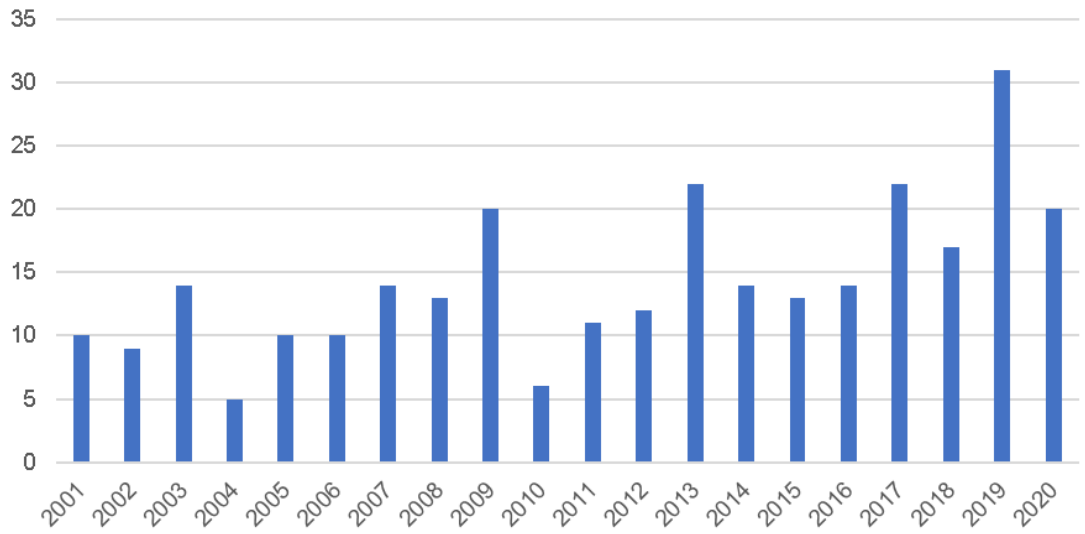


Figura 4-5: Análisis temporal de solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 14 de la Tabla 4-1

Adicionalmente, se encontraron algunos procesos alternativos para la producción de acetato de isoamilo, diferentes al proceso convencional y a los procesos de destilación reactiva. Dentro de los resultados encontrados, se puede resaltar la patente CN101293825A publicada en 2007 y concedida en 2011 en China, la cual describe un proceso de esterificación con catálisis homogénea (ácido sulfúrico) para la producción de acetato de isoamilo a temperatura, la cual reduce el consumo de energía, mejora la calidad del aroma del éster y mantiene la velocidad de reacción; no obstante, la patente no plantea un esquema de separación del éster, el agua y las materias primas. Por otro lado, la CN107162904A publicada en China en 2017 y concedida cuatro años después, describe un proceso de producción de acetato de isoamilo empleando membranas de zeolita (tamiz molecular) ZSM 5, las cuales permiten remover el agua producida durante la reacción de esterificación y emplea como catalizador hidrogeno sulfato de sodio; esta alternativa de proceso reduce el consumo energético, la corrosión de los equipos y favorece la conversión de la reacción hacia la producción de acetato de isoamilo frente a los procesos convencionales.

Por otro lado, según la ecuación de búsqueda 1 y 2, se evidencia que los procesos de destilación reactiva además de emplearse en la producción de ésteres se usan en la producción de triol éteres (US2008228011A1), alquenos (CN101253133A), biodiesel

(US2013212933A1), entre otros. Las patentes sobre destilación reactiva, además de presentar alternativas para la producción de diferentes compuestos químicos, exponen diferentes configuraciones, catalizadores y procesos de purificación secundarios para mejorar la eficiencia energética y la calidad/cantidad de los compuestos de interés.

4.1.8 Análisis de recursos técnicos adicionales

Empleando las ecuaciones de búsqueda correspondientes a Google Scholar de la Tabla 4-1, se observa que las publicaciones científicas y académicas tratan principalmente sobre:

- Condiciones de operación para la producción de ésteres derivados del aceite de fusel o alcohol isoamílico. Se describen diferentes procesos de esterificación con enzimas.
- Cinéticas de reacciones de esterificación.
- Alternativas de valorización de aceite de fusel en múltiples aplicaciones, dentro de las que se encuentran los solventes, lubricantes, biocombustibles, sabores, fragancias, entre otros.
- Procesos de destilación reactiva para la producción de ésteres de aceite de fusel o alguno de los alcoholes superiores que lo componen. La información presentada hace referencia principalmente a equilibrios de fases, cinéticas de reacción, parámetros para los modelos termodinámicos, simulaciones, análisis económicos y técnicos de este proceso con respecto a los procesos convencionales, entre otros.

Específicamente, la información encontrada sobre procesos de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo está orientada principalmente a las simulaciones y alternativas de control de la operación. No obstante, algunos recursos presentan información asociada a alternativas de catálisis.

4.1.9 Conclusiones

El sistema piloto de destilación-reacción para la producción de acetato de isoamilo y el respectivo Know-How adquirido a través de la realización del proyecto titulado “Estudio técnico-económico de alternativas para la valorización del aceite de fusel generado en la producción de bioetanol en Colombia” se ha reportado ampliamente en la literatura científica y en las invenciones patentadas. No obstante, las aplicaciones de esta tecnología no se limitan a la producción de ésteres derivados del aceite de fusel y, por tanto, constituye

una oportunidad para trabajar de manera colaborativa con la industria relacionada con procesos reactivos en los que las reacciones se encuentren limitadas por el equilibrio y en los sistemas en los que se pueda hacer de manera simultánea la reacción y la separación dadas las diferencias en las volatilidades relativas de los reactivos y los productos.

La tecnología analizada se encuentra bajo compromiso de confidencialidad y su aplicación ya ha sido objeto de dos solicitudes de patente (en China), por lo cual su manejo como secreto industrial continúa siendo el mecanismo de protección de la propiedad intelectual adecuado. No obstante, en el caso de desarrollar otro proceso alternativo para la producción de acetato de isoamilo o analizar otras aplicaciones para la destilación reactiva, se sugiere realizar una nueva evaluación para establecer un mecanismo de protección de la propiedad industrial.

Considerando que la producción de bioetanol y, por ende, de aceite de fusel, se encuentra en auge y está siendo promovido por diferentes regulaciones, se considera que el Know-How del Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos en esta área podrá consolidarse como un referente en la promoción de esta industria en el país y en el ámbito internacional.

4.1.10 Referencias

Las referencias hacen parte integral de las referencias del documento.

4.2 Biodiésel y Oleoquímica

4.2.1 Resumen ejecutivo

La invención detallada en la patente titulada “sistema de reacción para la producción de alquil esteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente” (US9765283B2 y CO7010168A1) describe un sistema de producción de alquil esteres grasos que aumenta la conversión y el rendimiento con respecto a los procesos convencionales, lo cual mejora la economía del proceso para diferentes casos, como el de la producción de biodiésel (Narváez Rincón et al., 2013).

Se observa que en este campo se han desarrollado diferentes estudios y tecnologías para mejorar el desempeño de los procesos de producción de alquil esteres de ácidos grasos, pero ninguno ha empleado reactores empacados de película líquida que operan en contracorriente, lo cual permite usar catalizadores básicos homogéneos como los procesos tradicionales.

Por lo anterior la presente tecnología es útil, novedosa y posee diferencias radicales con las tecnologías sustitutas que se han planteado previamente. Además, teniendo en cuenta la promoción internacional de biocombustibles, la tecnología se posiciona en un sector con un mercado en crecimiento bastante amplio a nivel internacional dada que su aplicación se ha promovido a través de instrumentos regulatorios que buscan reducir la huella de carbono de los combustibles, empleando productos de origen renovable.

4.2.2 Introducción

En Colombia se procesan diferentes aceites como el de jatropha y soya. Sin embargo, el país ha enfocado la producción de biodiésel y oleoquímicos a partir de los derivados de la palma de aceite desde la década de 1960 y, a la fecha, se ha posicionado como el cuarto productor de aceite de palma en el mundo y el primero en América, con una producción de 1,5 millones de toneladas para 2019, a través de los cultivos presentes en 21 de los 32 departamentos del país (Fedepalma, 2021; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). El desarrollo del sector se ha visto impulsado, entre otros por el marco regulatorio, teniendo en cuenta que mediante la Ley 138 de 1994 y 939 de 2004 se crearon estímulos para la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel, se promovieron los cultivos de tardío rendimiento (como la palma de aceite) y se crearon fondos para la promoción del sector.

La cadena de valor de la palma de aceite, y otros aceites naturales, se compone de tres eslabones principales: agroindustria, procesamiento de aceite y oleoquímica. En la fase agroindustrial se obtienen los aceites crudos y la torta de palmiste. Posteriormente, en el segundo eslabón, se refinan los aceites y se fabrican productos alimenticios. Finalmente, los aceites de palma y palmiste se emplean en la fabricación de diferentes productos oleoquímicos que se usan en múltiples industrias tales como combustibles, detergentes, plásticos, pinturas, lubricantes, entre otros (Cenipalma, 2008). En el mercado nacional, el

aceite de palma se emplea fundamentalmente en dos segmentos: industria alimenticia (53%) y producción de biodiesel (42%), el 5% restante se consolida como un insumo para usos industriales, alimentos concentrados, industria cosmética y otros (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

Varios de los derivados de los aceites naturales, como el biodiésel y los surfactantes, son alquil ésteres de ácidos grasos y se producen por la reacción entre un compuesto graso y un alcohol, normalmente en presencia de un catalizador alcalino soluble en el alcohol. Sin embargo, los procesos de producción convencionales requieren el uso de aceites o grasas con bajo contenido de ácidos grasos y agua, y la implementación de etapas de separación para remover geles y jabones (Narváez Rincón et al., 2013).

Por lo anterior, el Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos de la Universidad Nacional de Colombia ha desarrollado proyectos de investigación para aumentar la eficiencia y economía del proceso de producción de estos derivados, principalmente aquellos que se producen a partir de fuentes de origen renovable como la palma de aceite. Dentro de los impactos de investigación obtenidos, se encuentra el desarrollo de sistemas de reacción para la producción de alquil esteres grasos empleando un reactor de película líquida, sobre los cuales se han obtenido tres patentes y se construyó una planta piloto. Una de las patentes (familia de patentes) fue concedida en Estados Unidos (US9765283B2) y Colombia (CO7010168A1) y plantea los sistemas de reacción operados en contracorriente.

El Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos fue fundado en 1990 en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia (ahora Departamento de Ingeniería Química y Ambiental) y desde sus inicios desarrolló proyectos en Oleoquímica, bajo el liderazgo de los profesores Ramiro Rueda y Francisco Sánchez (Minciencias, 2020; Navaez Rincón, 2021). No obstante, los primeros productos y resultados de investigación en esta línea de investigación datan del año 2003, a partir del cual se han generado 18 trabajos de grado de pregrado, 9 tesis de maestría, 5 tesis de doctorado, 33 artículos científicos y 3 familias de patentes, de acuerdo con la información presentada en la sección 3.2.

Considerando la importancia de la producción de oleoquímicos en el país, los retos tecnológicos asociados a la producción de alquil ésteres de ácidos grasos y la trayectoria de investigación en el área del Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos, la presente evaluación tiene por objetivo presentar un análisis de la vigencia de la tecnología para la posterior definición de estrategias de transferencia de tecnología.

4.2.3 Descripción de la tecnología

La tecnología se describe en la patente titulada “Sistema de reacción para la producción de alquil ésteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente” y su información general se presenta a continuación:

- Aplicación PCT: WO 2014/118697 A
- Concedida en: Estados Unidos (US9765283B2) y Colombia (CO7010168A1)
- Solicitante: Universidad Nacional de Colombia
- Inventores:
    - Paulo César Narváez Rincón.
    - Juan Guillermo Cadavid Estrada.
    - Rubén Darío Godoy Silva.
    - Gerardo Rodríguez Niño.
- Clasificación Internacional de Patentes (CIP):
    - C07C 29/60: Preparación de compuestos que tienen grupos hidroxi u O-metal unidos a un átomo de carbono que no pertenece a un anillo aromático de seis miembros, por eliminación de grupos hidroxi.
- Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC):
    - C11C 3/04: Grasas, aceites o ácidos grasos obtenidos por esterificación de grasas o ácidos grasos.
    - B01J 8/025: Aparatos para procesos químicos o físicos en general, desarrollados en presencia de fluidos y partículas sólidas, con partículas estacionarias en lechos de forma cilíndrica.
    - B01J 8/0278: Aparatos para procesos químicos o físicos en general, desarrollados en presencia de fluidos y partículas sólidas, con partículas estacionarias y alimentación de reactivos en fase fluida en materiales sólidos.

- B01J 8/0292: Aparatos para procesos químicos o físicos en general, desarrollados en presencia de fluidos y partículas sólidas, con partículas estacionarias (p. ej., anillos, deflectores).
- B01J 19/2405: Aparatos relevantes para procesos químicos, físicos o fisicoquímicos en general. Reactores estacionarios sin elementos móviles en su interior, con flujo turbulento de los reactivos.
- B01J 2219/24: Aparatos relevantes para procesos químicos, físicos o fisicoquímicos en general. Reactores estacionarios sin elementos móviles en su interior.

Los principales beneficios de la tecnología se refieren al aumento en la conversión y el rendimiento de la reacción, y a la reducción de requerimientos en la etapa de separación, que en conjunto generan una mejora en la productividad del proceso de producción de alquil ésteres grasos, comparado con las tecnologías convencionales que emplean reactores de tanque agitado.

El uso de reactores de película líquida descendente es innovador teniendo en cuenta que no se habían conseguido valores de conversión y rendimiento superiores al 99,5% empleando catalizadores alcalinos homogéneos, que tradicionalmente se emplean en reactores tubulares o de tanque agitado y se reduce su rendimiento por las limitaciones del equilibrio químico y la formación de jabones.

Estado de desenvolvimiento

Los inventores de las familias de patentes analizadas han reportado productos, resultados e impactos de investigación desde el año 2003 y han desarrollado investigación básica y aplicada asociada a esta industria. En la Tabla 4-2 se presentan las patentes concedidas a la Universidad Nacional de Colombia, cuyos inventores son profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental y están asociadas a la industria oleoquímica.

Tabla 4-2. Patentes concedidas a la Universidad Nacional de Colombia sobre Oleoquímica

Título Familia de Patentes	No. de Patente	Inventores	Descripción
Proceso continuo para la producción de alquil esteres de compuestos grasos empleando reactores de película liquida descendente	Colombia: CO07116822	Paulo César Narváez Rincón Francisco Sánchez	Proceso continuo para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos por la reacción entre un compuesto graso y el alcohol correspondiente, en presencia de un catalizador alcalino soluble en el alcohol, empleando un reactor de película líquida descendente que no dispersa una de las fases en la otra.
Sistema de reacción para la producción continua de monoglicéridos por glicerólisis de ésteres metílicos de ácidos grasos	Colombia: CO13300366	Paulo César Narváez Rincón Romel Morales Valencia	Sistema de reacción para la producción continua de monoglicéridos por glicerólisis de ésteres metílicos de ácidos grasos, conformado por tres módulos: 1. alimentación y mezcla de materias primas, 2. reacción: un reactor continuo de tanque agitado y uno empacado, y 3. separación y almacenamiento de productos.
Sistema de reacción para la producción de alquil esteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente	Colombia (CO7010168A1) Estados Unidos (US9765283B2)	Paulo César Narváez Rincón. Juan G. Cadavid Estrada. Rubén Darío Godoy Silva.	Sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos utilizando reactores empacados, particularmente reactores de película líquida, con esquema de flujo de las corrientes de alimentación en contracorriente, basado en la alcohólisis de aceites y grasas.

		Gerardo Rodríguez Niño.	

En cuanto a los activos tangibles, el Laboratorio de Ingeniería Química y Ambiental cuenta con un reactor de película líquida a escala planta piloto y los equipos de medición requeridos para realizar validaciones teóricas y experimentales que permitan escalar la tecnología a nivel industrial. Con respecto al conocimiento explícito, como se evidencia en la Tabla 3-6, se han publicado cerca de 33 artículos asociados a la producción de biodiésel y oleoquímicos desde la perspectiva técnica principalmente, pero también considerando factores económicos, legales y socioculturales.

Según el perfil de CvLAC del profesor Paulo César Narváez, dentro de los principales productos, resultados e impactos de investigación se encuentran:

- M.A. Noriega, P.C. Narváez, J.G. Cadavid, A.C. Habert, Modeling of biodiesel production in Liquid-Liquid Film Reactors including mass transfer effects, Fuel Processing Technology, Volume 167, 2017, Pages 524-534, ISSN 0378-3820, https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.08.008.
- M.A. Noriega, P.C. Narváez, A.C. Habert, Simulation and validation of biodiesel production in Liquid-Liquid Film Reactors integrated with PES hollow fibers membranes, Fuel, Volume 227, 2018, Pages 367-378, ISSN 0016-2361, https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.04.101.
- M.A. Noriega, P.C. Narváez, Scale-up and cost analysis of biodiesel production using liquid-liquid film reactors: Reduction in the methanol consumption and investment cost, Energy, Volume 211, 2020, 118724, ISSN 0360-5442, https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118724.
- Narváez, P.C., Sánchez, F.J. & Godoy-Silva, R.D. Continuous Methanolysis of Palm Oil Using a Liquid–Liquid Film Reactor. J Am Oil Chem Soc 86, 343–352 (2009). https://doi.org/10.1007/s11746-009-1356-9.
- Narváez P.C., Reactor de película líquida descendente para la producción de FAME. 2006 (planta piloto del Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá).

Se evidencia que la Universidad Nacional de Colombia, como titular de las patentes, cuenta con activos tangibles y conocimiento explícito asociado a la validación de la tecnología a escala piloto y proyecciones para escalar el sistema de producción de biodiésel y otros derivados oleoquímicos. Además, la invención se ha validado en escala laboratorio y planta piloto y se ha realizado el análisis técnico-económico, lo que permite identificar su potencial industrial. Por lo anterior, la tecnología descrita en la presente invención se encuentra en un nivel de madurez intermedio, correspondiente al TRL 4.

4.2.4 Consideraciones de mercado

La invención se enfoca en la oleoquímica y fundamentalmente se emplea para la producción de biodiesel, sobre lo cual se han establecido incentivos regulatorios. Por lo anterior, el presente análisis de mercado se centrará en la producción de biodiésel. No obstante, es posible analizar también el mercado de surfactantes.

A nivel mundial, la producción de biodiésel fue de aproximadamente 46 millones de metros cúbicos en 2019 (International Energy Agency, 2020; World Bioenergy Association, 2019), de los cuales, el principal productor fue Indonesia, con cerca del 17% como se observa en la Figura 4-6. Brasil se consolidó como el tercer productor de biodiésel en 2019, teniendo en cuenta que produjo cerca del 13% del biodiésel a nivel mundial. El precio promedio del litro de biodiésel para este año fue de 0,78 USD (OECD/FAO, 2020).

Aunque se espera que el consumo de biocombustibles como el biodiésel aumente en los próximos 10 años, este comportamiento de mercado, sumado a la tendencia de precios dependen fundamentalmente de cuatro factores (OECD/FAO, 2020): Precio de las materias primas, precio del petróleo, costos de distribución, políticas públicas sobre biocombustibles.

Dentro de las principales tendencias en materias primas, se puede establecer que las materias primas principales continuarán siendo los aceites y grasas de origen vegetal, a partir de los cuales actualmente se produce el 77% de biodiésel. No obstante, en regiones como Europa, Canadá y Estados Unidos, los aceites usados de cocina se posicionarán como una materia prima de gran relevancia, que actualmente generan cerca del 23% de este biocombustible (OECD/FAO, 2020).

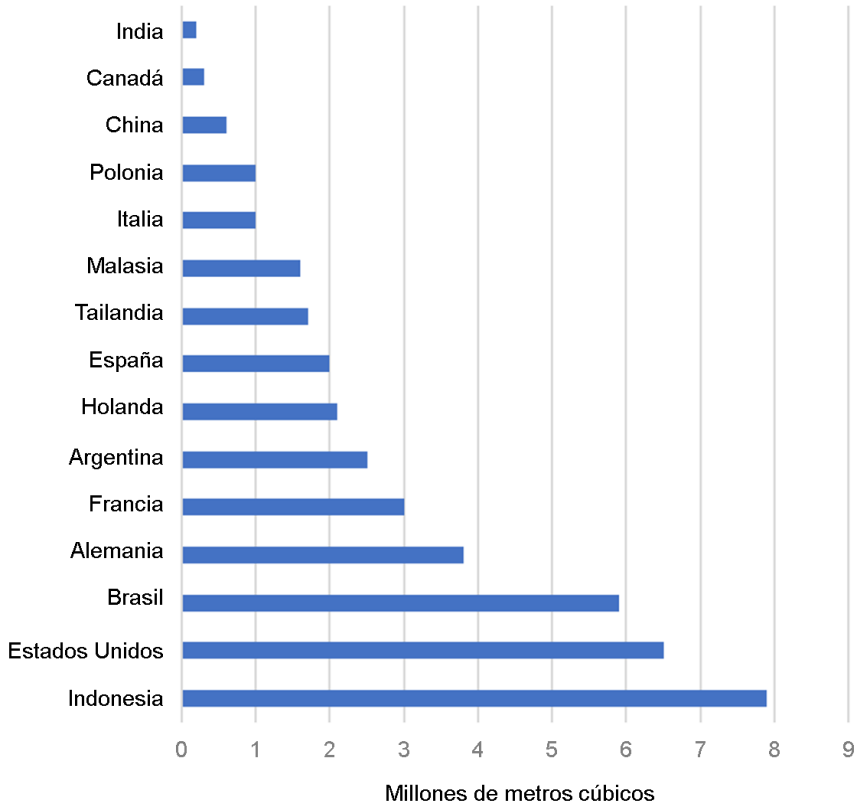


Figura 4-6: Producción de biodiesel en 2019 por país

Fuente: (Statista, 2021)

Con el objetivo de promover el desarrollo de este sector y dinamizar la generación de incentivos a nivel regulatorio, tecnológico y económico, se han creado agremiaciones de carácter nacional e internacional, dentro de los cuales se puede resaltar:

- Asociación Mundial de Bioenergía (World Bioenergy Association), organización sin ánimo de lucro creada en 2008 con el objetivo de abordar asuntos relacionados con las fuentes alternativas de energía tales como certificaciones, criterios de sostenibilidad, programas de promoción, entre otros.
- Junta Europea de Biodiésel (European Biodiesel Board), organización sin fines de lucro que desde 1997 representa los intereses de productores europeos de biodiésel y que promueve el uso de este biocombustible en la región.
- Junta Nacional de Biodiésel de Estados Unidos de América (The National Biodiesel Board), organización que promueve el crecimiento sostenible del biodiésel en Estados

Unidos a través de programas de educación, comunicación, seguimiento y promoción regulatoria, entre otros.

- Ubrabio, asociación brasilera creada en 2000 con el objetivo de actuar como interlocutor entre la sociedad y el gobierno para el desarrollo del sector de biodiésel y biojetfuel.
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, organización sin ánimo de lucro creada en 2004 y encargada de la gestión de la política sectorial, producción de información y difusión de conocimiento de biocombustibles en Colombia, principalmente asociado a la producción de bioetanol de caña de azúcar y biodiésel de aceite de palma.

En Colombia, la capacidad instalada para la producción de biodiésel es de aproximadamente 858.200 toneladas por año, para dar respuesta a una demanda que superó las 510.000 toneladas en 2020 (Federación Nacional de Biocombustibles, 2021). La demanda de biodiésel se fundamenta, principalmente en la regulación que establece la obligatoriedad de incorporar biocombustibles en su uso en motores. Para el caso del biodiésel, desde 2010 es obligatoria la mezcla de ACPM y biodiésel en una proporción de 90:10. de acuerdo con el Decreto 2629 de 2007. La mezcla se conoce como diésel B10.

Es importante analizar también que la estructura de precios de las mezclas de combustibles de origen fósil y biocombustibles se encuentra regulada en el país. En el caso del biodiésel se calcula considerando el precio de referencia del aceite de palma en el mercado nacional, considerando que es la principal materia prima para su producción en Colombia (Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia, 2019). En general, los precios del biodiésel son superiores al diésel B10 y en promedio, durante el periodo comprendido entre 2016 y 2020, el precio del diésel B10 fue de $8.289 COP/gal, mientras que el biodiésel tuvo un valor promedio de $10.651 COP/gal. No obstante, durante el primer semestre de 2021, la diferencia en precios entre los dos productos fue aún mayor teniendo en cuenta que el precio del diésel B10 se mantuvo estable entre $8.365 y $8.665 COP/gal, mientras que el precio del biodiésel ha presentado un incremento permanente en los precios desde $14.198 hasta $17.583 COP/gal (Federación Nacional de Biocombustibles, 2021).

Se evidencia entonces que, dada la diferencia en precios del biodiésel con respecto al combustible de origen fósil, la promoción de biocombustibles depende de manera importante de los incentivos regulatorios. Por lo anterior, es requerido el análisis de la sostenibilidad económica de la producción de biodiésel a partir de diferentes aspectos, dentro de los cuales se encuentra la economía del proceso a partir de la reducción de costos de materias primas, de energía o de etapas de proceso.

4.2.5 Panorama regulatorio

La generación de productos a partir de materias primas de origen renovable se ha promovido a través de instrumentos regulatorios a nivel mundial. Los incentivos regulatorios se evidencian de manera predominante en el sector energético, con el fin de reducir la dependencia de fuentes energéticas de origen fósil y, por ende, la regulación incentiva el uso de la invención para la producción de ésteres de ácidos grasos (biodiésel) a partir de aceites y grasas de origen renovable. A continuación, se presentan algunos de estos instrumentos regulatorios:

- **Colombia:** Ley 939 de 2004 por medio de la cual se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diésel, a través de la exención de renta líquida generada por el aprovechamiento de cultivos de tardío rendimiento, como el aceite de palma, en un término de diez años contados a partir del inicio de la producción. Por otro lado, el Decreto 2629 de 2007 determinó que desde 2010 se deben usar mezclas de ACPM y biodiésel, con 10% de biocombustible.
- **Europa:** Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- **Estados Unidos:** Norma de los Combustibles Renovables (Renewable Fuel Standard, RFS, por sus siglas en inglés) y la Norma de los Combustibles Bajos en Carbono de California (Low-Carbon Fuel Standard, LCFS, por sus siglas en inglés) promulgadas en 2007.
- **Brasil:** Ley Federal N° 11.097 de 2005, sobre la introducción del biodiesel a la matriz energética brasilera.

Asimismo, la regulación establece parámetros de calidad del biodiesel y demás biocombustibles, principalmente asociados a aspectos ambientales. En este aspecto se encuentran, por ejemplo:

- **Colombia:** Resolución 9 0963 de 2014 del Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual establece los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel.
- **Europa:** Según las Directivas 2009/28/CE y 2009/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, se debe garantizar que el gasóleo comercializado en Europa contenga biodiésel en una concentración superior a la indicada en la norma EN 590/2004 y, en general, el diésel-biodiésel debe cumplir unas especificaciones ambientales indicadas en la misma norma.
- **Estados Unidos:** Norma ASTM D6751, la cual establece estándares para el componente de mezcla de combustible biodiésel (B100) para combustibles de destilación intermedia, cuyo cumplimento se debe reportar ante la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos - EPA por sus siglas en inglés (United States Environmental Protection Agency, 2021).
- **Brasil:** Reglamento Técnico ANP No. 07 de 2005, el cual es de obligatorio cumplimiento y establece las especificaciones para las mezclas de biodiésel y diésel (Legiscomex, 2007).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que a nivel mundial se está evaluando la contribución de los biocombustibles convencionales en la descarbonización del transporte, teniendo en cuenta que representan un riesgo elevado de provocar un cambio indirecto de la tierra, provocando una expansión significativa en tierras con elevadas reservas de carbono, lo cual anula las reducciones en la emisión de gases de efecto invernadero (Parlamento Europeo, 2020).

4.2.6 Metodología para el análisis técnico

El análisis técnico de la presente evaluación se realiza teniendo en cuenta las patentes solicitadas y concedidas a nivel nacional e internacional asociadas con la tecnología, así como otros recursos técnicos (tales como publicaciones académicas). Para tal fin, se consultaron las siguientes fuentes de información:

- PatentScope: Sistema de búsqueda de solicitudes de patente de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, a través de la cual se pueden consultar las solicitudes realizadas en el marco del Tratado de Cooperación en materia de patentes (PCT).
- Espacenet: Base de datos desarrollada por la Oficina Europea de Patentes en la cual se pueden consultar documentos de patentes a nivel internacional.
- Sistema de Propiedad Industrial de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (SIPI): fuente para la revisión de patentes en Colombia, incluyendo las solicitadas, concedidas, anuladas, rechazadas.
- Google Scholar: plataforma de búsqueda de fuentes de información de carácter científica y académica a nivel internacional.

Con el objetivo de definir las ecuaciones de búsqueda de patentes relacionadas con la tecnología en las fuentes de información presentadas, se elaboró un mapa semántico con los principales aspectos y sinónimos relacionados con el proceso de producción de alquil ésteres de ácidos grasos y del uso de reactores de película líquida descendente operada en contracorriente. Para su elaboración, se determinaron palabras claves con respecto a las materias primas y los productos del proceso, así como identificadores del tipo de proceso empleado. El mapa semántico se observa en la Figura 4-7.

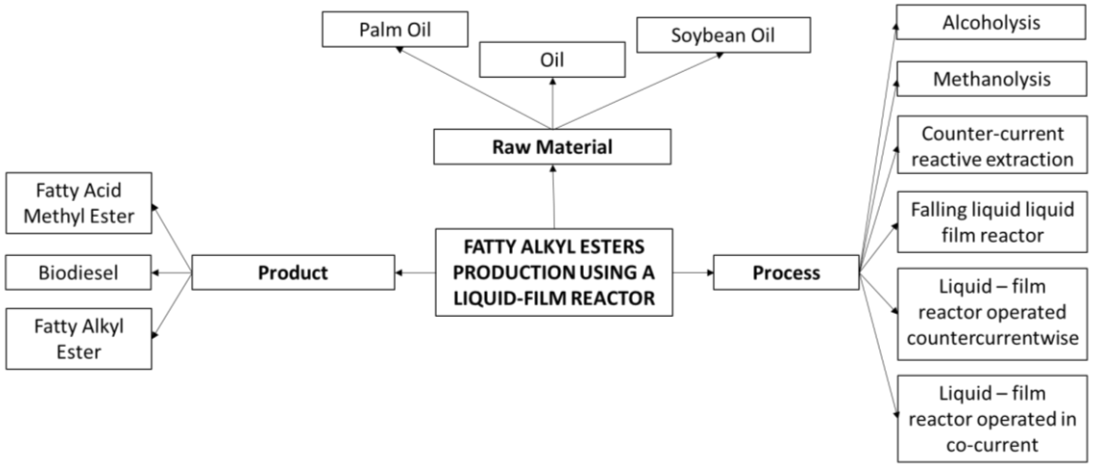


Figura 4-7: Mapa semántico de la producción de alquil esteres grasos empleando reactores de película líquida

Se seleccionó un periodo de tiempo de análisis de aproximadamente 50 años, con el objetivo de considerar las patentes que aún se encuentran vigentes, pero también aquellas que están en dominio público y pueden seguir siendo empleadas.

Adicionalmente, considerando la clasificación internacional de patentes y la clasificación cooperativa de patentes de la tecnología analizada, los cuales se presentan en la sección 4.2.3, se definieron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

Tabla 4-3. Ecuaciones de búsqueda para el análisis técnico de la producción de alquil esteres grasos empleando reactores de película líquida

No.	Ecuación	Fuente de Inf.	Resultados
1	((cl any "B01J8" OR cl any "B01J19/2405" OR cl any "B01J2219/24") AND (cl any "C11C3/04" OR cl any "C07C29/60")) AND pd = "1970:2020"	Espacenet	59
2	IC: (("B01J 8" OR "B01J 19/2405" OR "B01J 2219/24") AND ("C11C 3/04" OR "C07C 29/60")) AND DP: ([01.01.1970 TO 31.12.2020])	PatentScope*	59
3	(nftxt = "biodiesel" OR nftxt = "fatty methyl ester*" OR nftxt = "fatty alkyl ester*") AND (nftxt = "production" OR nftxt = "production process*") AND pd within "1970:2020"	Espacenet	2.367
4	FP: ((biodiesel OR fatty methyl ester* OR fatty alkyl ester*) AND (production OR production process*)) AND DP: ([01.01.1970 TO 31.12.2020])	PatentScope*	3.055
5	(ntxt = "produc*" AND ntxt = "reac*") AND (ntxt = "biodiesel" OR ntxt = "fatty ester*") AND pd within "1970:2020"	Espacenet	2.213
6	FP:(produc* AND reac*) AND TI:(biodiesel OR fatty ester*) AND DP:([01.01.1970 TO 31.12.2020])	PatentScope*	12.728

7	1 AND 3	Espacenet	30
8	2 AND 4	PatentScope*	0
9	1 AND 5	Espacenet	28
10	2 AND 6	PatentScope*	9
11	6 OR (IC:("B01J" OR ("C11C 3/04" OR "C07C 29/60"))) AND NOT (DP: ([01.01.1970 TO 31.12.2000]))	PatentScope*	1.508
12	Título: (contra-corriente OR contracorriente OR reactor* de pel?cula descendente OR reactor* de pel?cula l?quida) AND (biodi?sel OR ?ster*)	SIPI	2
13	Título: (biodi?sel OR ?ster* met?lico* graso* OR alquil ?ster* graso* OR ?ster* de ?cido* graso*) AND (producc*)	SIPI	17
14	(biodiesel OR fatty methyl ester OR fatty alkyl ester) + (production OR production process*) Filtro: intervalo de tiempo entre 1970 y 2020.	Google Scholar	19.400
15	(counter-current OR countercurrent OR falling film reactor OR liquid film reactor) OR (biodiesel OR ester)) Filtro: intervalo de tiempo entre 1970 y 2020.	Google Scholar	21.700

*Solo un registro por familia de patentes

Todos los resultados se analizaron de manera manual, con el objetivo de considerar los resultados relevantes que estuvieran asociados directamente con la tecnología. Adicionalmente, para el análisis de patentes, se prepararon diagramas para estudiar las solicitudes de patentes en función del tiempo, identificar los principales solicitantes y conocer los países que mayor actividad de patentamiento tienen. El análisis técnico se realiza a nivel internacional, profundizando únicamente en Colombia, teniendo en cuenta que es el país de origen de la tecnología. En caso de considerarlo de interés, se podría analizar a profundidad la situación en Estados Unidos, teniendo en cuenta que la patente ha sido concedida en este país.

4.2.7 Análisis de actividad de patentamiento

Considerando que la ecuación No. 11 abarca los principales resultados encontrados con las ecuaciones 2 y 6 en PatentScope, excluyendo las patentes que tienen más de 20 años de publicadas. A continuación, se presenta un análisis sobre las tendencias internacionales en materia de patentabilidad asociadas a la oleoquímica y relacionadas con la tecnología objeto del presente estudio con el objetivo de evaluar el avance con relación al estado de la técnica de la tecnología.

Se seleccionó un periodo de tiempo de análisis de 20 años, con el objetivo de considerar las tecnologías que se encuentran vigentes. Se encontraron 1.508 patentes publicadas entre 2001 y 2020, de un total de 307.981 registros para el periodo comprendido entre 1970 y 2020.

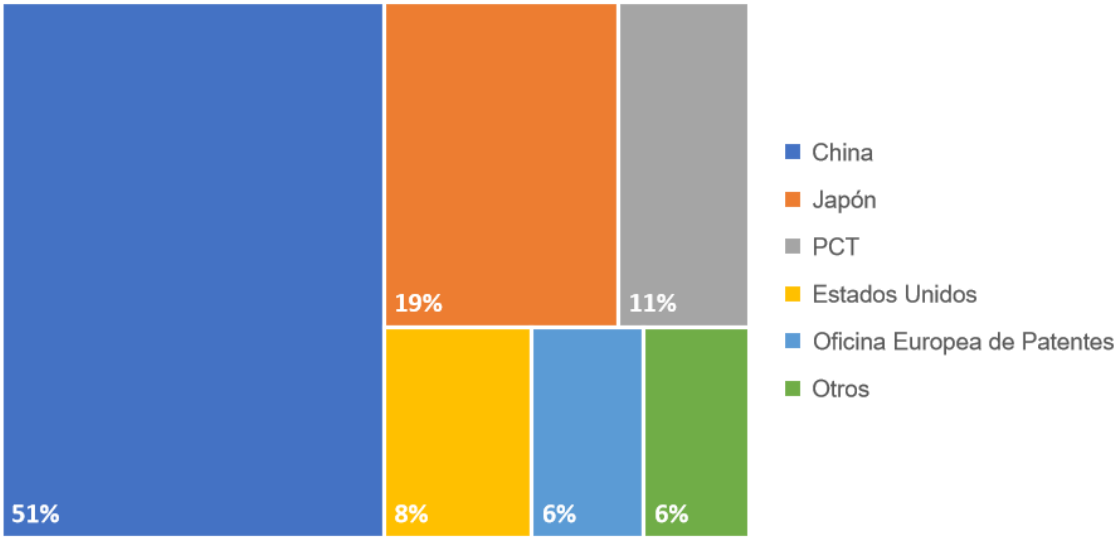


Figura 4-8: Solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 11 de la Tabla 4-3 por país

Como se evidencia en la Figura 4-8, China ha solicitado la mitad de todas las patentes a nivel internacional, seguido por Japón. Estados Unidos se posiciona como el segundo productor mundial de biodiésel y es el cuarto país con más solicitudes de patentes, con cerca del 7% del total. Indonesia y Brasil que también lideran la producción internacional de biodiésel no se posicionan como líderes mundiales en materia de patentabilidad.

Los principales cinco solicitantes de patentes relacionados en la Figura 4-9 representan el 8% de las solicitudes de patentes a nivel mundial y corresponden a cuatro grupos empresariales vinculados al sector tecnológico de la química y un centro de investigación asociado también a este campo. En todos los casos son entidades asiáticas.

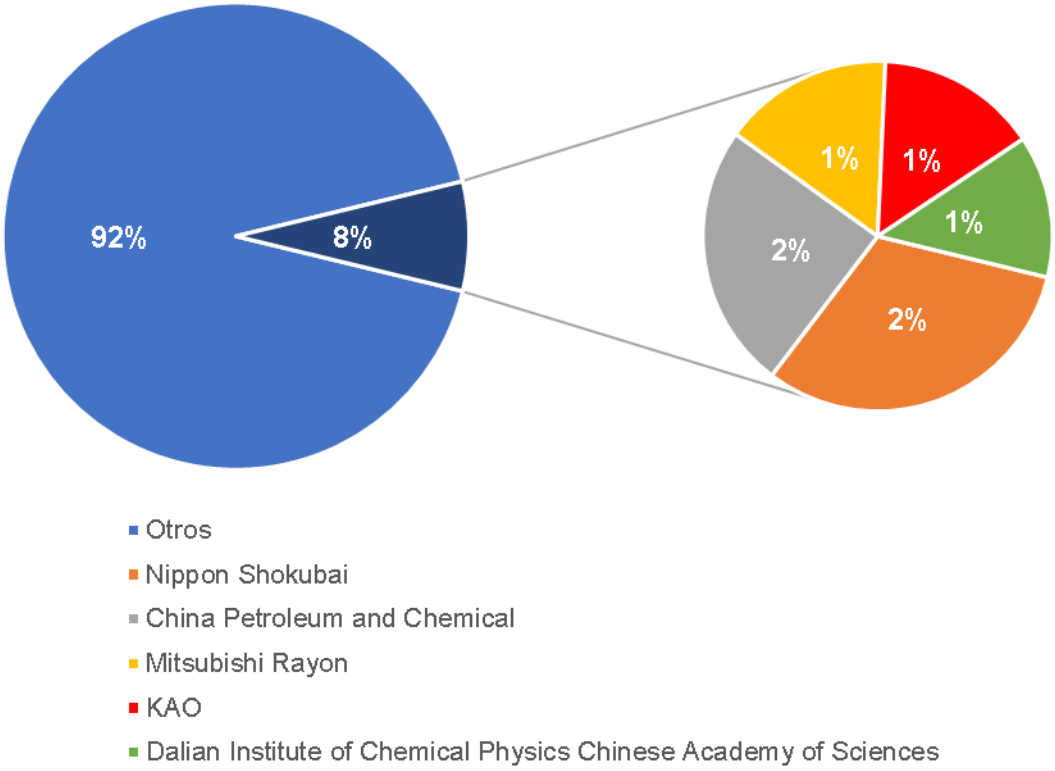


Figura 4-9: Solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 11 de la Tabla 4-3 por solicitante

Finalmente, en la Figura 4-10 se observa que la publicación de patentes presenta entre 2001 y 2011 fue en promedio de 66 solicitudes anuales y que en la última década se ha presentado un incremento en la publicación de patentes, que desde el 2017 supera las 100 solicitudes anuales de patentes.

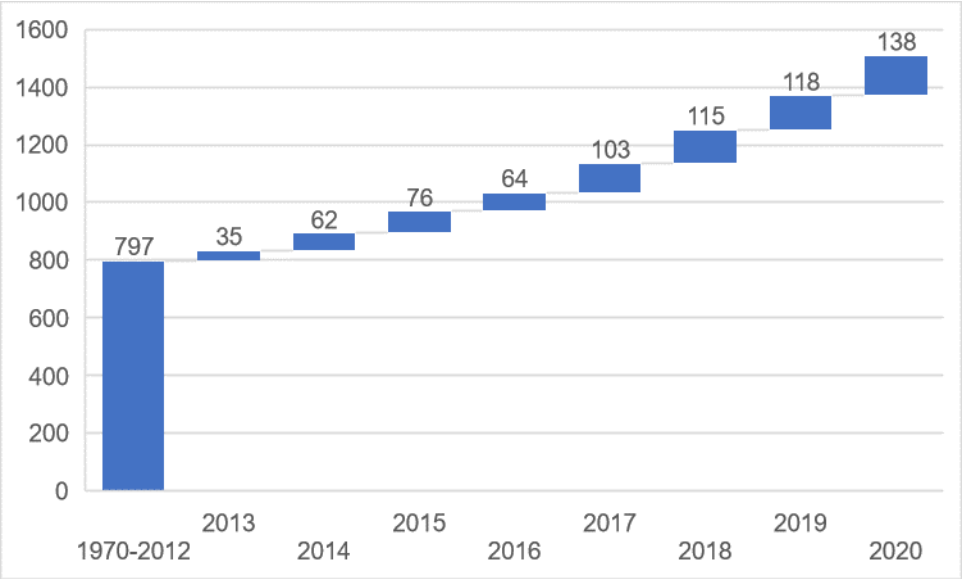


Figura 4-10: Análisis temporal de solicitudes de patentes de acuerdo con la ecuación de búsqueda No. 11 de la Tabla 4-3

De manera general, las invenciones principales tratan de procesos y equipos para reacciones de transesterificación y, en algunos casos, enfocados a la producción de alquil esteres de ácidos grasos como biodiesel. En las patentes, se plantean diferentes configuraciones en los reactores y el desarrollo de catalizadores homogéneos o heterogéneos para desplazar el equilibrio químico hacia la formación de los productos de interés y/o minimizar los requerimientos de separación posteriores a la etapa de reacción. Son las alternativas sobre catálisis los resultados que más se encontraron empleando las ecuaciones de búsqueda mencionadas.

Tabla 4-4. Diferencias entre la familia de patentes proveniente de Corea del Sur (KR101554607B1) y la tecnología objeto de estudio (WO 2014/118697 A).

WO 2014/118697 A	KR101554607B1
Catalizador homogéneo (convencional en producción de biodiésel)	Sin catalizador o con catalizador heterogéneo
Columna empacada	Columna de platos
Temperatura de operación entre 25 y 180°C	Temperatura de operación entre 200 y 350°C

Alimentación del aceite o grasa por el fondo y del alcohol por la cima o etapa intermedia.	Alimentación del aceite o grasa por la cima y del alcohol por el fondo.

Dentro de los principales resultados se encuentra la familia de patentes titulada "*Method and apparatus for preparing alkyl ester fatty acid using fatty acid",* solicitada inicialmente en Corea del Sur y su código es KR101554607B1. La patente ha sido concedida en Corea del Sur, México, Japón, Estados Unidos y está pendiente en China y Taiwán. La patente describe la producción alquil esteres de ácidos grasos empleando una columna de platos como reactor, a través de la cual se alimentan los componentes en contracorriente. Las principales diferencias se presentan en la Tabla 4-4.

La patente No. JP2007106689A presenta un proceso de producción de biocombustibles en dos etapas bajo condiciones subcríticas y supercríticas. En la primera etapa, se desarrolla una hidrólisis entre aceites y grasas que contienen triglicéridos de ácidos grasos y se obtienen ácidos grasos y glicerina. En la segunda fase, se agrega alcohol para producir los alquil ésteres de ácidos grasos; con el fin de desplazar el equilibrio hacia la generación del producto de interés, se remueve la glicerina formada en la etapa anterior. Sin embargo, así como se menciona en el estudio de McNeff y colaboradores, este proceso requiere condiciones de temperatura y presión elevadas con respecto a la tecnología objeto del presente estudio, lo cual repercute en mayores costos asociados a la demanda energética (Shiro, 2005).

Por otro lado, la patente No. CN105368582A presenta otra alternativa para mejorar la eficiencia en la producción de biodiesel, sin embargo requiere la incorporación de co-solventes y que a su vez requiere de procesos de separación adicionales para recuperar los co-solventes (Weijiao, 2014).

En el ámbito nacional, a través de las ecuaciones 12 y 13 de la Tabla 4-3 se encontraron 18 patentes, de las cuales es importante mencionar que 6 han sido concedidas, 5 negadas, 4 han caducado, 2 fueron abandonadas y 1 se encuentra bajo examen de fondo. En el caso de las patentes caducadas, tres dejaron de cancelar la anualidad de la patente.

Adicionalmente, en la Figura 4-11 se evidencia que la mayoría de las publicaciones de patentes se realizó desde los años 2000 y que en 2010 se publicaron cuatro patentes.

Tres de las patentes fueron solicitadas por la Universidad Nacional de Colombia y se encuentran relacionadas en la Tabla 4-2, las cuales fueron concedidas. En los otros casos, las tecnologías descritas en las patentes tratan sobre la producción de biodiésel y oleoquímicos provenientes de diferentes materias primas y residuos de procesos agroindustriales, también están relacionadas con el desarrollo de catalizadores para la transesterificación.

Es de resaltar la patente concedida a la Universidad de la Salle, cuyo número de expediente es NC2016/0000735, la cual plantea un proceso para la producción de biodiésel mediante transesterificación supercrítica en un reactor de flujo continuo. En segundo lugar, la patente solicitada (y negada) por Johnson Matthey Davy Technologies Limited plantea un proceso para la producción de ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de columna con bandejas de esterificación con catálisis heterogénea. No obstante, a diferencia de la invención objeto del presente estudio, en ningún caso se plantea el uso de un catalizador básico homogéneo y el uso de reactores de película líquida.

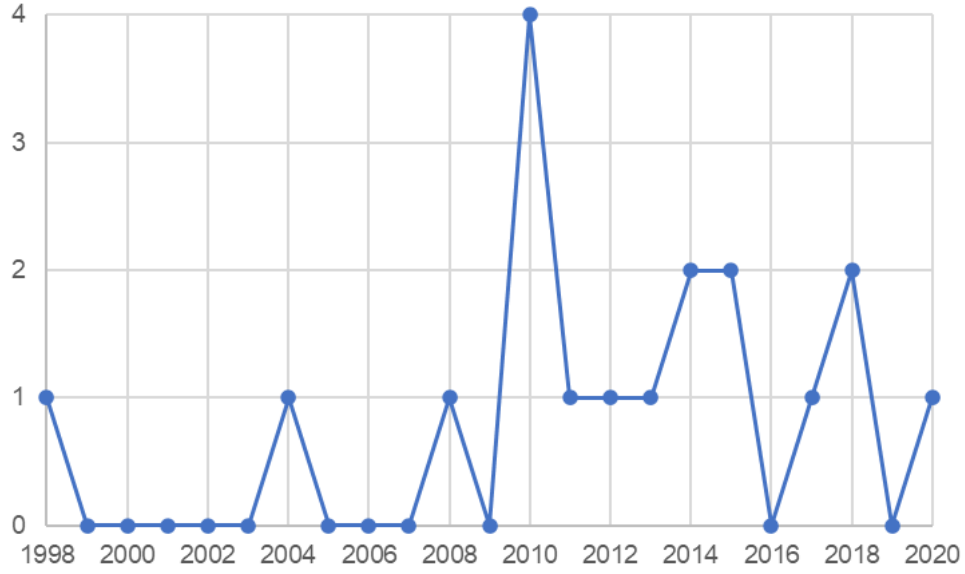


Figura 4-11: Análisis temporal de publicación de patentes en Colombia de acuerdo con las ecuaciones de búsqueda No. 12 y 13 de la Tabla 4-3

4.2.8 Análisis de recursos técnicos adicionales

Empleando las ecuaciones de búsqueda correspondientes a Google Scholar de la Tabla 4-3, se observa que las publicaciones científicas y académicas tratan principalmente sobre:

- Técnicas de análisis como cromatografía de gases o análisis termogravimétrico para identificar el rendimiento de la reacción de producción de biodiesel y, en general, alquil esteres de ácidos grasos.
- Procesos y equipos de producción de alquil ésteres de ácidos grasos a partir de aceites y grasas vegetales y aceites usados de cocina, siendo este último considerado como una materia prima de alto interés actual para la promoción de la economía circular.
- Estudio de catálisis homogénea o heterogénea en función de la economía del proceso de producción de biodiésel.
- Análisis de procesos de producción de biodiésel. En este aspecto, vale la pena resaltar el estudio de Demirbas, quien presentó una ruta de producción de biodiésel sin catalizador empleando metanol supercrítico, sin embargo la conversión máxima obtenida fue del 90%, a diferencia de la presente tecnología que permite tener conversiones superiores a 95% (Demirbas, 2008).

  Adicionalmente, se destaca el estudio de McNeff y colaboradores, en el que se presenta un proceso de producción continuo de biodiesel a partir de un reactor empacado con catálisis heterogénea; no obstante los costos energéticos asociados a las condiciones de proceso aumentan con esta alternativa con respecto a la presente tecnología porque se debe trabajar bajo condiciones de alta presión (2.500 psi) y alta temperatura (300-450 °C) (McNeff et al., 2008).

4.2.9 Conclusiones

La invención descrita en la patente titulada “sistema de reacción para la producción de alquil ésteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente” propone un proceso de producción de alquil ésteres grasos, como biodiésel, que aumentan la conversión y rendimiento de la reacción, y reduce los requerimientos de las etapas de separación con respecto a los procesos convencionales (Narváez Rincón et al., 2013).

Con respecto a las patentes y bibliografía técnica, se observa que se han desarrollado otras alternativas para aumentar la economía del proceso de derivados oleoquímicos como el biodiésel, pero en ningún caso bloquean el uso de la presente invención.

Adicionalmente, el contexto nacional o internacional promueve el uso de biocombustibles y productos derivados de fuentes renovables, por lo cual la invención no se encuentra limitada por asuntos legales y está asociada a un mercado creciente. No obstante, es importante analizar la materia prima empleada, teniendo en cuenta la reevaluación internacional de la contribución de los biocombustibles provenientes de materias primas que representan un riesgo de provocar un cambio indirecto de la tierra, como el aceite de palma.

4.2.10 Referencias

Las referencias hacen parte integral de las referencias del documento.

4.3 Cannabis Medicinal

4.3.1 Resumen ejecutivo

La invención desarrollada entre el Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos de la Universidad Nacional de Colombia y Medcolcanna para el secado de flor de cannabis a través de un horno rotatorio que opera a vacío representa una alternativa útil y novedosa para el sector de cannabis medicinal, el cual se encuentra en crecimiento dado el desarrollo tecnológico, el impulso regulatorio y las condiciones de mercado en los ámbitos nacional e internacional.

No obstante, la tecnología aún no cuenta aún con derechos de propiedad intelectual y, de acuerdo con la presente evaluación, se evidencia que el proceso de secado y su respectivo equipo son susceptibles a ser protegidos a través de mecanismos de propiedad intelectual, tales como patentes, dada su aplicación industrial y grado de novedad (no obvia), marcas y paquetes tecnológicos a partir de los conocimientos, los *Know-Hows,* la infraestructura, entre otros.

4.3.2 Introducción

Históricamente, Colombia ha sido uno de los mayores y más reconocidos productores de cannabis a nivel mundial, sin embargo, es hasta 2016, con la expedición de la Ley 1787 y su posterior reglamentación a través del Decreto 613 de 2017, que se legalizaron las actividades de la cadena de valor de cannabis para usos medicinales bajo estrictos

controles ejercidos por el Gobierno Nacional, particularmente por el Ministerio de Justicia y del Derecho y el Ministerio de Salud y Protección Social, a través del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima.

Cabe resaltar que, además de los aspectos regulatorios que han permitido fomentar la industria formal de cannabis medicinal en el país, Colombia tiene condiciones favorables para la producción de este botánico, tales como los bajos costos laborales, el clima, la luminosidad de 12 horas diarias, la alta intensidad de luz y la experiencia productiva (Fedesarrollo, 2019).

La cadena de producción en la industria de cannabis consta de tres etapas principales y su aprovechamiento se fundamenta en la flor de la planta. La primera corresponde al eslabón primario y hace referencia a la fase de cultivo y producción del material vegetal. La segunda etapa corresponde al eslabón agroindustrial y allí se desarrollan procesos de postcosecha y producción, en el que se extrae la flor de cannabis y se somete a procesos térmicos para disminuir el contenido de humedad en la misma, desde valores cercanos al 70% hasta un porcentaje de humedad inferior al 10%. Finalmente, se desarrolla la tercera etapa, correspondiente a la fase de manufactura, en la cual se obtienen aislados de los componentes de interés, como son los cannabinoides, terpenos, entre otros (Universidad Nacional de Colombia, 2020).

Teniendo en cuenta que en los procesos de secado tradicionalmente se incrementa la temperatura, se han desarrollado diferentes técnicas con el fin de preservar los compuestos activos. Dentro de los procesos de secado empleados en la industria se encuentra la convección forzada, al vacío, asistido por microondas, liofilización, entre otros. La selección del proceso depende fundamentalmente del costo y facilidad de operación (Addo et al., 2021). No obstante, los procesos industriales que se han establecido requieren altos tiempos de secado, alcanzando hasta 4 días, y ocupan un espacio considerable en las instalaciones.

Por lo anterior, el Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos de la Universidad Nacional de Colombia y Medcolcanna ha desarrollado un proceso de secado que reduce los tiempos de secado en un 50% o más y permite la realización del proceso de manera continua, reduciendo cerca de diez veces el espacio ocupado por los equipos.

Esta área de investigación es reciente en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, y aún no se han publicado artículos científicos o patentes. No obstante, en CvLAC se reportan 4 trabajos de grado de pregrado relacionados con cannabis medicinal desarrollados en 2020 y dirigidos por el profesor Iván Darío Gil Chaves. Adicional a esto, desde el eje misional de extensión, en 2020 el DIQA desarrolló tres cursos asociados a esta temática: dos de ellos titulados “Procesamiento de Cannabis medicinal: de la teoría a la práctica” y el tercero denominado “Control de calidad para la Industria del Cannabis y sus derivados”. En 2021 se realizó un curso adicional sobre extracción de compuestos bioactivos enfocado a la etapa de extracción del procesamiento de cannabis, el cual se ofertó para una compañía del sector. Algunos de los conferencistas de los cursos mencionados fueron los siguientes profesores del DIQA: Iván Darío Gil Chaves, Gerardo Rodríguez Niño, Julio César Vargas Sáenz y Luis Ignacio Rodríguez Varela.

Considerando que el procesamiento de cannabis para usos medicinales y no medicinales se está consolidando en Colombia y se prevé posicionar al país como uno de los líderes a nivel internacional en esta industria, la presente evaluación tiene como objetivo presentar un análisis del proceso de secado desarrollado entre el DIQA y Medcolcanna desde la perspectiva legal, económica y técnica para orientar la definición de estrategias de protección de la propiedad intelectual.

4.3.3 Descripción de la tecnología

El proceso de secado de flor de cannabis desarrollado a través del trabajo colaborativo entre Medcolcanna y la Universidad Nacional de Colombia se realiza en un horno con agitación y vacío que opera a 40 – 50 °C. La agitación aumenta el área de transferencia para favorecer el secado, lo cual implica una reducción del 90% en el volumen de los equipos disponibles en el mercado y permite reducir el tiempo del proceso hasta cerca de 12 horas, frente a los procesos convencionales que pueden emplear entre 24 y 60 horas. Considerando lo anterior, se evidencia que la tecnología mejora la eficiencia de los recursos y reduce los costos de operación.

Como se presentó en la sección preliminar, el área de investigación en cannabis medicinal es reciente en el DIQA y aún no se han publicado artículos científicos ni se han obtenido derechos de propiedad intelectual. No obstante, el Laboratorio de Ingeniería Química

cuenta con la infraestructura y el conocimiento de los docentes en el área de operaciones unitarias de separación y, por lo tanto, es posible realizar un análisis teórico-práctico a escala laboratorio y planta piloto de las diferentes técnicas de secado, que permitan identificar alternativas en esta etapa para aumentar la competitividad de las empresas que procesan cannabis medicinal en Colombia.

Aunque no se han publicado los resultados de los análisis y pruebas realizadas con la tecnología, se cuenta con los elementos conceptuales y pruebas a escala laboratorio, planta piloto y planta de demostración (Buchner et al., 2019). Los análisis realizados para la tecnología contemplan las mejoras de proceso y de costos frente a los procesos convencionales de secado. Por lo anterior, la tecnología se encuentra en un nivel de madurez intermedio-alto entre la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, correspondiente a TRL 7.

4.3.4 Consideraciones de mercado

Según *Grand View Research*, considerando el aceite y la flor, el mercado de cannabis legal a nivel mundial fue de 9,1 billones de dólares en 2020 y se espera una tasa de crecimiento anual del 26,7% entre 2021 y 2028. No obstante, con respecto al 2019, en 2020 se presentó una contracción del 32% del mercado debido a las restricciones generadas por la pandemia de COVID-19, que generaron gran afectación a la gestión de la cadena de suministro (Grand View Research, 2021). El crecimiento esperado para este sector se fundamenta principalmente en la tendencia internacional a la legalización del cannabis y la aceptación de los beneficios medicinales del cannabis frente al escepticismo de las mismas, lo cual promueve su producción y consumo (Markets and Markets, 2021).

Se excluye del presente análisis el cannabis industrial o cáñamo, considerando que el procesamiento difiere con respecto al cannabis medicinal debido a la multiplicidad de aplicaciones y aprovechamiento de partes diferentes a la flor seca de cannabis. No obstante, es un sector que también se encuentra en auge en el sector textil, construcción, cuidado personal, alimentos, bebidas, entre otros. La principal diferencia entre el cannabis industrial y medicinal es la concentración de delta-9 tetrahydrocannabinol (THC), componente psicoactivo de la planta (Markets and Markets, 2019). En Colombia se

considera que el cannabis medicinal (psicoactivo) es aquel que tiene más de 1% de THC según la Ley 1787 de 2016.

Según el Reporte de Cannabis en Latinoamérica y el Caribe desarrollado en 2020 por Prohibition Partners, los principales productores de cannabis en la región son Colombia, Paraguay y Uruguay, seguidos por Argentina, Chile y Brasil. En el caso de Colombia, se registran más de 400 empresas vinculadas a la cadena de valor de cannabis y cáñamo, cuya inversión proviene fundamentalmente de Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea, con cerca del 70% del financiamiento (Prohibition Partners, 2020).

La capacidad de producción de las tres compañías principales del mercado nacional (Clever Leaves, PharmaCielo y Khiron) es de aproximadamente 1.000 toneladas anuales. Clever Leaves, empresa colombiana con inversión estadounidense, fue la primera compañía en exportar cannabis a Canadá y en certificarse ante INVIMA para producir cannabis medicinal grado farmacéutico. Por otro lado, las exportaciones colombianas de cannabis medicinal en 2020 alcanzaron US$4,5 millones.

A nivel gremial, las empresas vinculadas a este sector en Colombia se encuentran representadas, entre otros, por la Asociación Colombiana de Industrias de Cannabis – Asocolcanna, a la cual pertenecen 33 empresas. Adicionalmente, en 2020 esta agremiación anunció la creación del Centro de Innovación de la Industria de Cannabis – Cenicannabis y se encuentra en el proceso de formalización y reconocimiento ante entidades gubernamentales y no gubernamentales (Asocolcanna, 2021). Es importante tener en cuenta que la creación de Cenicannabis se encontraba dentro de las actividades a realizar en la Hoja de Ruta establecida para este sector por Colombia Productiva (Colombia Productiva, 2019a) para el periodo comprendido entre 2019 y 2032. Adicionalmente se encuentra la Cámara Colombiana de Cannabis Medicinal e Industrial, que representa diferentes empresas del sector y se diferencia de Asocolcanna, entre otros, por abordar también industrias diferentes a la medicinal.

Sin embargo, a nivel nacional se cuenta con más asociaciones que representan a los actores de la cadena de cannabis medicinal, tales como la Asociación del Cannabis Medicinal e Industrial – Procannacol, la Federación Colombiana de Cannabis y Cáñamo, la Asociación Colombiana de Cáñamo – Asocañamo, la Asociación de Pequeños y

Medianos Cultivadores – Asocannacol, la Asociación Médica Colombiana de Cannabis Medicinal – Asomedccam.

A nivel internacional, en los países que lideran la producción, procesamiento y comercialización de Cannabis se han establecido instituciones de carácter gremial o técnico para apoyar el desarrollo de la industria de cannabis psicoactivo y no psicoactivo a partir de gestión regulatoria, legislativa, económica, técnica, de promoción, entre otros. Adicionalmente, se están consolidando entidades regionales que permiten intercambiar experiencias entre países, como es el caso de RedCann en América Latina.

4.3.5 Panorama regulatorio

De manera general, las políticas públicas sobre legalización de cannabis pueden tratarse de usos medicinales exclusivamente, usos recreativos, usos industriales, entre otros. En el caso de Colombia, el cannabis legal hace referencia al uso medicinal e industrial del mismo. No obstante, en países como Canadá, Uruguay y algunos estados de Estados Unidos, se ha presentado legalidad en cualquier uso del cannabis, como se evidencia en la Figura 4-12 y Figura 4-13.

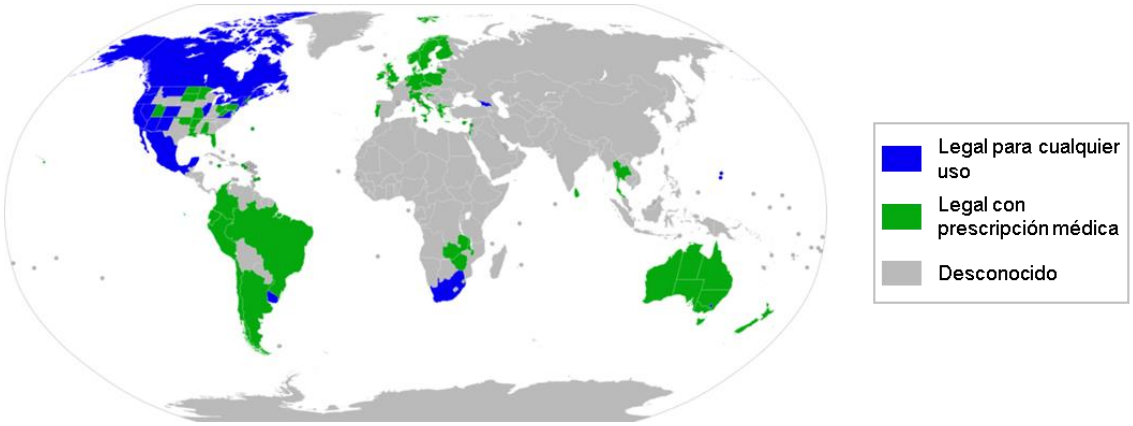


Figura 4-12: Situación legal de cannabis para uso medicinal en el mundo en julio de 2021

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map-of-world-medical-cannabis.laws.svg

En la Figura 4-12 se puede observar que América y Europa son los continentes que lideran la legalización de cannabis medicinal, en cuyos territorios se encuentran los principales

productores. En contraposición, la Figura 4-13 demuestra que predomina una tendencia hacia la ilegalidad del uso del cannabis con fines recreativos. No obstante, en países como Colombia se ha descriminalizado.

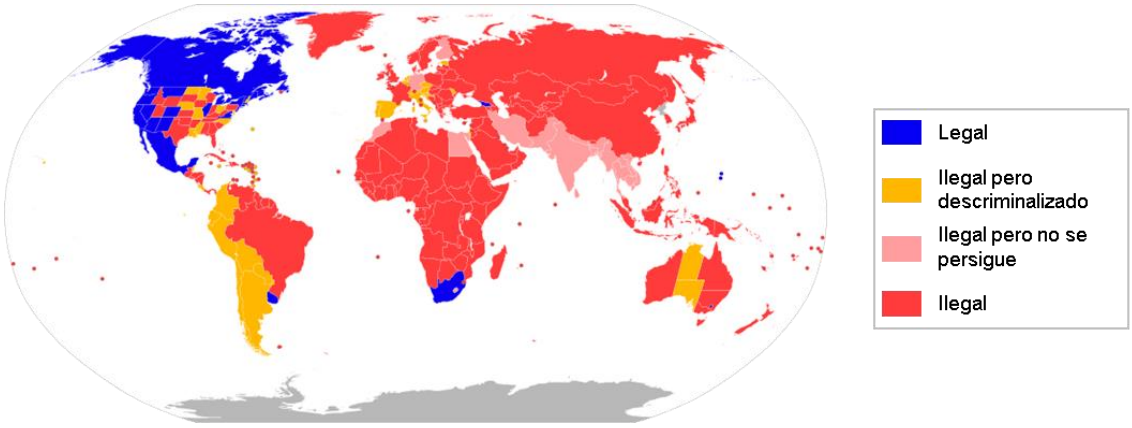


Figura 4-13: Situación legal de cannabis para uso recreativo en el mundo en julio de 2021

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map-of-world-medical-cannabis.laws.svg

De acuerdo con la Convención Única de Estupefacientes de 1961, el Convenio sobre Sustancias Sicotrópicas de 1971 y la Convención de las Naciones Unidas contra el Tráfico Ilícito de Estupefacientes y Sustancias Sicotrópicas de 1988, la Junta Internacional de Fiscalización de Estupefacientes (JIFE) ejerce control sobre la producción y comercio de cannabis medicinal. Por lo anterior, los países deben presentar ante la JIFE las previsiones anuales de producción y consumo de este psicoactivo y, además, establecer mecanismos de control y regulación de suministro de cannabinoides (Fedesarrollo, 2019).

En Colombia, la Ley 1787 de 2016 fue la que creó el marco regulatorio para permitir el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis y sus derivados, con el control del Estado en las diferentes etapas del ciclo de vida del cannabis. En 2017, el Gobierno Nacional expidió el Decreto 613 con el fin de reglamentar la Ley 1787, mediante el cual se estableció que el cannabis psicoactivo hace referencia a las sumidades de la planta de cannabis que tiene 1% o más de tetrahidrocannabinol (THC) en peso seco. Las entidades de control se encargan de:

- Expedir las licencias de fabricación de derivados de cannabis, a través de la Dirección de Medicamentos y Tecnologías de la Salud del Ministerio de Salud y Protección Social.
- Ejercer control administrativo y operativo de las operaciones relacionadas con el cannabis (psicoactivo y no psicoactivo) y sus derivados, a través del Fondo Nacional de Estupefacientes.
- Expedir y ejercer control de las licencias de uso de semillas para siembra y de cultivo de plantas de cannabis, a través del Ministerio de Justicia y del Derecho.
- Control en materia sanitaria y fitosanitaria a través del INVIMA y el ICA.

En julio de 2021, se expidió el Decreto 811 sobre acceso seguro e informado del cannabis, modificando el título 11 del Decreto 780 de 2016 (Decreto Único Reglamentario del Sector Salud), el cual sustituye además el Decreto 613 de 2017. El Decreto 811 reglamenta la exportación con valor agregado de Cannabis como materia prima y permite el ingreso de esta a las zonas francas del país para ser cortada, secada y realizar su empaque y reempaque. Lo anterior permite que se exporte flor seca de cannabis en el mercado internacional, considerando que previamente solo era posible exportar los productos procesados, tales como el aceite y los aislados de cannabinoides.

4.3.6 Metodología para el análisis técnico

El análisis técnico de la presente evaluación se realiza teniendo en cuenta las patentes solicitadas y concedidas en Colombia y a nivel internacional. Para este fin, se consultaron bancos de patentes como PatentScope, Espacenet y el Sistema de Propiedad Industrial de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (SIPI). Adicionalmente, se analizan publicaciones científicas y recursos técnicos de instituciones vinculadas al sector de cannabis medicinal, principalmente a través de Google Scholar.

Se elaboró un mapa semántico con los principales aspectos y sinónimos relacionados con el secado de flor de cannabis medicinal, con el objetivo de definir las ecuaciones de búsqueda de patentes y, en general, recursos técnicos. Para su elaboración, se determinaron palabras claves con respecto a los sinónimos del cannabis medicinal, los productos del proceso, así como identificadores del tipo de proceso empleado. El mapa semántico se observa en la Figura 4-14.

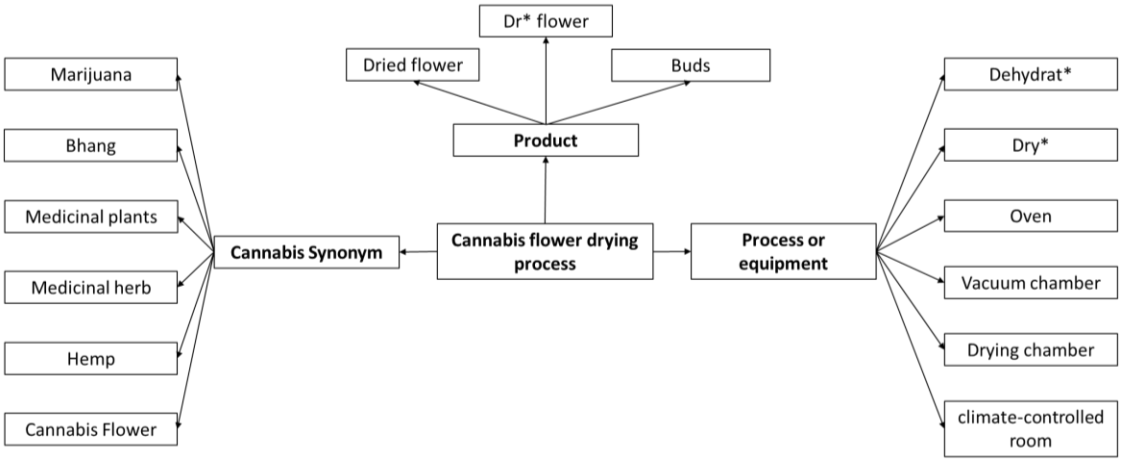


Figura 4-14: Mapa semántico del proceso de secado de flor de cannabis medicinal

Considerando que es a partir del siglo XXI que se empieza a legalizar el cannabis medicinal y su cadena de valor en diferentes países iniciando por Uruguay en 2013 y que, por lo tanto, la mayoría de las tecnologías se han generado en este siglo, se seleccionó un periodo de 20 años para analizar el componente técnico asociado a la tecnología. No obstante, cabe mencionar que existen publicaciones científicas de gran relevancia sobre cannabis previas al periodo de tiempo seleccionado.

Adicionalmente, considerando que la tecnología objeto de la presente evaluación no cuenta con patentes asignadas, se realizó una búsqueda preliminar en los bancos de patentes correspondientes a las ecuaciones de búsqueda No. 1 y 2 de la Tabla 4-5 para identificar las clasificaciones internacionales de patentes y las clasificaciones cooperativas de patentes más relevantes para realizar búsquedas de patentes asociadas a los procesos de secado de flor de cannabis.

Las clasificaciones de patentes de mayor relevancia identificadas fueron:

- A61K. Preparados para fines dentales, médicos e higiene.
- A61P. Actividad terapéutica específica de los compuestos químicos o preparados medicinales.
- F26B. Secado de materiales u objetos sólidos eliminando el líquido de los mismos.

Tabla 4-5. Ecuaciones de búsqueda para el análisis técnico del proceso de secado de flor de cannabis medicinal

No.	Ecuación	Fuente de Inf.	Resultados
1	((ctxt = "bud*" OR ctxt = "flower") AND (ctxt = "cannab*" OR ctxt = "marijuana") AND (ctxt = "drying" OR ctxt = "dr?er")) AND pd = "2000:2020"	Espacenet	300
2	FP: ((bud OR flower) AND ("cannab*" OR marijuana) AND (dry* OR dr?er)) AND DP: ([2000 TO 2020])	PatentScope*	56
3	((ctxt = "bud*" OR ctxt = "flower") AND (ctxt = "cannab*" OR ctxt = "marijuana") AND (ctxt = "drying" OR ctxt = "dr?er")) AND pd = "2000:2020" AND cl = "F26B"	Espacenet	8
4	FP:(cannabis) AND IC:(F26B) AND DP: ([01.01.2000 TO 31.12.2020])	PatentScope*	17
5	((ctxt = "bud*" OR ctxt = "flower") AND (ctxt = "cannab*" OR ctxt = "marijuana") AND (ctxt = "drying" OR ctxt = "dr?er")) AND pd = "2000:2020" AND cl = "F26B" AND cl = "A61"	Espacenet	2
6	FP: ((bud OR flower) AND ("cannab*" OR marijuana) AND (dry* OR dr?er)) AND DP: ([2000 TO 2020]) AND (IC: A61K)	PatentScope*	37
7	pd = "2000:2020" AND cl = "F26B" AND cl = "A61" AND ctxt = "cannab*"	Espacenet	9
8	IC:(F26B) AND IC:(A61K) AND FP:(cannab*)	PatentScope*	2
9	(ctxt = "medicinal herb*" OR ctxt = "medicinal plant*") AND (ctxt = "drying" OR ctxt = "dr?er") AND ctxt = "rotat*" AND cl = "F26B" AND pd = "2000:2020"	Espacenet	118
10	FP: (("medicinal herb*" OR "medicinal plant*") AND ("drying" OR "dr?er") AND "rotat*") AND	PatentScope	33

	IC:(F26B) AND DP: ([01.01.2000 TO 31.12.2020])		
11	Título: ("cannab*" OR mari?uana) AND (secado + OR dry* OR dr?er) Fecha de publicación: de 01.01.2000 hasta 31.12.2021	SIPI	0
12	Título: ("cannab*" OR mari?uana) Fecha de publicación: de 01.01.2000 hasta 31.12.2021	SIPI	1
13	(cannabis OR marijuana OR marihuana) + (secado OR secador OR drying OR dryer) Filtro: intervalo de tiempo entre 2000 y 2020.	Google Scholar	16.400
14	(bud OR flower OR flor) + (cannab* OR marijuana OR marihuana) + (dry* OR secado*) Filtro: intervalo de tiempo entre 2000 y 2020.	Google Scholar	12.300
15	dryer for cannabis OR secador de cannabis Filtro: intervalo de tiempo entre 2000 y 2020.	Google Scholar	2.120

*Solo un registro por familia de patentes

Todos los resultados se analizaron sin el uso de un software especializado, con el objetivo de considerar los resultados relevantes que estuvieran asociados directamente con la tecnología. Adicionalmente, considerando el reducido número de patentes, se presenta un análisis general de los principales solicitantes y conocer los países que mayor actividad de patentamiento tienen. El análisis técnico se realiza a nivel internacional, profundizando únicamente en Colombia, teniendo en cuenta que es el país de origen de la tecnología y a partir del cual se presenta un análisis de las patentes del sector de cannabis, más allá de la etapa de secado objeto de la presente evaluación, con el fin de conocer el estado del arte.

En caso de considerarlo de interés, se podría analizar a profundidad la situación en Estados Unidos, Canadá, Inglaterra e Israel, teniendo en cuenta que son países de vanguardia que han priorizado el desarrollo tecnológico del sector de cannabis medicinal e industrial.

4.3.7 Análisis de actividad de patentamiento

De manera general, en línea con la tendencia a la descriminalización y legalización del cannabis a nivel internacional, se ha evidenciado un aumento en la actividad de patentamiento en los últimos 10 años, previo a esta fecha, las publicaciones de patentes asociadas a este sector eran limitadas. Se evidencia, con las primeras 8 ecuaciones de búsqueda, que China es el país que más ha publicado patentes, con más del 80% de las patentes encontradas.

Los resultados obtenidos a partir de las ecuaciones 1 y 2 de la Tabla 4-5 presentan principalmente procesos de procesamiento de cannabis medicinal en general o de obtención de derivados, que presentan el secado como una etapa más del proceso (más no son exclusivamente de esta etapa), los cuales hablan principalmente de secadores de aire forzado. No obstante, a partir de esta ecuación de búsqueda se encontraron cinco patentes enfocadas en la etapa de secado.

Tres de las patentes describen métodos de secado de material vegetal de cannabis a través de calentadores que emplean radiación infrarroja y microondas (el infrarrojo tiene menor longitud de onda que el microondas y mayor longitud de onda que la luz visible), los cuales reportan tiempos de secado de 20 a 30 minutos, con temperaturas que comprenden los 30°C y 200°C. Las patentes son:

- US10695316B2, concedida en Estados Unidos y solicitada en Canadá, la cual describe un calentador infrarrojo en el que la radiación tiene una longitud de onda entre 3 y 10 micrones, con una temperatura entre 38°C y 200°C.
- WO2020105043A1, patente solicitada a través de mecanismo PCT en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea. Aún no ha sido concedida en ningún país.
- WO2019041017A1, patente solicitada a través de mecanismo PCT y concedida en Australia, Canadá. La solicitud de patente se encuentra pendiente en Estados Unidos, Costa Rica, Perú, Brasil, Unión Europea, Israel, Suráfrica, Chile y Colombia. La patente describe un método y aparato de pasteurización y deshidratación que emplea radiación microondas y vacío.

Otra de las patentes describe un método de secado por liofilización, en la que se congela el botánico y posteriormente se seca por sublimación del contenido de agua con una

presión entre 300 - 600 torr y temperatura de 4,4 – 15,5°C. La patente fue solicitada en Estados Unidos bajo el código US2020230188A1.

La última patente es un modelo de utilidad que presenta un dispositivo de secado que permite la deshidratación uniforme de hojas de flor de cannabis industrial. No obstante, no se presentan condiciones de operación. La patente fue concedida en China y su número de publicación es CN207335324U.

Adicionalmente, a través de las ecuaciones 9 y 10 de la Tabla 4-5, se realizó la búsqueda de procesos de secado de plantas medicinales en general, con el fin de analizar similitudes en el proceso objeto de esta invención. No se encontraron procesos iguales para otro tipo de botánicos. No obstante, se resaltan algunas invenciones, tales como las reportadas en la patente JP2000198742, CN109595896 y RS60652.

La patente JP2000198742 describe un secador cilíndrico por radiación de ondas infrarrojas y deshumidificación del aire circundante en el horno, en este proceso el cilindro gira sobre su propio eje. La patente CN109595896 describe un secador cilíndrico rotatorio para plantas medicinales, el cual está provisto de engranajes para favorecer la distribución adecuada del material vegetal y evitar su acumulación en el interior; el secador emplea una corriente de aire caliente. Finalmente, la patente RS60652 describe un equipo de secado para diferentes productos de origen vegetal, cuya funcionalidad se puede extender también a procesos de lavado; si bien el secador es rotatorio, funciona con cilindros internos más pequeños para contener el material y la temperatura de operación es alta con respecto a la invención analizada (< 400°C).

Finalmente, se realizó la búsqueda de patentes a través de la oficina virtual de la propiedad industrial de la Superintendencia de Industria y Comercio (https://sipi.sic.gov.co/) asociadas al cannabis medicinal en el mismo periodo de análisis. Por lo anterior, la búsqueda se realizó empleando la ecuación de búsqueda “cannabi*”.

La revisión se realizó el 1 de febrero de 2020 y se encontraron 61 registros de patentes, de los cuales 19 fueron negadas, 5 abandonadas, 4 caducadas y tan solo 5 concedidas, como se observa en la Tabla B-4.

Más del 50% de las patentes publicadas corresponden a la aplicación del cannabis medicinal y sus derivados en el ámbito medicinal o tratan sobre los receptores cannabinoides del cuerpo humano. Por otro lado, se registran 9 patentes asociadas al procesamiento de cannabis y cáñamo (variedad no psicoactiva), las cuales, de manera general tratan de:

- Extracción de cannabinoides.
- Obtención de principios activos de cannabis sativa.
- Cristalización para purificación de cannabinoides.
- Producción de cannabidiol y delta-9-tetrahidrocannabinol.
- Preparación de aceites de cannabis.
- Obtención de cannabinoides a partir de cáñamo seco y hojas de cannabis.
- Cromatografía líquida – líquida para purificación de cannabinoides.

Es importante resaltar que, de los 61 registros, solo tres corresponden a aplicantes colombianos. Dos de ellos fueron solicitadas por la compañía “ALSEC – Alimentos Secos S.A.S para aplicaciones en la industria de alimentos y uno de ellos fue solicitado por una persona natural sobre procesamiento, sin embargo, fue abandonada.

Tabla 4-6. Estado de patentes relacionadas con Cannabis Medicinal en Colombia

Estado	Fecha de Publicación															Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2016	2017	2018	2019	2020	
Abandonada		1				2							1	1		**5**
ASTRAZENECA AB		1														1
CANOPY GROWTH CORP.														1		1
JANSSEN PHARMACEUTICA N.V.						2										2
Roberto Franco Valencia													1			1
Bajo Examen de Fondo													3	4	9	**16**
ACERUS LABS, INC.														1		1
CANOPY GROWTH CORP.														1	1	2
CONSTANCE THERAPEUTICS													1			1
CRESO PHARMA SWITZERLAND															1	1
CTT PHARMA INC.													1			1
HEALTHY OPTION CONSULTING															1	1
OROCHEM TECHNOLOGIES															1	1
TILRAY, INC.														1	1	2
TRAIT BIOSCIENCES, INC.															2	2
UNIVERSITY OF MISSISSIPPI													1			1
Vyripharm Enterprises, LLC															2	2
ZELDA THERAPEUTICS OPERATIONS														1		1
Bajo Oposición con pago															1	**1**
ZELDA THERAPEUTICS OPERATIONS															1	1

Bajo Oposición sin pago															2	**2**
PHYTOPLANT RESEARCH S.L.															1	1
RECEPTOR HOLDINGS, INC.															1	1
Caducado							1	1				2				**4**
F. HOFFMANN- LA ROCHE AG												2				2
JANSSEN PHARMACEUTICA N.V.							1									1
SANOFI - AVENTIS								1								1
Concedido											1		4			**5**
BIRD ROCK BIO INC.											1					1
F. HOFFMANN- LA ROCHE AG													1			1
Nextleaf Solutions LTD													1			1
PHYTOPHARMA INTERNATIONAL													1			1
PHYTOPLANT RESEARCH S.L.													1			1
Negada	1		3	1	1	2	2	2	2	2		1	1	1		**19**
ASTRAZENECA AB							1									1
CANOPY GROWTH CORP.														1		1
GLAXO GROUP LIMITED					1											1
GW PHARMA LIMITED								2	2	2						6
IRM LLC						1										1
JANSSEN PHARMACEUTICA N.V.							1									1
MEDIPATH INC.												1				1
N.V. ORGANON				1												1
NORAMCO INC.													1			1
PFIZER PRODUCTS, INC.			3													3
SCHERING CORPORATION	1					1										2
Publicado sin pago														1	2	**3**
CANOPY GROWTH CORP.														1		1
F. HOFFMANN- LA ROCHE AG															1	1
TAKEDA PHARMACEUTICAL															1	1
Requerimiento de Examen de Fondo												1	2	2	1	**6**
ALSEC ALIMENTOS SECOS													1	1		2
BIRD ROCK BIO INC.													1			1
CANOPY GROWTH CORP.														1		1
Nextleaf Solutions LTD															1	1
UNITED CANNABIS CORP.												1				1
Total general	1	1	3	1	1	4	3	3	2	2	1	4	11	9	15	**61**

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de La Superintendencia de Industria y Comercio el 1 de febrero de 2021

4.3.8 Análisis de recursos técnicos adicionales

Empleando las ecuaciones de búsqueda correspondientes a Google Scholar de la Tabla 4-5, se observa que las publicaciones científicas y académicas tratan principalmente sobre:

- Modelos de negocio para toda la cadena de producción de cannabis medicinal.
- Impactos de las condiciones del proceso de secado en los compuestos activos aislados, tales como terpenos y cannabinoides. Por ejemplo, el impacto de la radiación de las flores en las propiedades anticancerígenas de los extractos.

- Estimación de costos en las etapas de procesamiento de cannabis medicinal, como el secado.
- Contenido de compuestos de interés y contenido de agua antes y después del proceso de secado a través de diferentes técnicas o equipos.

4.3.9 Conclusiones

El crecimiento evidenciado en la industria de cannabis medicinal, dadas las políticas públicas relacionadas con su descriminalización y uso, ha generado en este siglo, principalmente los últimos 10 años, un crecimiento en el campo de la investigación, desarrollo e innovación asociados al desarrollo de equipos y procesos para la obtención de compuestos de interés. Desde la perspectiva técnica, algunos de los enfoques son el uso eficiente de recursos (como la energía) y la obtención de compuestos activos de alta calidad, en las mayores cantidades posibles.

Colombia, se consolida como un país estratégico en esta industria y es por esto por lo que se han establecido grandes empresas con capital nacional y extranjero, tales como Medcolcanna. La invención desarrollada a través del trabajo colaborativo entre Medcolcanna y el Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos de la Universidad Nacional de Colombia propone una alternativa a los procesos de secado para la industria de cannabis con una reducción de tiempo de proceso y volumen de equipos para mejorar la eficiencia de este. Adicionalmente, de acuerdo con la búsqueda técnica realizada en bases de datos de patentes y recursos técnicos en general, se evidencia que no se ha descrito un equipo de secado rotatorio que opera a vacío para el secado de la flor de cannabis como alternativa de mejora en esta etapa del procesamiento del botánico.

Teniendo en cuenta las consideraciones técnicas, legales y de mercado enunciadas, se evidencia que la tecnología es oportuna y pertinente en la industria del cannabis creciente. Por otro lado, además de ser útil, se evidencia que la tecnología es novedosa y posee diferencias claramente identificables con las tecnologías disponibles en el mercado y descritas en las patentes encontradas.

4.3.10 Referencias

Las referencias hacen parte integral de las referencias del documento.

5. Valoración de tecnologías

A los activos intelectuales, tales como los derechos de propiedad industrial, se les otorgan valores monetarios con el propósito de ubicarlos en el mercado y, de esta manera promover la transferencia de estos a diferentes actores a través de licencias, compras, cesiones, entre otros. Adicionalmente, la valoración es requerida por las organizaciones para otros propósitos tales como análisis contables, temas legales, valoración de empresas, definición de estrategias comerciales y de investigación, entre otros. No obstante, es difícil de encontrar un valor económico de estos activos considerando que son intangibles y que su valor difícilmente se puede comparar con activos similares.

De acuerdo con la guía para valorar activos intangibles en instituciones de investigación y desarrollo desarrollada por la OMPI, hay tres métodos primarios de valoración de activos intelectuales: valoración basada en el mercado, valoración fundamentada en los costos y valoración por ingresos futuros. No obstante, de estos métodos se derivan otras alternativas de valoración tales como el método de los escenarios, método Monte Carlo, IPScore, métodos multicriterio, entre otros. (Aznar Bellver et al., 2017; World Intellectual Property Organization, 2016a).

Los valores económicos obtenidos para las tecnologías a partir de los métodos presentados deberán validarse en contexto y, para propósitos de transferencia, podrán consolidarse como un valor inicial para el proceso de negociación, en el que el receptor y el proveedor llegan a un acuerdo con respecto a este. En el presente capítulo se presentan los aspectos generales de cada mecanismo primario de valoración y se plantean las consideraciones principales para la valoración de cada estudio de caso. En el Anexo F, se presenta un procedimiento general a considerar como guía para la fase de valoración de tecnologías.

5.1 Métodos primarios de valoración de activos intelectuales

5.1.1 Valoración basada en el mercado

Este método permite valorar las tecnologías con base en transacciones previas del mercado con tecnologías similares o análogas a la tecnología analizada. Para aplicar este método se requiere conocer la dinámica del mercado y las condiciones de negociación recientes relativas a bienes intangibles similares, con precaución de no considerar activos diferentes que pueden estar inmersos en las negociaciones. En caso de contar con la información, este método es fácil de implementar y permite obtener un valor justo en el mercado, el cual ha sido validado por experiencias previas.

No obstante, el mercado de los bienes intangibles no corresponde al campo de los *commodities,* de los que se dispone más fácilmente de información de precios y condiciones de negociación. En adición, la selección de las tecnologías de referencia se debe realizar a partir de un análisis de las semejanzas y diferencias, ya que de la similitud de las tecnologías depende el éxito del método de valoración. Por lo anterior, este método no siempre es aplicable a los activos intelectuales (Aznar Bellver et al., 2017; Matsuura, 2004; World Intellectual Property Organization, 2016b).

5.1.2 Valoración fundamentada en los costos

Este método de valoración permite obtener el costo de reproducir la tecnología o una tecnología similar, considerando las inversiones que se requieren a través del tiempo. El valor se lleva a valor presente a partir de la depreciación. Considerando que cada valorador puede contemplar diferentes costos en el modelo, cada empresa o institución, e incluso mercado, será particular y presentará variaciones frente a otras entidades o industrias.

Aunque el método es fácil de aplicar y no requiere información secundaria, no considera los beneficios futuros por el uso de la tecnología, ni por el grado de invención y novedad, y permitirá establecer una base mínima para el precio de la tecnología en el mercado. Por su naturaleza, es un método que se emplea mayoritariamente por propósitos contables o para la valoración de tecnologías en etapas tempranas en las que su aplicación en el

mercado todavía no está claramente establecida (Matsuura, 2004; Vega-González & Saniger Blesa, 2010; World Intellectual Property Organization, 2016b).

5.1.3 Valoración por ingresos futuros

Este método de valoración se basa en los ingresos o utilidades estimadas que se pueden obtener por el uso comercial de la tecnología y que se llevan a valor presente neto incluyendo factores tales como la inflación y una tasa de descuento que se aplica debido al riesgo de incorporar la tecnología. En cuanto menor sea el desarrollo de una tecnología, mayor será el riesgo y por lo tanto menor será su valor en el mercado y los ingresos estimados por el uso de la tecnología.

Considerando que esta metodología considera los beneficios de la tecnología y las ventajas competitivas que otorga, es el método más utilizado para valorar bienes intelectuales con fines de licenciamiento, venta, transferencia en general. No obstante, considerando su naturaleza, es altamente dependiente de la disponibilidad de la información económica y macroeconómica del sector y del receptor de la tecnología, con el fin de determinar un valor justo para el proveedor y el receptor de esta (Aznar Bellver et al., 2017; Matsuura, 2004; World Intellectual Property Organization, 2016b).

Los ingresos futuros que se consideran en este método pueden ser:

- Flujos de caja que provienen de la propia patente, determinados a partir de los ingresos y gastos.
- Diferencia en precio del producto con y sin patente.
- Diferencia en los resultados de una compañía que usa la patente (propia o a través de licencia) frente a una compañía competidora sin patente.
- Reducción de costos después de usar comercialmente la patente.
- Ahorro en *royalties* que la empresa no debe pagar por poseer la patente.

Este método de valoración debe considerar el valor del dinero en el tiempo porque se está calculando el valor de la tecnología a partir de beneficios futuros y el valor del dinero cambia por factores como la inflación.

Dependiendo del grado de desarrollo de la tecnología, se puede contar con un riesgo asociado a la competencia, financiación, implementación, aceptación del mercado, entre otros, los cuales deben ser considerados en los procesos de valoración a través de una tasa de descuento, que se aplica de manera anual a un periodo de proyección de la vida útil de la tecnología, de la duración de protección de la patente o del tiempo del proyecto.

Entre mayor sea el grado de avance de la tecnología, mayor certeza se tiene de la misma y por ende el riesgo y la tasa de descuento disminuye; en el caso de tecnologías en etapas tempranas, el riesgo aumenta y por ende la tasa de descuento también, disminuyendo el valor económico de la tecnología (World Intellectual Property Organization, 2016b). A continuación, se presentan algunos valores de referencia para las tasas de descuento:

- 8-18% para tecnologías consideradas “libres de riesgo”, por ejemplo, franquicias o establecimiento de nuevas plantas en otras geografías para la fabricación de productos disponibles en el mercado.
- 15-20% para tecnologías con muy bajo riesgo como aquellas que modifican características a productos o procesos disponibles en el mercado.
- 20-30% para tecnologías de bajo riesgo, como aquellas que hacen referencia a cambios en productos o procesos para dar respuesta a demandas identificadas en el mercado sin soluciones totalmente disponibles.
- 25-35% para tecnologías con riesgo moderado como tecnologías nuevas que responden a necesidades identificadas.
- 30-40% para alto riesgo en las tecnologías, como aquellas que son novedosas en nuevos segmentos.
- 35-70% para tecnologías con un riesgo elevado considerando un nivel de novedad alto tanto en producto o proceso como en aplicación. Corresponde a tecnologías disruptivas.

5.2 Valorización de Aceite de Fusel

Así, las tres tecnologías que fueron escogidas en la presente tesis serán valoradas (o evaluadas cualitativamente) específicamente de acuerdo con sus condiciones de evaluación presentadas anteriormente, grado de desarrollo y datos disponibles para las mismas. La tecnología compuesta por el sistema piloto de destilación reactiva para la

producción de ésteres como acetato de isoamilo y el *Know-How* asociado a su diseño, construcción y puesta en marcha, se desarrolló a través de un proyecto de investigación cofinanciado por Colciencias y Ecopetrol y se encuentra bajo compromiso de confidencialidad y no cuenta con derechos de propiedad intelectual.

Por lo anterior, no se cuenta con información pública sobre los beneficios obtenidos para realizar la valoración por el método de ingresos futuros. Asimismo, los costos asociados al desarrollo de la tecnología se encuentran bajo confidencialidad y por lo tanto no se podría valorar a través de este método. De acuerdo con el conocimiento de los investigadores sobre el mercado, se podría valorar a través del método basado en el mercado en caso de conocer información de los costos de las empresas de diseño y conocer el grado inventivo de la destilación reactiva en los procesos a los que haya lugar. La aproximación de mercado también se podría realizar con base en licenciamientos de tecnologías similares o de procesos de destilación reactiva para otras industrias.

No obstante, es posible considerar un método alternativo de valoración de tecnologías denominada “precios de lista de valoración”, la cual consiste en que las universidades adoptan un estándar para el licenciamiento de sus tecnologías. Las listas de precios para licenciamiento han sido adoptadas por universidades como la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill, la Universidad de Glasgow, la Universidad de Minnesota, entre otros.

Por lo anterior, considerando el ámbito de aplicación de la tecnología y el grado de riesgo asociado, se podrían proponer los siguientes mecanismos de valoración, a implementar como una base para tecnologías como el sistema piloto de destilación reactiva, cuyo mecanismo de propiedad intelectual es el secreto industrial y el *know-how*:

- Regalías entre 2 y 5% con respecto a las utilidades brutas, considerando que el proveedor de la tecnología es la Universidad, la cual generalmente desarrolla y licencia tecnologías en etapas tempranas y por lo anterior se plantea una regla de oro (*rule of thumb*) de que las regalías deben ser inferiores al 5% (a excepción de casos de mayor desarrollo de las invenciones). Por otro lado, el rango considerado tiene en cuenta que el receptor de la tecnología se encuentra en la industria química o de energía, cuyas regalías en procesos de licenciamiento se encuentran entre 2 y 8,6% según análisis de la OMPI (World Intellectual Property Organization, 2016b).

- Tasa de descuento del 50% considerando que se pueden desarrollar análisis a escala laboratorio y planta piloto de la tecnología en la aplicación que sea requerida, pero que una vez se identifique el éster o compuesto a producir, se parte de una etapa temprana[24].

- Al valor de las regalías obtenido se debe aplicar un descuento adicional, considerando que la tecnología en cuestión no corresponde a la totalidad de las etapas de procesamiento, el cual se podría obtener a partir del análisis de la destilación reactiva comparativamente con el proceso completo.

5.3 Biodiésel y Oleoquímica

Con el objetivo de valorar la tecnología descrita en la patente titulada “Sistema de reacción para la producción de alquil ésteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente”, se empleará una aproximación de regalías, una vez que se cuenta con información base para calcular los ingresos futuros asociados a la producción de biodiésel.

Se toma como ejemplo de análisis una empresa que tiene una capacidad de producción de 70.000 toneladas de biodiésel anuales y emplea como materia prima el aceite de palma. Lo anterior, considerando que según Fedebiocombustibles, la capacidad de las plantas de producción de biocombustibles en Colombia se encuentra entre 12.000 y 200.000 toneladas anuales (Federación Nacional de Biocombustibles, 2021). Para la valoración se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- El análisis se realiza para el periodo de tiempo comprendido entre el año 2021 y el año 2032, considerando que la patente expira en 2033. No obstante, se espera que la producción de biodiésel a partir del proceso sujeto a valoración inicie en 2022, con un 60% de la capacidad de la planta.

[24] Las tecnologías en etapas tempranas (early stage technologies) se caracterizan porque son tecnologías en el campo científico, técnico o de ingeniería que se encuentran en un desarrollo preliminar (por ejemplo, etapa de prototipado) y, por ende, aún no corresponde aún a una innovación, considerando que no está disponible en el mercado (Ritter dos Santos, 2017).

- La tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR, por sus siglas en inglés) para el mercado de biodiésel es de 4,7% (Adroit, 2020). Se asumirá que la producción de biodiésel aumentará 4,7% cada año y que la utilidad permanecerá constante.

- Teniendo en cuenta que la invención se refiere a la industria de energía renovable y alternativa, se tomará una tasa de regalías de 4,72%, teniendo en cuenta el apéndice C de la guía que desarrolló la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual para valorar activos intangibles (World Intellectual Property Organization, 2016a). Adicionalmente, este valor no supera la "regla de oro" que establece que las regalías de las universidades no deben superar el 5%.

- La inflación anual será de 2,7%, tomando como base el Informe de Política Monetaria del Banco de la República, expedido en enero de 2021 y actualizado el 8 de febrero de 2021 (Banco de la República, 2021).

- De acuerdo con el artículo titulado "*Scale-up and cost analysis of biodiesel production using liquid-liquid film reactors: Reduction in the methanol consumption and investment cost"*, se considera que la utilidad total del biodiésel (y la glicerina que se genera como producto secundario) es de 0.29 USD/kg producido y vendido a través de reactores de película líquida descendente, la cual es mayor a la utilidad generada por el proceso convencional (reactores de tanque agitado) en 1,5%. Es importante señalar, que el artículo plantea la evaluación de costos a partir de reactores de película líquida operado en paralelo y la presente valoración corresponde a operación en contracorriente, por tanto, se toma como una aproximación dado que es la información disponible (Noriega & Narváez, 2020).

- En el cálculo de la utilidad, se tienen en cuenta los costos de capital anualizados y los costos de operación para un periodo de 11 años.

- La tasa de descuento aplicada corresponde al 30% considerando que la tecnología tiene un riesgo moderado-alto.

A partir de las consideraciones mencionadas, se calcula el valor presente neto de la siguiente manera:

i. Determinación del biodiésel producido (BP) en cada año (Y)

Es importante considerar que el año 2021 es en el que se genera el licenciamiento y corresponde al año 0, mientras que el año 2032 corresponde al año 11

$$Si\ Y = 0 \rightarrow BP = 0\ t/año$$

$$Si\ Y = 1 \rightarrow BP = 0{,}6 * 70.000 t/año = 42.000\ t/año$$

$$Si\ 2 \leq Y \leq 11 \rightarrow BP = (1 + 0.047) BP_{(Y-1)}$$

ii. Cálculo de las utilidades anuales (UA)

$$UA_Y = 0.29 * BP_Y$$

iii. Cálculo de los beneficios futuros as utilidades anuales (BA)

$$BA_Y = 0.015 * UA_Y$$

iv. Cálculo de las regalías anuales (RA)

$$RA_Y = 0.0472 * RA_Y$$

v. Cálculo del valor presente neto de las regalías (VPN) después de aplicar la tasa de descuento (TD) y la inflación (IN). Para la definición de la formula, se infiere que el flujo de dinero se presenta en diferentes momentos del año y no solamente al final. La tasa de descuento es 30% y la inflación es 2,7%.

$$VPN = \sum_{Y=0}^{11} \left(\frac{1}{(1 + TD + IN)^{Y-0.5}} * RA_Y \right) = \sum_{Y=0}^{11} \left(\frac{1}{(1{,}327)^{Y-0.5}} * RA_Y \right)$$

De acuerdo con el procedimiento anterior, se determina que el valor presente neto de la tecnología que se podría tomar como referencia inicial en un proceso de licenciamiento con la empresa tomada como ejemplo es de 32.861 USD durante el periodo comprendido entre 2021 y 2032. En la Tabla 5-1 se presenta la memoria de cálculo.

Tabla 5-1. Memoria de cálculo de la valoración del sistema de reacción para la producción de alquil ésteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente a partir del método de ingresos futuros

Año	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**
Y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BP [t]	0	42.000	43.974	46.041	48.205	50.470	52.842	55.326	57.926	60.649	63.499	66.484
UA [kUSD]	0	12.180	12.752	13.352	13.979	14.636	15.324	16.045	16.799	17.588	18.415	19.280
BA [kUSD]	0	183	191	200	210	220	230	241	252	264	276	289

RA [kUSD]	0	8,6	9,0	9,5	9,9	10,4	10,8	11,4	11,9	12,5	13,0	13,7
Factor TD & IN	0	0,868	0,654	0,493	0,371	0,280	0,211	0,159	0,120	0,090	0,068	0,051
VPN [USD]	32.861											

5.4 Cannabis Medicinal

El proceso de secado de flor de cannabis a través de un horno rotatorio se encuentra en una etapa temprana y por lo tanto su valoración está sujeta al avance en su desarrollo y análisis de los mecanismos de propiedad intelectual que permitan proteger la tecnología. No obstante, de manera preliminar se ha identificado que la industria de cannabis medicinal a nivel internacional se encuentra basada en tecnología y por tanto la solicitud y licenciamiento de patentes por parte de empresas, centros de investigación, universidades se encuentran en auge, una vez que se regula el cannabis y se despenaliza su uso.

Esta dinámica en el sector de cannabis permite tener algunos referentes en procesos de licenciamiento que se pueden tener como base para la futura valoración de la tecnología con base en el mercado. Algunos ejemplos son:

- En 2019, la compañía canadiense Nextleaf Solutions Ltd. estableció un acuerdo de licenciamiento de tres de sus patentes de extracción de cannabinoides con una empresa británica de distribución de equipos. El licenciamiento no es exclusivo y las regalías acordadas corresponden al 20% de los ingresos brutos del licenciatario, lo cual puede representar cerca de $3.000.000 USD anuales a Nextleaf Solutions (CISION, 2019).

- En 2021, la compañía sueca Lipidor AB otorgó una licencia exclusiva a la empresa israelí Cannassure Therapeutics Ltd. sobre la tecnología patentada y registrada como AKVANO® para la liberación de fármacos en productos de cannabis medicinal. Las regalías para Lipidor AB corresponden al 15-17,5% sobre las ventas futuras de productos, y adicionalmente cuando se alcance un volumen de ventas acumulado predeterminado, recibirá un pago por hito adicional en forma de 1% del valor del capital social de Cannassure, hasta por un máximo de 350.000 euros (Lipidor, 2021).

Los ejemplos presentados no corresponden a tecnologías similares de procesos de secado, pero están vinculados a la industria de cannabis. Consecuentemente, será imprescindible analizar las regalías que se puedan derivar de la tecnología con base en la invención misma y la industria.

En síntesis, para los tres casos se presenta una alternativa de valoración acorde con las metodologías establecidas para tal fin, así como la disponibilidad de información y grado de desarrollo o avance de la tecnología. No obstante, las consideraciones y resultados obtenidos deben evaluarse de acuerdo con los términos de negociación de las tecnologías o paquetes tecnológicos.

6. Estrategia de transferencia de tecnología

De acuerdo con la sección 1.1.2, los procesos de transferencia de tecnología se presentan en universidades, empresas y entidades gubernamentales en innovaciones de base tecnológica e involucran a un receptor y un proveedor de la tecnología, que definen los términos de la transferencia mediante un proceso de negociación. Para llevar a cabo procesos de transferencia de tecnología, se deben desarrollar dos actividades principales. La primera es encontrar un receptor interesado en la tecnología, lo cual se puede hacer, entre otros, a través de divulgación de elementos de marketing, sumarios ejecutivos o promoción de espacios de encuentro e intercambio de ideas entre investigadores, empresarios, gobierno y/o sociedad. La segunda actividad consiste en acordar los términos de la transferencia, para lo cual es importante llevar a cabo las etapas de evaluación y valoración de las tecnologías descritas en los capítulos 4 y 5 respectivamente, mediante las cuales las partes (proveedor y receptor) pueden identificar las fortalezas de la tecnología desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo para llevar a cabo el proceso de negociación (Ritter dos Santos, 2017).

Para el presente análisis fueron usadas las respuestas de las entrevistas semiestructuradas realizadas a representantes docentes y de industria asociados a cada estudio de caso, sobre su experiencia y consideraciones relativas a los aspectos claves de la transferencia de tecnología entre la Academia y la Industria. Posteriormente, se plantean los aspectos clave en los procesos de transferencia de tecnología reportados en experiencias preliminares y se definen las particularidades para los tres casos analizados.

6.1 Resultados de la encuesta sobre transferencia de tecnología entre Academia e Industria

De acuerdo con la descripción de la metodología (Capítulo 2), las entrevistas semiestructuradas desarrolladas a los representantes del Departamento de Ingeniería

Química y Ambiental y representantes de la industria química, asociados a los estudios de caso analizados, constaron de dos fases. En la primera, a través de un modelo de entrevista semiestructurada, se identificaron los aspectos claves sobre los conocimientos y tecnologías desarrolladas que permitieron identificar las tecnologías objeto de análisis para cada caso. En la segunda fase, se aplicó un cuestionario para determinar los factores determinantes en los procesos de transferencia de tecnología entre academia e industria.

El cuestionario se aplicó a los docentes seleccionados en el Capítulo 3 y a los representantes de industria referenciados por los docentes encuestados. La muestra consistió en 3 profesores y 4 representantes de 3 empresas diferentes, cada una de las cuales se encuentra relacionada con los estudios de caso analizados. Por el tamaño de la muestra no es posible hacer un análisis estadístico muy profundo, siendo una de las limitaciones de la presente tesis. La razón principal para esta limitación se debió fundamentalmente a los problemas de distanciamiento social impuesto por la pandemia causada por el virus Covid-19. Las preguntas del cuestionario se orientan hacia la contribución de las universidades al desarrollo económico del país, los tipos de relacionamiento entre Universidad y Empresa, los beneficios, dificultades y canales de transferencia de tecnología de la Academia a la Industria y financiación de proyectos de I&D desarrollados entre universidades y empresas.

Es importante resaltar que los encuestados manifestaron que, algunas respuestas están orientadas hacia la importancia que se les otorga actualmente a los factores analizados, pero otras respuestas se hicieron desde lo que consideran que debería ser importante y que no hace parte de la realidad actual, reconociendo que en Colombia aún es necesario fortalecer e implementar los aspectos que estaban indicados en el cuestionario. Por lo anterior, las respuestas presentan una dispersión considerable, la cual puede ser subsanada a medida que aumente el tamaño de la muestra en próximos estudios, según sea el enfoque de la respuesta que brindó cada encuestado.

6.1.1 Contribución de las universidades al desarrollo económico de Colombia

Existen diferentes acciones para aportar al desarrollo económico de un país desde las Universidades. En la Tabla 6-1 se evidencia que, según los encuestados, la mayor contribución de las universidades está relacionada con el acceso a la educación, seguido

del apoyo al desarrollo comunitario, desarrollo de alianzas locales y conocimiento de las necesidades nacionales. Por otro lado, de acuerdo con los encuestados, la Universidad no contribuye al desarrollo del país a través de atracción de estudiantes extranjeros ni consecución de recursos de inversión para el país.

Cerca del 50% de los encuestados manifiesta que las universidades también aportan al desarrollo del país a través de transferencia de tecnología, apoyo a MiPyMEs y colaboración conjunta con la industria. No obstante, no es considerada como una de las mayores contribuciones, entre otras razones, porque es importante trabajar en las diferencias entre los dos actores para promover mayor trabajo conjunto en el desarrollo de innovaciones de base tecnológica, por ejemplo, en los tiempos de ejecución, prioridades, entre otros aspectos que se profundizarán en la sección 6.1.5.

Tabla 6-1. Percepción de los representantes de Academia e Industria sobre la contribución de las universidades al desarrollo económico de Colombia[25]

	Universidad*	**Industria***	**Total***
Acceso a educación	100	100	100
Retención de profesionales en el país	33	25	29
Transferencia de tecnología	33	50	43
Apoyo a MiPyMEs	33	50	43
Consecución de recursos de inversión para el país	0	25	14
Colaboración conjunta con la industria	67	50	57
Análisis estratégico de la economía nacional	67	25	43
Atracción de estudiantes extranjeros	0	0	0
Apoyo al desarrollo comunitario	67	75	71
Desarrollo de alianzas locales	67	75	71
Desarrollo Gerencial	33	25	29
Conocimiento de las necesidades nacionales	100	50	71

*Los valores se reportan como porcentajes de los encuestados que respondieron “si” [%]

[25] Los encuestados debían indicar SI o NO a la pregunta ¿En qué áreas considera que las Universidades realizan la mayor contribución al desarrollo económico de Colombia? El porcentaje indicado en la Tabla 6-1 hace referencia a las personas que respondieron SI.

6.1.2 Tipos de relacionamiento entre Universidad y Empresa

Con el objetivo de ahondar en la importancia de los tipos de relacionamiento Universidad-Empresa, según la percepción y experiencia de los encuestados, se solicitó indicar el grado de importancia de los tipos de relacionamiento en una escala de 1 a 5, donde 5 significa muy importante y 1 nada importante. Los resultados se presentan en la Figura 6-1.

Se evidencia que, en coherencia con la sección 6.1.1, las actividades de formación son consideradas el mecanismo más importante de relacionamiento entre la Academia y la Industria. Las cuales se pueden desarrollar mediante dos de las funciones misionales de la Universidad, correspondientes a la docencia y la extensión, sujetos a la definición de los programas de formación analizados: pregrados, especializaciones, maestrías o doctorados desarrollados a través de la docencia, o diplomados y cursos cortos ejecutados desde la línea de extensión universitaria.

En segundo lugar, se encuentran los proyectos de I+D desarrollados de manera colaborativa en el corto plazo, los cuales constituyen para los dos grupos un tipo de relacionamiento estratégico entre la Academia y la Industria. Los proyectos colaborativos de largo plazo son de gran importancia para la Academia, pero no para la Industria porque, según dos de los encuestados de industria, los tiempos de las universidades suelen ser más extensos que los de las empresas.

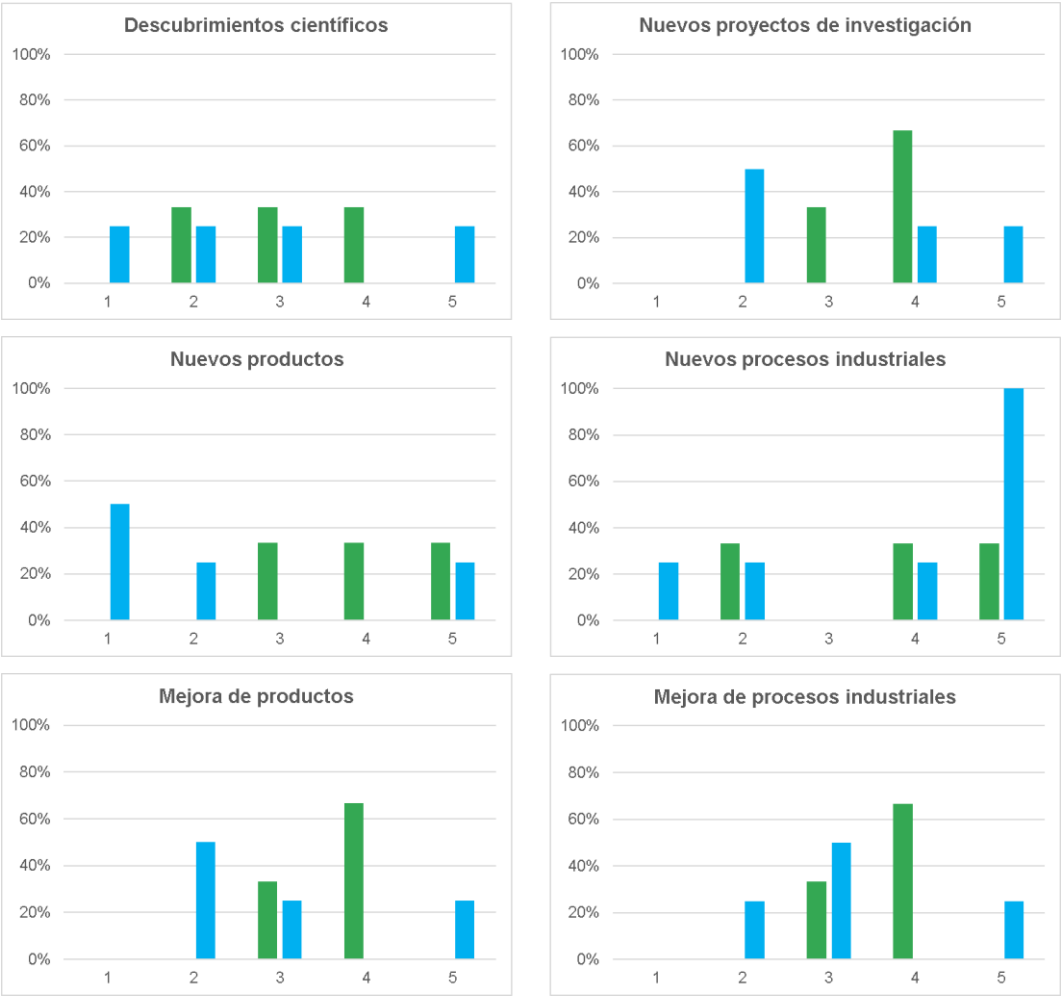
En la Figura 6-1 se evidencia que los demás resultados no son concluyentes para los representantes de industria y para el total de la población, considerando las diferencias en las frecuencias de las respuestas, las cuales tienen una menor variación para los representantes de academia los aspectos de importancia alta y media. En el caso de los tipos de relacionamiento de menor relevancia para este grupo, se encuentran los servicios de ingeniería y las actividades de certificación de calidad, pero son las respuestas con mayor dispersión. Por lo anterior, no hay consenso entre los entrevistados sobre los tipos de relacionamiento menos relevantes para ninguno de los grupos analizados.

Figura 6-1: Respuestas sobre los tipos de relacionamiento entre Universidad y Empresa

Verde: respuestas de profesores. **Azul:** respuestas de representantes de industria.

6.1.3 Productos, resultados e impactos del relacionamiento entre Universidad y Empresa

En esta sección se presenta la percepción y experiencia de los encuestados sobre los principales productos, resultados e impactos de investigación generados a través del relacionamiento entre Universidad y Empresa. Al igual que en la sección anterior, se solicitó indicar el grado de importancia de cada ítem en una escala de 1 a 5, donde 5 significa muy importante y 1 nada importante. Los resultados son presentados en la Figura 6-2, en la que se observa que en general los docentes consideran de mayor relevancia los productos, resultados e impactos que los representantes de industria.



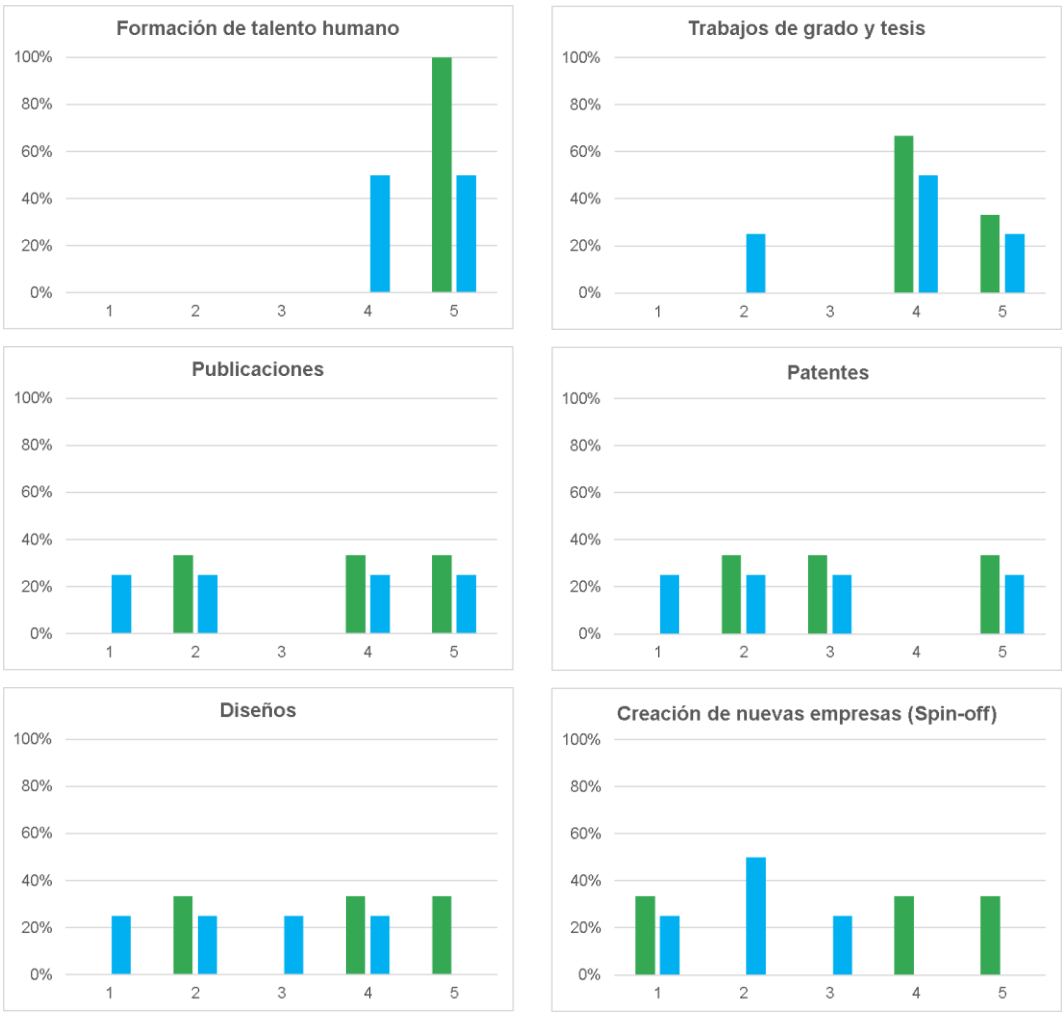


Figura 6-2: Respuestas sobre los productos, resultados e impactos del relacionamiento entre Universidad y Empresa

Verde: respuestas de profesores. **Azul:** respuestas de representantes de industria.

Aunque los resultados obtenidos en la encuesta a profesores son más precisos, se presentan dispersiones altas en las respuestas asociadas a las publicaciones, patentes, diseños y creación de nuevas empresas, siendo la última la de mayor desviación. Aunque los resultados obtenidos en la encuesta a profesores son más consistentes, se presentan grandes diferencias en las respuestas asociadas a las publicaciones, patentes, diseños y creación de nuevas empresas, siendo la última la de mayor desviación.

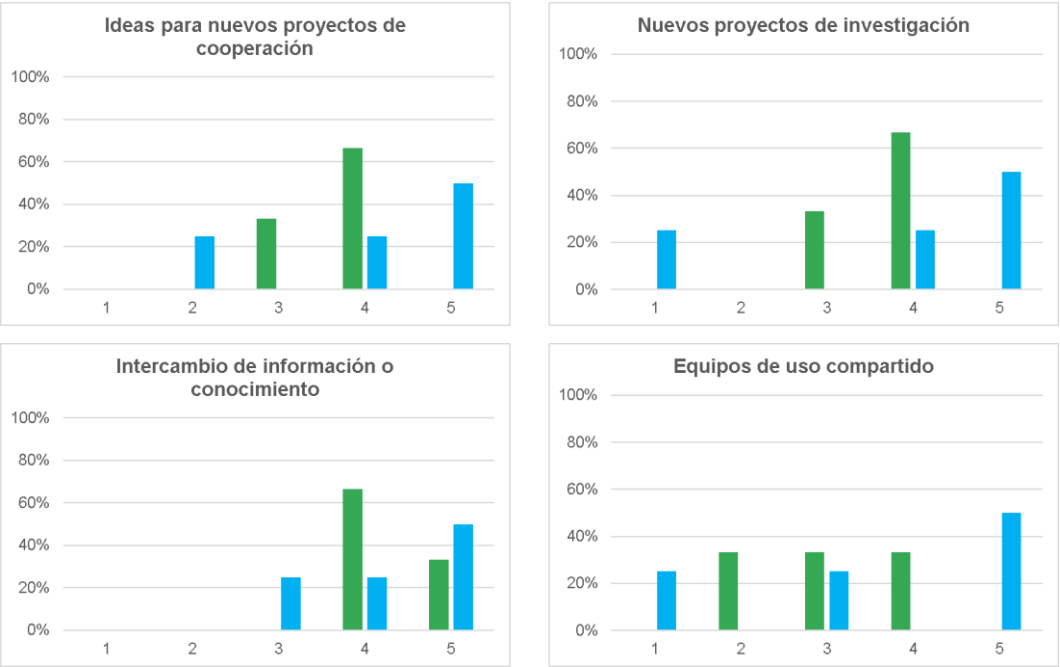
Al igual que en las dos preguntas anteriores, se evidencia que la formación del talento humano es el ítem de mayor relevancia para los dos grupos y hay consenso en tal

apreciación. En segundo lugar, se encuentra la generación de trabajos de grado y tesis, en la cual el grupo docente manifiesta que es de gran importancia con puntajes consistentes entre los tres representantes, a diferencia del grupo de industria, al cual también le otorga la segunda puntuación más alta, pero con una mayor dispersión en los datos.

Con respecto a la creación de nuevas empresas (*spin-offs*), para dos de los docentes es importante y muy importante este impacto de investigación y para el tercer docente (quien otorgó puntuación de 1), aunque lo considera importante, otorgó la puntuación más baja porque no se han creado una cantidad significativa de nuevas empresas de base tecnológica en el área de Ingeniería Química de acuerdo con su experiencia. El tamaño reducido de la muestra hace que las conclusiones no sean extensibles a la población.

6.1.4 Beneficios del relacionamiento Academia-Industria

La cuarta pregunta del cuestionario hace referencia a la relevancia de los beneficios del relacionamiento Academia-Industria según la experiencia y percepción de los encuestados. Las respuestas nuevamente se plantean a partir de una escala entre 1 y 5 y se presentan en la Figura 6-3. Se evidencia una dispersión considerable en las respuestas otorgadas principalmente por la Industria.



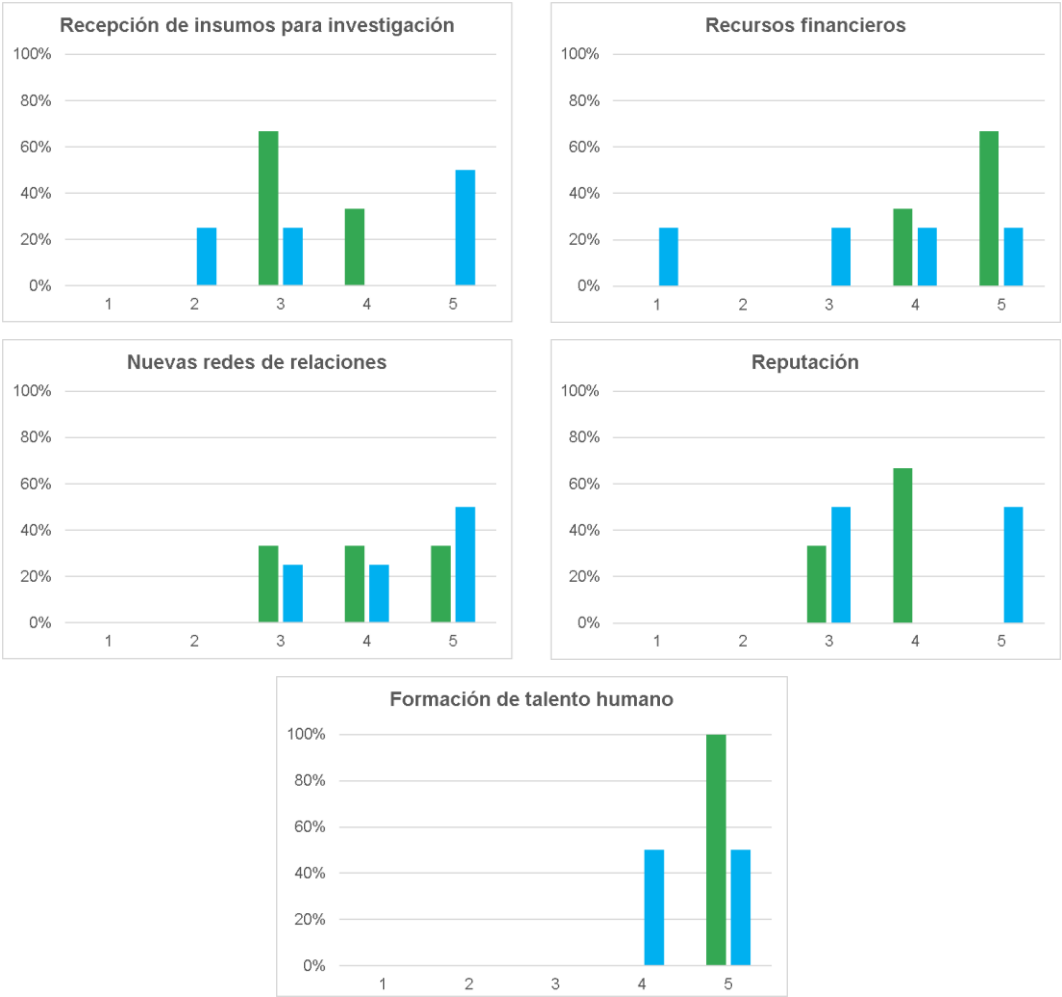


Figura 6-3: Respuestas sobre los beneficios del relacionamiento Academia-Industria
Verde: respuestas de profesores. **Azul:** respuestas de representantes de industria.

Los principales beneficios percibidos por la población encuestada se refieren a la formación de talento humano y al intercambio de información o conocimiento entre las partes (Academia e Industria). En tercer lugar, se observa que las nuevas redes de relaciones son otro de los beneficios de las RUE de mayor relevancia para la población encuestada. En adición, para los docentes es de gran importancia el acceso a recursos financieros a través de las RUE (el segundo ítem más importante), a diferencia de los representantes de industria, que otorgaron la puntuación más baja entre las opciones presentadas.

6.1.5 Dificultades del relacionamiento Academia-Industria

En una escala de 1 a 5, se indagó sobre la importancia de las dificultades que se presentan en el relacionamiento entre la Academia y la Industria, siendo 5 muy importante y 1 que no es importante. En la Figura 6-4 se ilustran los resultados. Las respuestas otorgadas tuvieron menos dispersión que las preguntas anteriores, a excepción de los asuntos relacionados con la burocracia y la divergencia del objeto de investigación de las partes, en cuyos casos se presentaron las respuestas con mayores diferencias.

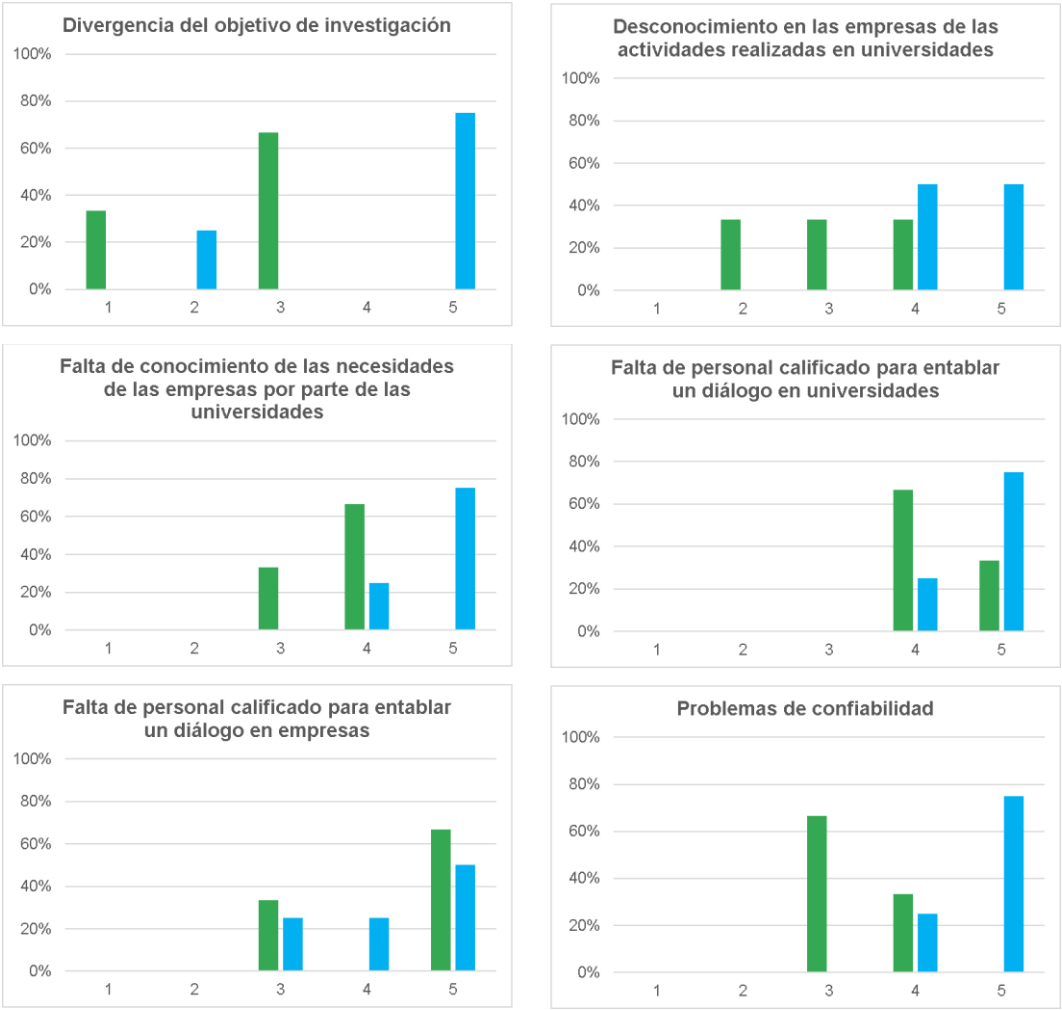


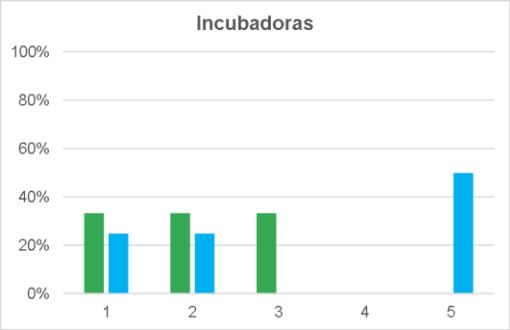
Figura 6-4: Respuestas sobre las dificultades en el relacionamiento Academia-Industria **Verde:** respuestas de profesores. **Azul:** respuestas de representantes de industria.

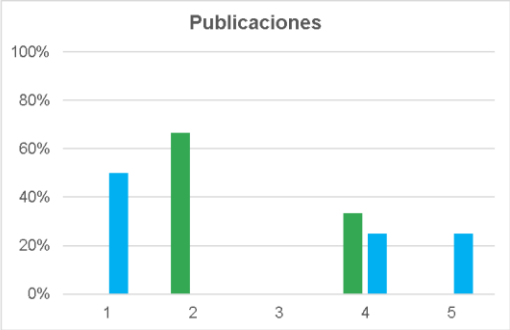
Existen diferencias importantes en la percepción del grupo docente y los representantes de las empresas con respecto a las dificultades de mayor importancia. Teniendo en cuenta que, de manera unánime, los encuestados de industria manifiestan que las mayores dificultades en las RUE son la diferencia de prioridades entre las partes y los derechos de propiedad intelectual, mientras que los docentes declaran que son la falta de personal calificado en ambas partes para entablar un diálogo y la burocracia por parte de la Universidad. En cuanto a la dificultad de menor relevancia, toda la población coincide en que es la ubicación geográfica, el ítem que menor importancia tiene en el relacionamiento Academia-Industria.

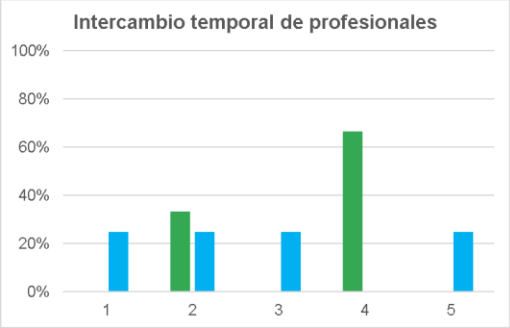
Finalmente, se identifica que la Industria considera que, en promedio, las dificultades mencionadas son de gran importancia, a diferencia de los docentes encuestados, que le otorgan un grado medio de importancia.

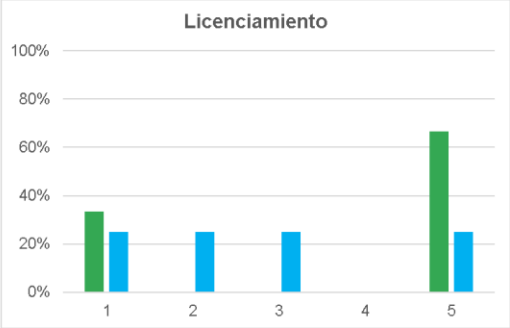
6.1.6 Canales para la transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria

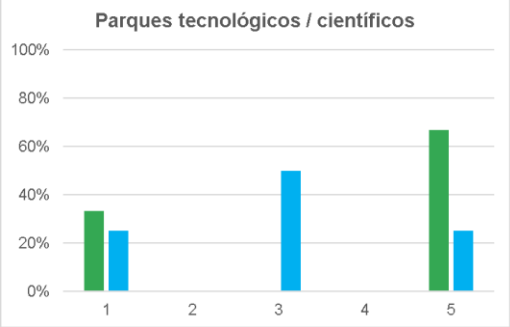
En una escala de 1 a 5, se indagó sobre la importancia de los canales para la transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria, siendo 5 muy importante y 1 que no es importante. Como se puede observar en la Figura 6-5, el nivel de importancia a todos los canales es similar en los dos grupos encuestados.

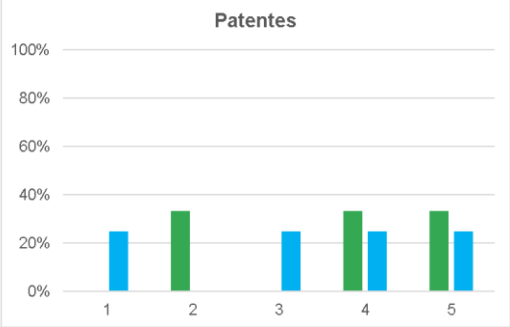

Incubadoras
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5

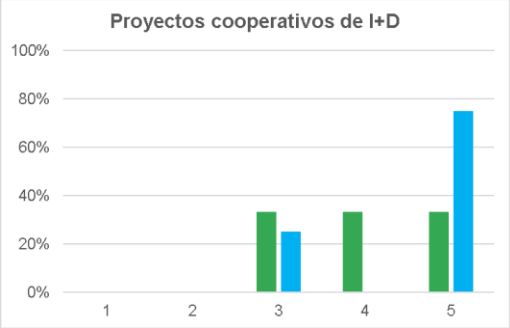

Publicaciones
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5

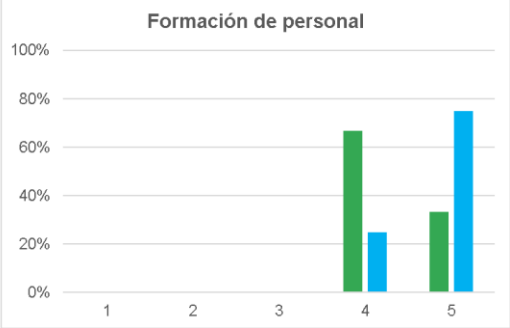

Intercambio temporal de profesionales
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5

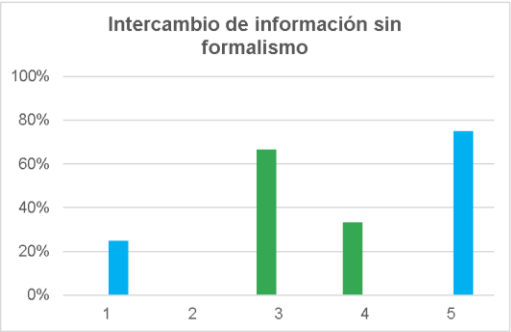

Licenciamiento
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5


Parques tecnológicos / científicos
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5


Patentes
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5


Proyectos cooperativos de I+D
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5


Formación de personal
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1
2
3
4
5



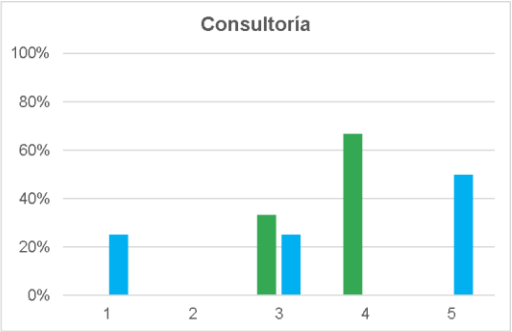


Figura 6-5: Respuestas sobre los canales de transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria

Verde: respuestas de profesores. **Azul:** respuestas de representantes de industria.

Al igual que en la sección 6.1.3, se evidencia alta dispersión en las respuestas brindadas por los encuestados, principalmente en el grupo de representantes de industria. No obstante, con mayor nivel de consenso, para los dos grupos encuestados se evidencia que es la formación de personal el canal más importante para transferir conocimientos y tecnologías entre las partes, seguidos de los proyectos cooperativos de I+D.

Por otro lado, aunque con mayor dispersión, se evidencia que la creación de Spin-offs, las incubadoras y las publicaciones académicas, son considerados los canales de menor impacto para la transferencia de conocimiento y tecnología.

6.1.7 Fuentes de financiación de proyectos de investigación colaborativos entre universidades y empresas

En la encuesta se identificaron las fuentes de financiación para la realización de proyectos de investigación y desarrollo en conjunto entre universidades y empresas, analizando la contribución promedio de cada fuente de financiación, reportadas en la Tabla 6-2. Se contemplaron cuatro fuentes de financiación iniciales: universidad, empresa, instituciones públicas y agencias financieras internacionales, no obstante, en general se evidenció que las agencias financieras internacionales no son una fuente de financiación regular en estos casos, considerando que solo uno de los encuestados mencionó que son financiadores, pero otorgó el 5% del total a esta categoría y por tal razón las desviaciones relativas del grupo de respuestas de la universidad y del total aparentemente son altas.

Todos los encuestados coinciden en que la Universidad y la Empresa son fuentes de financiación, aunque en diferentes proporciones. En cuanto a las instituciones públicas, se identifica como principal financiador a Minciencias, pero la contribución porcentual difiere considerando la experiencia de los encuestados, teniendo en cuenta que, principalmente en el grupo de industria, no todos los encuestados contemplaban la financiación de programas de posgrado que se desarrollan entre las universidades y las empresas.

Tabla 6-2. Respuestas sobre fuentes de financiación de proyectos de I+D cooperativos

	Universidad*	**Empresa***	**Instituciones públicas***	**Ag. financieras internacionales***
Respuestas Universidad	43	12	43	2
Respuestas Industria	29	46	25	0
Total	35	31	33	1
Desviación estándar Respuestas Universidad	25	8	21	3
Desviación estándar Respuestas Industria	15	23	33	0
Desviación estándar total	20	25	28	2

*Los valores se reportan como porcentajes [%]

6.1.8 Análisis de resultados

Las respuestas obtenidas coinciden parcialmente con la información reportada por Celis y Acosta en 2017, quienes establecen que (Celis & Acosta, 2017):

- Las universidades buscan, entre otros, exponer a los estudiantes a situaciones reales para la aplicación de conocimientos, en línea con los resultados de la tabla Tabla 6-1 sobre colaboración conjunta con la industria y análisis estratégico de la economía nacional.
- Dentro de las motivaciones de las universidades en las RUEs se encuentran los beneficios en los ingresos para la Academia a través del acceso a fondos para investigación, lo cual se evidencia en la Figura 6-3 sobre recursos financieros.
- Uno de los incentivos para las industrias es el acceso a redes de investigación o a otras relaciones de colaboración, lo cual se evidencia en la Figura 6-3 en el ítem de nuevas redes de relaciones, el cual fue considerado por los representantes de industria como uno de los beneficios más importantes de las RUEs.

Sin embargo, a diferencia de los resultados de las encuestas sobre los equipos de uso compartido, los cuales obtuvieron una puntuación de mediana importancia (Ver Figura

6-3), Celis y Acosta exponen que, tanto para las universidades como para las academias, el acceso a equipos e instalaciones es una de las motivaciones de las RUEs.

Con respecto a las dificultades de las RUEs, Reyes Reina identificó que, para los docentes de la Universidad Nacional de Colombia, la burocracia implícita en el establecimiento de convenios entre universidades y empresas representan un reto para el establecimiento de RUEs debidamente formalizadas, lo cual es coherente con el nivel de importancia otorgado, principalmente por los profesores, a la burocracia como una dificultad para el relacionamiento entre Academia e Industria (Reyes Reina, 2020).

En cuanto a los canales para la transferencia de conocimiento y tecnología, Bekkers y Bodas Freitas realizaron entrevistas a personal de investigación y desarrollo de empresas y universidades en Holanda, reportando que dentro de los canales con mayor importancia se encuentran las publicaciones y los contactos personales informales, a diferencia de los resultados del cuestionario aplicado en el presente estudio, que establece que las publicaciones son el canal de menor importancia. Por otro lado, según Bekkers y Bodas Freitas, los proyectos cooperativos de I+D y la formación de personal tienen una puntuación intermedia, a diferencia de los resultados de la presente encuesta, que otorgan el valor más alto (Bekkers & Bodas Freitas, 2008).

Finalmente, la aplicación del instrumento del cuestionario ha sido empleado en estudios preliminares relativos a la transferencia de tecnología entre Academia e Industria (Bekkers & Bodas Freitas, 2008; Crepalde Medeiros, 2020; Fernandes et al., 2010; Reyes Reina, 2020), y permite realizar un diagnóstico de la situación actual para una universidad, un sector económico o un país; y permite también evidenciar las perspectivas de acciones futuras para fomentar los procesos de transferencia de tecnología. Con base en los resultados obtenidos en la presente sección, es importante reformular la aplicación del cuestionario y analizar si las respuestas buscadas se deben orientar hacia un diagnóstico de la situación actual o hacia perspectivas de acciones futuras. Asimismo, se sugiere aplicar este instrumento a una muestra más representativa de la población, con el objetivo de tener mayor consistencia estadística y emitir conclusiones con más fundamento; en esta dirección, se hace mención del estudio desarrollado por Bekkers y Bodas Freitas en 2008, el cual empleó una muestra de 2082 encuestados, con 575 cuestionarios válidos.

No obstante, los resultados del cuestionario ponen en evidencia que es importante fortalecer la formación de estudiantes y personal de empresas como un canal de transferencia de conocimiento y tecnología en las RUEs, además de fomentar el desarrollo de proyectos cooperativos que permitan integrar a los dos actores con el objetivo de innovar. Para lograr lo anterior, es requerido el consenso en las prioridades de los proyectos colaborativos y la mejora en los procesos burocráticos para establecer convenios entre las partes.

6.2 Consideraciones para la Transferencia de Tecnología

Para llevar a cabo procesos de transferencia es imprescindible identificar plenamente la tecnología. Para esta identificación, se pueden implementar diferentes herramientas tales como: entrevistas a investigadores, inventarios de intangibles, declaraciones de invención[26], actas de inicio de proyectos, entre otros (Ruta N et al., 2014). En el caso de la Universidad Nacional de Colombia, se generó un portafolio de tecnologías protegidas, en el cual se exponen las tecnologías que cuentan con derechos de propiedad intelectual con sus respectivas descripciones, beneficios, nivel de madurez (TRL), datos básicos de la familia de patentes y palabras claves. El portafolio se encuentra disponible en https://propiedadintelectual.unal.edu.co/propiedad-intelectual-en-la-unal/portafolio-de-tecnologias-protegidas/.

No obstante, considerando que además de las patentes, diseños industriales y marcas, las tecnologías se pueden proteger como secretos industriales (ver sección 1.1.1), a los cuales se tiene acceso restringido, es importante considerar a las tecnologías protegidas bajo este mecanismo dentro del portafolio de tecnologías de la Universidad, con el fin de dar a conocer el *Know-How*, lo cual puede representar una oportunidad para el relacionamiento entre la Universidad y las empresas. Para lograrlo, se puede tomar como referencia el portafolio de tecnologías de Tecnnova, disponible en https://www.tecnnova.org/portafoliodetecnologias/?jsf=epro-posts&pagenum=6, el cual

[26] Una declaración de invención es una comunicación escrita mediante la cual el creador o creadores declaran la existencia de una creación intelectual (tecnología) protegible mediante derechos de Propiedad Intelectual (Ruta N et al., 2014).

presenta tecnologías patentadas y secretos industriales, con la siguiente información: nombre, descripción, propuesta de valor, beneficios y oportunidad.

Una vez identificada la tecnología, es imprescindible identificar los receptores potenciales, para lo cual, se pueden establecer diferentes mecanismos o estrategias tales como: divulgación de elementos de marketing, presentación de desarrollos tecnológicos en espacios de encuentro entre potenciales proveedores y receptores, entre otros. Al respecto, la Universidad Nacional ha establecido diferentes estrategias, tales como:

- Notas informativas en el Periódico UNAL, el cual presenta artículos sobre diferentes temáticas de manera digital. Dentro de los ejes se encuentran: política, economía, internacional, ciencia & tecnología, medio ambiente, educación, salud, y arte & cultura.
- Correos masivos con la descripción de las patentes concedidas y los desarrollos tecnológicos generados en la Universidad.
- Publicación de tecnologías en las redes sociales oficiales de la Universidad, dentro de las cuales se encuentra LinkedIn, Twitter, Facebook, YouTube, entre otros.

Es importante resaltar que, en la entrevista realizada al profesor Narváez, se identificó que las publicaciones en la prensa sobre las patentes de los reactores de película líquida descendente generaron interés en empresarios, quienes contactaron a los inventores con el fin de profundizar en la tecnología y analizar oportunidades a través de esta, por lo anterior, es imprescindible continuar con la publicación de las tecnologías en el Periódico UNAL y analizar otros medios de comunicación especializados en los que se pueda compartir la información de las tecnologías al público de interés.

Considerando que, según la Figura 6-5, los congresos y seminarios son un canal relevante para la población encuestada de la industria, se podrían presentar las tecnologías en eventos de este tipo en los que participen empresas, con el fin de dar a conocer las tecnologías al público objetivo.

Una vez se identifique un potencial receptor de la tecnología, es usual firmar inicialmente un Acuerdo de Confidencialidad para intercambiar información entre las partes (Ritter dos Santos, 2017). En esta dirección, la Dirección Nacional de Extensión, Innovación y Propiedad Intelectual de la Universidad tiene modelos de referencia de compromisos de

confidencialidad para proyectos, grupos de investigación, reuniones y uno general, los cuales cuentan con aprobación del Comité Nacional de Propiedad Intelectual y son de uso institucional.

Posteriormente, se procede con el proceso de negociación, para el cual es importante llevar a cabo las etapas de evaluación y valoración de las tecnologías como punto de partida para establecer los argumentos de negociación. Adicionalmente, se debe contar con la documentación necesaria como lo son los documentos de propiedad intelectual, certificaciones, comprobantes, actas, compromiso de confidencialidad, entre otros. Algunos aspectos básicos que se deben considerar en materia de negociación de tecnologías son (Ruta N et al., 2014):

- Titularidad de los derechos de propiedad intelectual (PI). En caso de que la tecnología ya cuente con protección bajo PI, se debe tener claridad sobre la conservación o cesión de la titularidad. Si aún no se cuenta con derechos de propiedad intelectual y se pueden obtener en el proceso de transferencia de tecnología, es imprescindible establecer los aspectos relativos a la titularidad.
- Mejoras de la tecnología. Es posible que durante el proceso de maduración de la tecnología se planteen acciones que la mejoren y, por lo tanto, es importante definir el rol del receptor y del proveedor en los casos en que esta situación se presente, por ejemplo, lo relativo a nuevos derechos de propiedad intelectual que se puedan generar o análisis de los ingresos obtenidos por estas mejoras.
- Mantenimiento de la tecnología. Se deben definir las responsabilidades de cada una de las partes en el caso que la tecnología no cumpla con lo estipulado en la negociación (desde el punto de vista técnico), por ejemplo, ¿quién asume el costo de análisis o mejoras de la tecnología?
- Modalidades de remuneración. Es importante definir con claridad y por escrito el valor de remuneración para el proveedor de la tecnología y las condiciones de pago, así como las causales de no pago.
- Cooperación técnica. Se deben establecer las responsabilidades de las partes para conseguir el entendimiento de la tecnología, para lo cual se deben considerar espacios de capacitación, equipos e instalaciones de uso compartido, entre otros.

Como resultado de la etapa de negociación, se pueden presentar dos escenarios. En primer lugar, que la negociación derive en un proceso de transferencia (contrato de

investigación, licenciamiento, creación de Spin-Off) o que no se llegue a un acuerdo y finalice la negociación. En caso de llegar a un consenso, es importante transcribir de forma clara todos los aspectos acordados en actas, contratos o convenios, con el fin de tener el soporte de los términos de negociación. Si alguna de las partes se retira del proceso de negociación, es necesario cerrar formalmente el proceso mediante un documento escrito, en el que se identifique la causa del cierre de la negociación y, en los casos que aplique, las responsabilidades de las partes con respecto a la información recibida y las inversiones realizadas durante la negociación.

6.2.1 Valorización de Aceite de Fusel

El diseño, construcción y puesta en marcha de un sistema piloto de destilación-reacción para la producción de ésteres como acetato de isoamilo fue desarrollado en el marco de un proyecto de investigación realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y cofinanciado por Ecopetrol S.A., Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia. Considerando lo anterior, la tecnología analizada fue transferida a Ecopetrol, a través del mecanismo de contrato de investigación. Adicionalmente, la tecnología se encuentra bajo compromiso de confidencialidad y se considera un secreto industrial.

Es importante mencionar que los secretos industriales pueden representar ventajas con respecto a las patentes, considerando que no se divulga públicamente la información, no tiene una duración determinada (lo cual depende de las medidas que se tomen para mantener el secreto), no tiene una jurisdicción, no requiere ningún tipo de registro. No obstante, el riesgo por espionaje industrial puede ser elevado y por ende es importante establecer políticas, protocolos y una cultura para proteger el secreto (Ruta N et al., 2014).

6.2.2 Biodiésel y Oleoquímica

El sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operando en contracorriente cuenta con derechos de propiedad intelectual en Colombia y Estados Unidos. Por lo anterior, la tecnología ya se encuentra identificada (se encuentra en el Portafolio de Tecnologías Protegidas) y para iniciar un proceso de transferencia, se requiere la promoción de canales de interacción con las empresas del sector de oleoquímica de forma más intensiva, los cuales se consolidan

como los potenciales receptores de la tecnología. Una vez identificado el potencial receptor, se debe llevar a cabo la etapa de negociación, para lo cual se requerirá valorar nuevamente la tecnología, considerando que en la sección 5.3 se presentó la valoración por ingresos futuros, con diferentes suposiciones con respecto al receptor.

6.2.3 Cannabis Medicinal

El proceso de secado se está desarrollando a través del trabajo colaborativo del Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos y Medcolcanna. No obstante, hasta el momento no se ha generado un contrato de investigación específico para el proyecto ni compromisos de confidencialidad. Adicionalmente, no se han generado publicaciones académicas sobre la tecnología y, de acuerdo con la sección 4.3, se evidencia que el proceso de secado y el diseño del equipo son susceptibles a ser protegidos a través de mecanismos de propiedad intelectual, dada su aplicación industrial y grado de novedad. Por lo anterior, para dar continuidad al proceso de transferencia de manera formal, se recomienda:

- Firmar compromiso de confidencialidad.
- Desarrollar la etapa de negociación, en la que se defina la titularidad de los futuros derechos de propiedad intelectual (si aplica), el mantenimiento de la tecnología, el valor de la tecnología y la remuneración en caso de que haya lugar, la cooperación técnica.
- Una vez finalice la etapa de negociación, celebrar el contrato de investigación.

Se recomienda continuar con la evaluación de la tecnología con fines de protección a través de mecanismos de propiedad intelectual (patentes y diseños industriales.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El presente trabajo de tesis estableció estrategias para implementar a lo largo del proceso de transferencia de tecnología de la Academia a la Industria, con el fin de contribuir al fortalecimiento de la relación Universidad-Empresa de base tecnológica, tomando como unidades de análisis estudios de caso del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

En primer lugar, para la identificación de tecnologías, y sus conocimientos base, se propuso el análisis de productos, resultados e impactos de investigación y la realización de entrevistas semiestructuradas. Las primeras permiten identificar conocimiento y tecnología explícita, mientras que las segundas se enfocan en conocimiento tácito. Además de las tecnologías, se identificaron algunos de los conocimientos transversales a los tres casos, los cuales se fundamenta la profesión de Ingeniería Química, los cuales son: determinación de equilibrios de fase, estudios cinéticos (cuando se presentan reacciones químicas), validación de información experimental con tests de consistencia termodinámica, y modelamiento y simulación de procesos.

Para que un actor externo identifique tecnologías, la Universidad Nacional de Colombia ya ha establecido un inventario de tecnologías patentadas (inventario de intangibles), que se consolidan como una alternativa de búsqueda para un potencial receptor con requerimiento tecnológico. No obstante, considerando experiencias de otras instituciones, se propone incluir los secretos industriales dentro del portafolio, considerando que es una alternativa para proteger los activos intangibles y que también son susceptibles de protección.

En cuanto a las evaluaciones de tecnologías, se resalta que es un proceso que se puede realizar en diferentes etapas del ciclo de vida de la tecnología, pero se prefiere realizar la solicitud de derechos de propiedad intelectual. Por lo anterior, para los estudios de caso se planteó antes de revisión de patentamiento (cannabis medicinal) y para determinar la vigencia de las tecnologías y las opciones sustitutas.

Como resultado de las evaluaciones, se evidencia que el proceso de destilación reacción para la producción de acetato de isoamilo es una tecnología reportada en literatura y la transferencia a explorar es el Know-How asociado al diseño y puesta en marcha de equipos de destilación reactiva. En el caso del sistema de reacción para producción de alquil esteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operando en contracorriente se evidencia que es una alternativa con diferencias radicales con las tecnologías sustitutas, cuya aplicación es promovida por incentivos regulatorios. Finalmente, el proceso de secado de flor de cannabis empleando un horno rotatorio que opera a vacío es susceptible de ser patentado, dada su aplicación industrial y grado de novedad (no obvia), marcas y paquetes tecnológicos a partir de los conocimientos, los Know-Hows, la infraestructura, entre otros.

Otra de las estrategias abordadas en el presente estudio fue la valoración o evaluación cuantitativa de las tecnologías, la cual permite estimar un valor de mercado para la tecnología. Considerando la información disponible y el estado de desarrollo de las tecnologías, para el sistema piloto de destilación reactiva para la producción de acetato de isoamilo se planteó una valoración basada en precios de lista (un método alternativo a los tres métodos primarios), para lo cual se mencionan reglas empíricas que se pueden considerar en la definición del valor de la tecnología. El sistema de reacción para la producción de alquil ésteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente se valoró empleando el método de ingresos futuros, tomando como ejemplo una empresa colombiana hipotética y empleando la información sobre el aumento en la utilidad de la producción de biodiésel empleando la tecnología frente al proceso convencional. Para la tecnología de secado de flor de cannabis, se propone la valoración basada en el mercado, no obstante, la tecnología está siendo desarrollada a través de la colaboración del Grupo de Investigación en Procesos Químicos y una empresa, y no se reporta información para aplicar los métodos de valoración por ingresos futuros o por

costos, por lo que se planteó el método de valoración basada en el mercado, considerando la disponibilidad de información de licenciamientos en la industria de Cannabis..

Finalmente, se plantean estrategias adicionales para tener en cuenta en los procesos de negociación y de transferencia, tales como recomendaciones sobre la confidencialidad y la práctica de firmar compromisos antes de revelar información en los procesos de negociación; derechos y responsabilidades de los receptores y proveedores, cuestionarios, entre otros. En esta línea, se plantea la aplicación de un cuestionario a investigadores y empresarios para establecer directrices institucionales sobre transferencia de tecnología, no obstante, es requerido tener una muestra más representativa para que este instrumento tenga validez y aporte información con mayor consistencia estadística.

7.2 Recomendaciones

Durante el desarrollo del estudio se evidenció que cada estrategia podría ser profundizada, con el fin de fortalecer cada etapa de los procesos de transferencia de tecnología. Particularmente, en esta sección se describen algunos de los ejes de trabajo que, a consideración de la autora, podrían representar una contribución significativa para la Universidad Nacional de Colombia y el sector productivo el país.

En primer lugar, la búsqueda de información relacionada con los productos, resultados e impactos de investigación puso en evidencia el potencial del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental para la generación de tecnologías aplicables en la industria. Las cuales deben ser objeto de evaluación en caso de que se quieran proteger y/o transferir. Para esto, es necesario promover las evaluaciones de tecnología y las vigilancias tecnológicas en los investigadores, y estudiar las alternativas de evaluaciones para realizar estos procesos a partir de las bases de datos a las cuales tiene acceso la Comunidad Universitaria y las plataformas impulsadas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, las oficinas nacionales y regionales de patentes, las universidades e institutos de investigación, entre otros. Por ejemplo, IPScore, herramienta desarrollada por la Oficina Europea de Patentes para evaluar patentes, tecnologías y proyectos de investigación.

Otra acción importante es articular los resultados obtenidos a partir de estudios de investigación con las estrategias adoptadas previamente por la Universidad Nacional de

Colombia para fortalecer las relaciones Universidad-Empresa que permitan, entre otros, transferir las tecnologías generadas en los proyectos de investigación y contribuir al desarrollo del país basado en el conocimiento y la tecnología.

Finalmente, se recomienda que trabajos de investigación futuros sobre innovación tecnológica a partir de tecnologías generadas en la Universidad Nacional de Colombia, se realicen simultáneamente con actividades de análisis de patentabilidad y/o procesos de negociación, con el fin de ejecutar las fases y estrategias consignadas en el presente estudio. La identificación, evaluación y valoración de tecnologías se debe realizar a través de un trabajo colaborativo con los investigadores y considerando el contexto real del proceso, por ejemplo, teniendo en cuenta el posible receptor, su ubicación geográfica, su trayectoria en el mercado, su visión estratégica, entre otros.

A. Anexo: Selección estudios de casos

La selección de los estudios de caso del presente estudio inició con la cuantificación de resultados de investigación de los proyectos de investigación desarrollados en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental analizados por Ruiz Ballén (2014), los cuales se presentan en la Tabla A- 1:

- Composición elemental y contribución de fuentes al material particulado atmosférico suspendido en el aire en Bogotá.
- Estudio técnico económico de alternativas para valorización de aceite de fusel en la producción de bioetanol en Colombia.
- Modelamiento de un sistema de destilación extractiva para la deshidratación de etanol considerando la generación de entropía.
- Degradación y mineralización de colorantes por medio de un proceso fotocatalítico heterogéneo, usando como catalizador ilmenita.
- Aislamiento, caracterización y evaluación de levaduras nativas del municipio de Puerto López (Meta) para la producción de etanol.
- Simulación molecular del comportamiento mucoadhesivo de biopolímeros farmacéuticos en contacto con mucinas, empleando el modelo de dinámica de partícula disipativa.

Adicionalmente, como se evidenció en la sección 1.4.1, el sector químico es el sector tecnológico que tiene mayor participación en la solicitud de patentes. Por tal razón, se analizaron las patentes, cuyos inventores son profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, las cuales se presentan en la Tabla A- 2.

Tabla A- 1: Revisión productos y resultados de los proyectos de investigación abordados por Ruiz Ballén (2014)

Proyecto	Artículos	TG[27] Pregrado	Tesis Maestría	Tesis Doctorado	Planta piloto
Material particulado	2	-	1	-	-
Valorización de aceite de fusel	6	4	6	1	-
Destilación extractiva	4	-	-	1	1
Degradación y mineralización de colores	2	3	2	-	-
Levaduras nativas	1	-	1	-	-
Biopolímeros farmacéuticos	2	-	3	1	-

Se puede observar que más del 30% de las patentes se relacionan con la producción de alquil ésteres y ésteres metílicos a partir de ácidos grasos, cuyo inventor en común es Paulo César Narváez Rincón. Analizando los antecedentes y contexto de las patentes y las publicaciones académicas del profesor Paulo César Narváez, se identificó un tema de investigación adicional a las presentadas en la Tabla A- 1, correspondiente a biodiésel y oleoquímica.

Tabla A- 2: Patentes concedidas y vigentes cuyos inventores son docentes del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Familia de Patentes	Solicitante	Profesores inventores	Otros inventores	Año radicación
Sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operando en contracorriente Número de Patente: CO 13016083 US 9765283 B2.	Universidad Nacional de Colombia	Juan Guillermo Cadavid Rubén Darío Godoy Paulo Cesar Narváez Gerardo Rodríguez		Colombia 2013 USA 2014

[27] Trabajos de Grado

Sistema de reacción para la producción continua de monoglicéridos por glicerolisis de ésteres metílicos de ácidos grasos Número de Patente: CO 133003366	Universidad Nacional de Colombia	Paulo Cesar Narváez	Romel Morales	2013
Generation of metal and alloy micron, submicron, or nano particles in simple, rapid process	University of New Mexico, Los Alamos National Laboratory	Hugo Zea	Claudia Luhrs Zayd Leseman, Jonathan Phillips Marwan Al- Haik	2011
Carboxylic acid recovery and methods related thereto Número de Patente: US 8293935B8	Michigan State Technologies	Álvaro Orjuela	Abraham Yánez Carl Lira Dennis Miller	2010
Synthetic methods for WS2 nanostructured materials generation: foils, nanoparticles, nanofibers and nanotubes Número de Patente: US 8303926B1	University of New Mexico, Los Alamos National Laboratory	Hugo Zea	Claudia Luhrs Marwan Al- Haik	2010
Proceso de preparación de catalizadores útiles en la licuefacción directa de carbón y el catalizador así obtenido Número de Patente: CO 08091695 PI 0917082-0 US 8476182 B2	Universidad Nacional de Colombia	Luis Ignacio Rodriguez	José de Jesús Díaz Yasmin Yaneth Agamez Orlando Hernández Oscar Andrés Villaba José Alexandre Jiménez	Colombia 2008 Brasil 2009 USA 2011
Proceso continuo para la producción de alquil esteres de compuestos grasos empleando reactores de película liquida descendente Número de Patente: CO 07116822	Universidad Nacional de Colombia	Paulo Cesar Narváez	Francisco Sánchez	2007

Fuente: (Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, 2019; Grupo Nacional de Gestión de la Propiedad Intelectual, 2019)

Por otro lado, desde la perspectiva del contexto de la industria en Colombia, es importante tener en cuenta que el Gobierno Nacional ha establecido una ruta de negocios del Sector Químico con un horizonte entre 2019 - 2032, como se mencionó en la sección 1.4 del presente documento, en la que se plantea que es prioritario incentivar la producción, procesamiento y exportación de productos y servicios a partir de materia prima habilitadora, como lo son los bioactivos, la oleoquímica y sucroquímica, estableciendo además que es importante fortalecer el aprovechamientos de residuos de proceso (Colombia Productiva, 2019b).

Adicionalmente, en 2019 el Gobierno Nacional desarrolló una hoja de ruta (con participación del sector privado) con horizonte a 2032 para una industria emergente, de la cual Colombia se posiciona como una potencia mundial: el sector de Cannabis Medicinal. Es importante resaltar que el enfoque para este sector se presenta en el ámbito farmacéutico. Sin embargo, en el mediano y largo plazo (2020 – 2032) se estipula que será estratégico plantear encadenamientos productivos a partir de los residuos de cannabis medicinal y examinar el aprovechamiento de la planta en ámbitos diferentes al farmacéutico (Colombia Productiva, 2019a).

Después de analizar los productos, resultados e impacto de la investigación realizada en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, así como identificar el enfoque del Gobierno Nacional para impulsar el Sector de la Química Básica y el Cannabis Medicinal como sectores estratégicos de la economía, se definieron los siguientes estudios de caso:

- Valorización de Aceite de Fusel.
- Biodiésel y Oleoquímica.
- Cannabis Medicinal.

B. Anexo: Esquema final entrevista para profesores investigadores

Entrevista semiestructurada para profesores investigadores

Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria

1. Datos de contacto

1.1. Nombre: _____
1.2. Cargo: _____
1.3. Universidad: _____
1.4. Correo electrónico: _____
1.5. Teléfono (opcional): _____

2. Caracterización de los productos y resultados de investigación

2.1. ¿En qué fecha inició el desarrollo de proyectos relacionados con el [estudio de caso]?

2.2. ¿Cuál fue la razón para empezar a investigar en esta área?

2.3. ¿El grupo contaba con experiencia específica (en años) en el área o agenda temática del [estudio de caso]?

2.4. Se realizó una revisión de los artículos científicos publicados, los trabajos de grado de pregrado y las tesis de posgrados asociados al [estudio de caso] en CvLAC, ResearchGate y la base de datos interna del proceso de acreditación ABET del programa de Ingeniería Química – Exponer datos - ¿cuáles otras evidencias se pueden analizar sobre los aportes de los proyectos de investigación al campo del [estudio de caso]?

2.5. ¿Cuáles son las expectativas del [estudio de caso] en un término de 1 y 3 años?

2.6. ¿Cuál es la hoja de ruta que se debería seguir para lograr las expectativas?

3. Relacionamiento Universidad – Empresa

3.1. ¿En qué áreas considera que las Universidades realizan la mayor contribución al desarrollo económico de Colombia? (Si/No)

- Acceso a educación
- Retención de profesionales en el país
- Transferencia de tecnología
- Apoyo a MiPyMEs
- Consecución de recursos de inversión para el país
- Colaboración conjunta con la industria
- Análisis estratégico de la economía nacional
- Atracción de estudiantes extranjeros
- Apoyo al desarrollo comunitario
- Desarrollo de alianzas locales
- Desarrollo gerencial
- Conocimiento de las necesidades nacionales

3.2. A continuación, se presentan los tipos de relacionamiento Universidad – Empresa. Determine el grado de importancia de cada ítem para las actividades de investigación con valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Actividades de certificación de calidad ___
- Evaluaciones técnicas, estudios de viabilidad, gestión de proyectos ___
- Servicios de ingeniería ___
- Consultoría ___
- Actividades de formación ___
- Transferencia de tecnología (licenciamiento) ___
- Proyectos de I&D en colaboración con empresas (corto plazo) ___
- Proyectos de I&D en colaboración con empresas (largo plazo) ___
- Proyectos de I&D complementarios a las actividades de innovación de la empresa ___
- Proyectos de I&D que sustituyen las actividades de innovación de la empresa ___
- Otros, ¿cuáles?

3.3. A continuación, se presentan los principales productos, resultados e impactos del relacionamiento Universidad – Empresa. Determine el grado de importancia de

cada ítem para las actividades de investigación con valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Descubrimientos científicos (nuevo conocimiento) __
- Nuevos proyectos de investigación __
- Nuevos productos __
- Nuevos procesos industriales __
- Mejora de productos __
- Mejora de procesos industriales __
- Formación de talento humano y estudiantes __
- Trabajos de grado y tesis __
- Publicaciones __
- Patentes __
- Diseños __
- Creación de nuevas empresas (*spin-offs*) __
- Otros, ¿cuáles?

3.4. Determine el grado de importancia de los siguientes beneficios del relacionamiento Academia-Industria, desde el desarrollo de sus actividades de investigación. Asigne valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Ideas para nuevos proyectos de cooperación __
- Nuevos proyectos de investigación __
- Intercambio de información o conocimiento __
- Equipos de uso compartido __
- Recepción de insumos para la investigación __
- Recursos financieros __
- Nuevas redes de relaciones __
- Reputación __
- Formación de talento humano __
- Otros, ¿cuáles?

3.5. Determine el grado de importancia de las dificultades del relacionamiento Academia-Industria, desde el desarrollo de sus actividades de investigación. Asigne valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Burocracia por parte de la empresa __
- Burocracia por parte de la Universidad __
- Costo de la investigación __
- Diferencia de prioridades __

- Derechos de propiedad intelectual ___
- Ubicación geográfica ___
- Divergencia del objetivo de investigación ___
- Desconocimiento en las empresas de las actividades realizadas en ___ universidades ___
- Falta de conocimiento de las necesidades de las empresas por parte de las universidades ___
- Falta de personal calificado para entablar un diálogo en universidades ___
- Falta de personal calificado para entablar un diálogo en empresas ___
- Problema de confiabilidad
- Otros, ¿cuáles?

3.6. Determine el grado de importancia de los canales para la transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria, desde la perspectiva del desarrollo de sus actividades de investigación. Asigne valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Congresos y seminarios ___
- Contratación de recién egresados ___
- Contratación de estudiantes ___
- Contratos de investigación ___
- Creación de *Spin-offs* ___
- Participación en redes con empresas ___
- Incubadoras ___
- Publicaciones ___
- Intercambio temporal de profesionales ___
- Licenciamiento ___
- Parques tecnológicos / científicos ___
- Patentes ___
- Proyectos cooperativos de I+D ___
- Formación de personal ___
- Intercambio de información sin formalismo ___
- Consultoría ___
- Otros, ¿cuáles?

3.7. En general, ¿Quién financia proyectos de investigación en colaboración con empresas? Si/No. Si la respuesta es afirmativa, indicar en qué porcentaje

- Universidad
- Empresa
- Instituciones públicas
    - Locales

    - Regionales
    - Nacionales
- Agencias financieras internacionales
- Otros

C. Anexo: Esquema final entrevista para empresarios

Entrevista semiestructurada para empresarios

Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria

1. **Datos de contacto**

   1.1. Nombre: _____
   1.2. Cargo: _____
   1.3. Organización: _____
   1.4. Correo electrónico: _____
   1.5. Teléfono (opcional): _____

2. **Información general del [estudio de caso]**

   2.1. ¿Hace cuánto inició la empresa y sus actividades relacionadas con [estudio de caso]?

   2.2. ¿Cuáles son las principales necesidades, desde el punto de vista tecnológico, para llevar a cabo las actividades diarias, desarrollar proyectos, crecer en el mercado?

   2.3. ¿Cuáles son las principales fuentes de información, conocimiento y tecnología?

   2.4. ¿Cuáles son las expectativas del [estudio de caso] en un término de 1 y 3 años?

   2.5. ¿Cuál es la hoja de ruta que se debería seguir para lograr las expectativas?

3. **Relacionamiento Universidad – Empresa**

   3.1. ¿En qué áreas considera que las Universidades realizan la mayor contribución al desarrollo económico de Colombia? (Si/No)
   - Acceso a educación

- Retención de profesionales en el país
- Transferencia de tecnología
- Apoyo a MiPyMEs
- Consecución de recursos de inversión para el país
- Colaboración conjunta con la industria
- Análisis estratégico de la economía nacional
- Atracción de estudiantes extranjeros
- Apoyo al desarrollo comunitario
- Desarrollo de alianzas locales
- Desarrollo gerencial
- Conocimiento de las necesidades nacionales

3.2. A continuación, se presentan los tipos de relacionamiento Universidad – Empresa. Determine el grado de importancia de cada ítem para las actividades de investigación con valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Actividades de certificación de calidad __
- Evaluaciones técnicas, estudios de viabilidad, gestión de proyectos __
- Servicios de ingeniería __
- Consultoría __
- Actividades de formación __
- Transferencia de tecnología (licenciamiento) __
- Proyectos de I&D en colaboración con empresas (corto plazo) __
- Proyectos de I&D en colaboración con empresas (largo plazo) __
- Proyectos de I&D complementarios a las actividades de innovación de la empresa __
- Proyectos de I&D que sustituyen las actividades de innovación de la empresa __
- Otros, ¿cuáles?

3.3. A continuación, se presentan los principales productos, resultados e impactos del relacionamiento Universidad – Empresa. Determine el grado de importancia de cada ítem para las actividades de investigación con valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Descubrimientos científicos (nuevo conocimiento) __
- Nuevos proyectos de investigación __
- Nuevos productos __
- Nuevos procesos industriales __
- Mejora de productos __
- Mejora de procesos industriales __
- Formación de talento humano y estudiantes __

- Trabajos de grado y tesis __
- Publicaciones __
- Patentes __
- Diseños __
- Creación de nuevas empresas (*spin-offs*) __
- Otros, ¿cuáles?

3.4. Determine el grado de importancia de los siguientes beneficios del relacionamiento Academia-Industria. Asigne valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Ideas para nuevos proyectos de cooperación __
- Nuevos proyectos de investigación __
- Intercambio de información o conocimiento __
- Equipos de uso compartido __
- Recepción de insumos para la investigación __
- Recursos financieros __
- Nuevas redes de relaciones __
- Reputación __
- Formación de talento humano __
- Otros, ¿cuáles?

3.5. Determine el grado de importancia de las dificultades del relacionamiento Academia-Industria. Asigne valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Burocracia por parte de la empresa __
- Burocracia por parte de la Universidad __
- Costo de la investigación __
- Diferencia de prioridades __
- Derechos de propiedad intelectual __
- Ubicación geográfica __
- Divergencia del objetivo de investigación __
- Desconocimiento en las empresas de las actividades realizadas en __
universidades __
- Falta de conocimiento de las necesidades de las empresas por parte de las universidades __
- Falta de personal calificado para entablar un diálogo en universidades __
- Falta de personal calificado para entablar un diálogo en empresas __
- Problema de confiabilidad
- Otros, ¿cuáles?

3.6. Determine el grado de importancia de los canales para la transferencia de conocimiento y tecnología de la Academia a la Industria. Asigne valores de 1 a 5, donde 1 significa que el relacionamiento no es importante y 5, muy importante.

- Congresos y seminarios ___
- Contratación de recién egresados ___
- Contratación de estudiantes ___
- Contratos de investigación ___
- Creación de *Spin-offs* ___
- Participación en redes con empresas ___
- Incubadoras ___
- Publicaciones ___
- Intercambio temporal de profesionales ___
- Licenciamiento ___
- Parques tecnológicos / científicos ___
- Patentes ___
- Proyectos cooperativos de I+D ___
- Formación de personal ___
- Intercambio de información sin formalismo ___
- Consultoría ___
- Otros, ¿cuáles?

3.7. En general, ¿Quién financia proyectos de investigación en colaboración con universidades? Si/No. Si la respuesta es afirmativa, indicar en qué porcentaje

- Universidad
- Empresa
- Instituciones públicas
  - Locales
  - Regionales
  - Nacionales
- Agencias financieras internacionales
- Otros

D. Anexo: Compromiso de confidencialidad

Compromiso de confidencialidad

Yo, Laura Camila Aponte Gutiérrez, mayor de edad y domiciliada en la ciudad de Bogotá, identificada con cédula de ciudadanía número 1.016.074.317, con el fin de proteger la información a mi revelada en la entrevista virtual con [**nombre del entrevistado**], a desarrollarse hoy **[día]** de **[mes]** de 2021, la cual está relacionada con la tesis de maestría en Ingeniería – Ingeniería Química titulada "Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria. Caso del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia", manifiesto que:

Primero: En virtud del presente compromiso me obligo a:

a) Mantener la información confidencial segura, usarla solamente para los propósitos relacionados con él, en caso de ser solicitada, devolverla toda (incluyendo copias de esta) en el momento en que ya no requiera hacer uso de esta o cuando termine la relación, caso en el cual, deberá entregar dicha información antes de la terminación de la vinculación.
b) Proteger la información confidencial, sea verbal, escrita, visual, tangible, intangible o que por cualquier otro medio se reciba, siendo legitima poseedora de la misma la Universidad Nacional de Colombia, restringiendo su uso exclusivamente a las personas que tengan absoluta necesidad de conocerla.
c) Usar la información confidencial que se me entregue, únicamente para los efectos señalados al momento de la entrega de dicha información.
d) Mantener la información confidencial en reserva hasta tanto adquiera el carácter de pública.

e) Guardar la reserva de la información confidencial como mínimo, con el mismo cuidado con la que protejo mi información confidencial.
f) No transmitir, comunicar, revelar o de cualquier otra forma divulgar total o parcialmente, pública o privadamente, la información confidencial sin el previo consentimiento por escrito de la Universidad Nacional de Colombia.
g) No utilizar la información en detrimento de la Universidad Nacional de Colombia, ni explotarla directamente o a través de terceros, ni aprovecharla en beneficio propio o ajeno.

Se exceptúa de la obligación de guardar reserva cuando exista mandato de autoridad competente que exija la divulgación de la información catalogada como confidencial o cuando la Universidad lo autorice.

Segundo: Información confidencial: Entiendo como Información Confidencial, para los efectos del presente compromiso:

a) La información que no sea pública y conozca a partir de la relación que da lugar a este compromiso.
b) Cualquier información técnica, jurídica, financiera, comercial, de mercado, estratégica, de productos, nuevas tecnologías, patentes, modelos de utilidad, diseños industriales, modelos de negocios y/o cualquier otra relacionada con el [*proyecto de investigación y/o extensión contrato o convenio identificado anteriormente*], y/o cualquier otro ente relacionado con la estructura organizacional, bien sea que la misma sea escrita, oral o visual, o en cualquier forma tangible o no, incluidos los mensajes de datos (en la forma definida en la ley).
c) La que corresponda o deba considerarse como tal para garantizar el derecho constitucional a la intimidad, la honra y el buen nombre de las personas y deba guardarse la debida diligencia en su discreción y manejo en el desempeño de sus funciones.

Tercero: Conozco que la falta de estos compromisos puede significar verme abocado a acciones civiles, disciplinarias o penales, y que, de comprobarse mi culpabilidad, las medidas punitivas son económicas y privativas de libertad, según lo establece la

normatividad colombiana, tales como el artículo 308 de la ley 599 de 2000, ley 256 de 1996, Decisión 486 de la Comunidad Andina.

En constancia de lo anterior, se firma en la ciudad de Bogotá a los **[días]** días del mes de **[mes]** de 2021

_____

Nombre: Laura Camila Aponte Gutiérrez
C.C.: 1.016.074.317

.

E. Anexo: Guía para el desarrollo de evaluaciones de tecnologías

La presente Guía tiene como objetivo establecer los lineamientos principales para la realización de evaluaciones de tecnologías desarrolladas por la Universidad Nacional de Colombia en el campo de Ingeniería Química. Las evaluaciones se llevan a cabo para validar el grado de innovación y utilidad para propósitos de protección de derechos de propiedad intelectual o transferencia de tecnología. Las evaluaciones realizadas deberán contener como mínimo la información contenida en el presente anexo.

Los reportes de evaluación de tecnologías deberán contener los siguientes aspectos:

- Resumen Ejecutivo.
- Introducción.
- Descripción de la Tecnología.
- Consideraciones de Mercado.
- Panorama Regulatorio.
- Metodología para el Análisis Técnico.
- Análisis de Actividad de Patentamiento.
- Análisis de Recursos Técnicos Adicionales.
- Conclusiones.
- Referencias.

A continuación, se describe cada componente:

Resumen Ejecutivo.

En esta sección se reportan las principales observaciones y resultados de la evaluación realizada, de acuerdo con el alcance y el propósito con el cual se desarrolla la misma. El Resumen Ejecutivo deberá estar dirigido a los tomadores de decisión.

Introducción.

La introducción debe presentar el alcance, propósito y justificación de la evaluación.

Descripción de la Tecnología.

Se deben presentar las características generales de la tecnología. En los casos en los que existan derechos de propiedad intelectual, como patentes, se requerirá la presentación del título, número, solicitante, inventor(es), Clasificación Internacional de Patentes (IPC).

Posteriormente se debe describir la tecnología, indicando los beneficios, funcionalidades, aspectos innovadores, sector económico asociado a la tecnología, grado de desarrollo de acuerdo con la escala TRL (según lineamientos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación) y demás información que permita identificar la tecnología y sus contribuciones al desarrollo de un campo específico.

Finalmente, considerando que esta Guía hace referencia a tecnologías generadas en la Academia, se requiere dar a conocer el trabajo relacionado con la invención que ha sido desarrollado por los inventores y los respectivos grupos de investigación. Se podrá indicar también la disponibilidad de infraestructura para el desarrollo de la invención y para el soporte de futuros procesos de transferencia de tecnología.

Consideraciones de Mercado

De acuerdo con el sector económico identificado, se realiza un análisis del mercado a nivel nacional (Colombia) e internacional, con el objetivo de conocer, entre otros, los siguientes aspectos:

- Tamaño de mercado.
- Pronóstico de crecimiento del sector.
- Principales empresas, gremios, institutos, y demás actores clave del mercado.
- Tendencias.
- En el ámbito internacional, se deben identificar los países con mayor participación en el mercado.

Panorama Regulatorio

En esta sección se incluyen las leyes y actos administrativos (Decretos, Resoluciones, Circulares, entre otros) adoptados en Colombia que tengan algún impacto positivo o

negativo relevante para el uso de la tecnología en el país. Asimismo, se identificará la misma información para los países con mayor participación o importancia en el mercado.

En caso de existir acuerdos internacionales que promuevan u obstaculicen el uso de la tecnología o que impacten el sector económico, se deben incluir en esta sección.

Metodología para el Análisis Técnico

En el reporte de evaluación se debe identificar la metodología empleada para llevar a cabo el análisis técnico a partir de patentes y otros recursos, lo cual permitirá brindar un soporte para el tomador de decisión, identificando la profundidad y sistematización del proceso.

Los aspectos que se deben abordar en esta sección son:

- Estrategia de búsqueda: la cual debe estipular el mapa semántico empleado para la construcción de ecuaciones de búsqueda, así como las ecuaciones de búsqueda seleccionadas y los criterios de selección.

- Procesamiento de datos: descripción de la preparación de la información para su análisis respectivo, por ejemplo, con la elaboración de diagramas, tablas, esquemas, entre otros. Se debe indicar también el software de procesamiento, en los casos que aplique.

- Consideraciones y limitaciones: relativas a suposiciones, definición de límites geográficos y temporales, restricciones asociadas a la disponibilidad de información y softwares de procesamiento de datos, entre otros.

Con el objetivo de orientar la estrategia de búsqueda, se recomienda consultar las guías desarrolladas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, por ejemplo, la Guía para inventores y emprendedores sobre identificación de invenciones que están en dominio público.

De manera preliminar, se selecciona PatentScope, Espacenet y SIPI (Oficina Virtual de Propiedad Industrial de la Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia) para la ejecución de las búsquedas de patentes solicitadas o concedidas.

Para la búsqueda de recursos técnicos de otra naturaleza, se emplea principalmente el buscador Google Scholar, a partir del cual se encuentra literatura, de la cual se analiza principalmente el Resumen Ejecutivo.

Análisis de Actividad de Patentamiento

En este apartado se presentan los resultados de las búsquedas y su respectivo análisis. El enfoque de la información obtenida es la identificación del grado de novedad y utilidad de la tecnología analizada con respecto a las tecnologías disponibles en el mercado, a partir de la definición de ventajas y desventajas de estas, de manera comparativa.

Se debe abordar un análisis temporal de la solicitud de patentes, indicadores de concesión de patentes frente a la solicitud, distribución geográfica de la solicitud de patentes, solicitantes más activos en el campo, indicadores de citación, entre otros.

Análisis de Recursos Técnicos Adicionales

En este apartado se presentan los resultados de las búsquedas y su respectivo análisis. El enfoque de la información obtenida es la determinación de literatura relevante asociada a la tecnología o su campo de aplicación, lo cual permite conocer de manera amplia la novedad de la invención.

Conclusiones

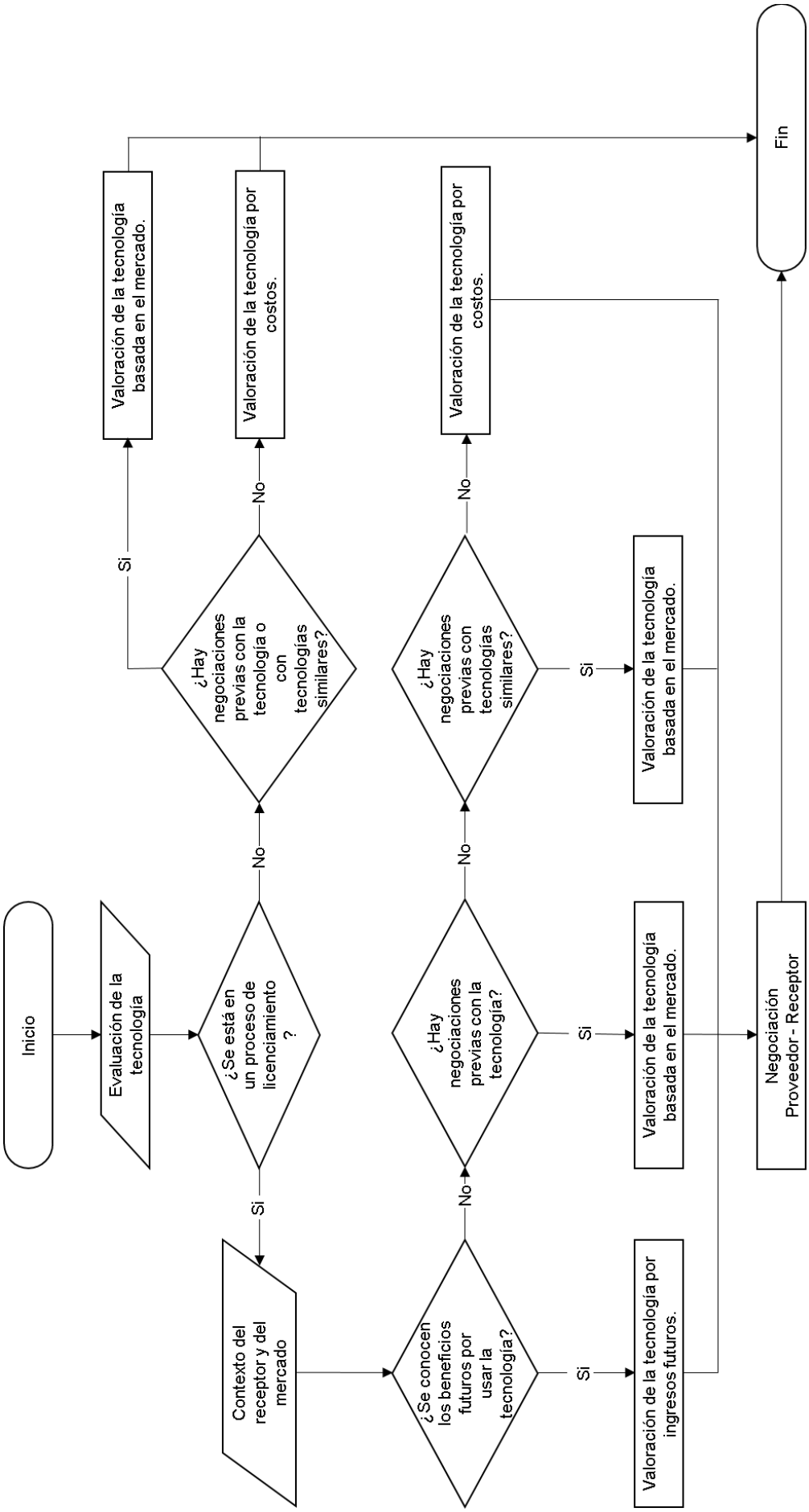
En esta sección se presentará información concluyente de acuerdo con el propósito de la evaluación. Por ejemplo, se determinará la pertinencia de avanzar en el proceso de protección de la propiedad intelectual o establecerá consideraciones para adelantar actividades exploratorias de transferencia de tecnología.

Referencias

Se presentan todas las fuentes de información empleadas en la elaboración de la evaluación y su reporte respectivo.

F. Anexo: Guía para la fase de valoración de tecnologías

Considerando que existen diferentes aproximaciones para la valoración de tecnologías de acuerdo con la información disponible, el propósito de la valoración y el contexto. A continuación, se presenta un flujograma para orientar la toma de decisión con respecto a la metodología a emplear en este proceso. La información presentada se obtiene principalmente del análisis de la guía para valorar activos intelectuales desarrollada por la OMPI (World Intellectual Property Organization, 2016a), el artículo titulado *An Overview of Intellectual Property and Intangible Asset Valuation Models* (Matsuura, 2004), y el libro titulado *Valoración de intangibles, marcas y patentes* desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia (Aznar Bellver et al., 2017).


Inicio
Evaluación de la tecnología
¿Se está en un proceso de licenciamiento ?
Si
No
Contexto del receptor y del mercado
¿Hay negociaciones previas con la tecnología o con tecnologías similares?
Si
No
Valoración de la tecnología basada en el mercado.
Valoración de la tecnología por costos.
¿Se conocen los beneficios futuros por usar la tecnología?
Si
No
Valoración de la tecnología por ingresos futuros.
¿Hay negociaciones previas con la tecnología?
Si
No
Valoración de la tecnología basada en el mercado.
¿Hay negociaciones previas con tecnologías similares?
Si
No
Valoración de la tecnología basada en el mercado.
Valoración de la tecnología por costos.
Negociación Proveedor - Receptor
Fin

G. Anexo: Documento de sustentación privada de Tesis.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Estrategia para la transferencia de tecnología de la Academia a la Industria

Caso del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Laura Camila Aponte Gutiérrez

Director: MSc. Carlos Alberto Garzón Gaitán
Universidad Nacional de Colombia

Codirector: Ph.D. Rubén Darío Sinisterra Millán
Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Abril 2022

Contenido

01 **Contexto**
Innovación tecnológica
Interacción Academia, Industria, Estado
Contexto nacional y universitario
Objetivo

02 **Metodología**
Estudios de caso
Propuesta metodológica
Identificación de tecnología
Evaluación y valoración

03 **Resultados**
Aceite de fusel
Biodiésel y oleoquímica
Cannabis medicinal

04 **Conclusiones**

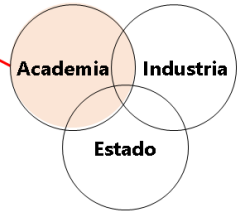
Introducción

Innovación. Motor de desarrollo económico (Schumpeter, 1934).

Universidades de investigación y emprendedoras.
Generadoras de conocimientos y tecnologías innovadoras.

Marco normativo para fortalecer relación Universidad - Empresa.

Ley Bayh-Dole



"35 U.S. Code Chapter 18 - PATENT RIGHTS IN INVENTIONS MADE WITH FEDERAL ASSISTANCE". https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2011-title35/html/USCODE-2011-title35-partII-chap18.htm
Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle.* Oxford University Press.

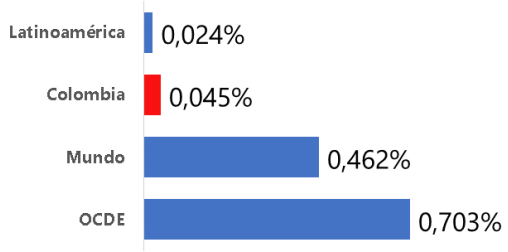
Colombia

Global Innovation Index

En 2021: Puesto 67/132
Superando el 49% de los países

En 2013: Puesto 60/142
Superando el 58% de los países

Regalías por el uso de la propiedad intelectual en 2020 (%PIB)



Generación y transferencia de conocimiento y tecnología

The World Bank (2022). Charges for the use of intellectual property, receipts (BoP, current US$). *https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.ROYL.CD*

Universidad Nacional de Colombia

11% Grupos de Investigación

7% Investigadores

Propiedad Intelectual

99 Títulos vigentes en 2020

87 patentes de invención

4 patentes de docentes del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

46 egresados de Doctorado

428 egresados de Maestría

2019

+40 productos tecnológicos e innovadores

+700 artículos

Marzo 2022

Colciencias . (2019). Convocatoria 833 de 2018.
Dirección Nacional de Planeación y Estadística - Universidad Nacional de Colombia. (2021). Balance Social Universidad Nacional de Colombia Vigencia 2020.
SIC. (2020). Estadísticas mensuales nuevas creaciones 2020. https://drive.google.com/file/d/1eqIzjuoKZ4xdihLntlLlANTTV3WpEWmS/view?ts=5f0f64f8

Laura Camila Aponte Gutiérrez 5

Objetivo

Establecer estrategias para la transferencia de productos y resultados de la investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia.

Laura Camila Aponte Gutiérrez 6

Estudios de caso

Análisis de un fenómeno a partir de su contexto real
Múltiples fuentes de información con evidencia cualitativa o cuantitativa

Unidad de análisis: Tecnologías del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

i. Relevancia Académica: Artículos, patentes, trabajos de grado y tesis de posgrado.

ii. Relevancia Industrial: Plan de Negocios del Sector de Química Básica 2020-2032, liderado por Colombia Productiva.

- Importancia de bioquímica y materiales biobasados (producción, oferta y demanda).
- La producción farmacéutica proporcionará oportunidades significativas para el crecimiento de la industria de productos químicos básicos.
- Incentivo a la producción de materia prima habilitadora para los sectores industriales del país (oleoquímica y sucroquímica).

Ruiz Ballén, X. (2014). Validación del modelo de monitoreo y evaluación para la medición de resultados e impacto en proyectos de investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá - Estudio de casos. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Laura Camila Aponte Gutiérrez 7

Estudios de caso

Caso	Trabajo pregrado	Tesis maestría	Tesis doctorado	Artículos	Patentes	Profesor entrevistado
Aceite de Fusel	11	5	3	13	-	Gerardo Rodríguez
Biodiésel y Oleoquímica	18	9	5	33	3	Paulo Narváez
Cannabis Medicinal	4	2*	3*	-	-	Iván Gil

*En curso

Ruiz Ballén, X. (2014). Validación del modelo de monitoreo y evaluación para la medición de resultados e impacto en proyectos de investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia SedeBogotá - Estudio de casos. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Laura Camila Aponte Gutiérrez 8

Propuesta metodológica

Identificación → Evaluación → Valoración → Transferencia

Identificación de tecnología

Tecnología a transferir

Tecnología, conocimiento, experiencia, infraestructura.

Productos, resultados e impactos de investigación a partir de:

- Entrevista semiestructurada a profesores y representantes de industria (Mir & Hassan, 2010).
- Bases de datos (palabras clave).

propiedad intelectual un

Base de datos interna – Proceso de acreditación ABET

RG

CvLAC

SIPI OFICINA VIRTUAL DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

WIPO PATENTSCOPE

Mir, R., & Hassan, M. A. (2010). Managing Commercialization of Academic Research: A Case Study of Umea University, Sweden. 46.
Ruta N, BID, Cámara de Comercio de Medellín, & Corporación TECNNOVA UEE. (2014). Guía estratégica de la Propiedad Intelectual Universidad Empresa.

Evaluación de tecnología

También conocida como alistamiento de tecnología, *due diligence*, inteligencia competitiva...

Análisis integral y sistemático de las tecnologías en contexto.

Legal
Fuerza de la patente
Dominante o no dominante

Técnico
Estado de la técnica en
- Bancos de patentes
- Fuentes de información técnicas

Mercado
- Requerimientos y oportunidades
- Análisis del entorno
- Competencia

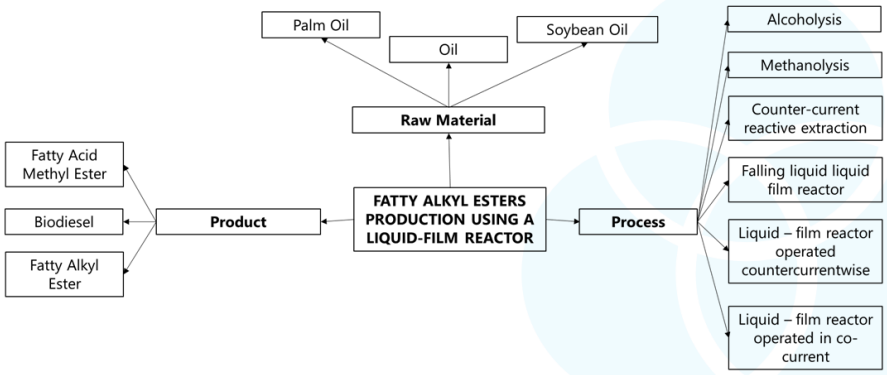
Definición del objetivo.

Delimitación de país/región, aplicación, temporalidad, entre otros

AENOR. (2011). UNE 166006:2011.
Invention Evaluator. (2015). Analysis of Micro-Encapsulated Multi- component Adhesive submitted by John Smith.
World Intellectual Property Organization. (2015). Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports.

Evaluación de tecnología

Componente técnico y tecnológico



Evaluación de tecnología

Secado de materiales u objetos sólidos eliminando el líquido de los mismos

Componente técnico y tecnológico

Caso	Ecuación	Base de datos	Resultados
Aceite de Fusel	(ctxt = "reactive distillation" AND (ctxt = "fusel" OR ctxt = "isoamyl")) OR ((ta = "production" OR ta = "process") AND ctxt = "ester*" AND (ta = "fusel" OR ta = "isoamyl" OR ta = "higher alcohol")) AND pd = "2001:2020"	Espacenet	291
Biodiésel y Oleoquímica	Título: (biodi?sel OR ?ster* met?lico* graso* OR alquil ?ster* graso* OR ?ster* de ?cido* graso*) AND (produc*)	SIPI	17
Cannabis medicinal	FP:(cannabis) AND IC:(F26B) AND DP: ([01.01.2000 TO 31.12.2020])	PatentScope*	17

Valoración de tecnología

Conferir valor económico a la tecnología para promover procesos de transferencia.

Métodos primarios de valoración

Mercado
Transacciones previas con tecnologías - sectores similares.

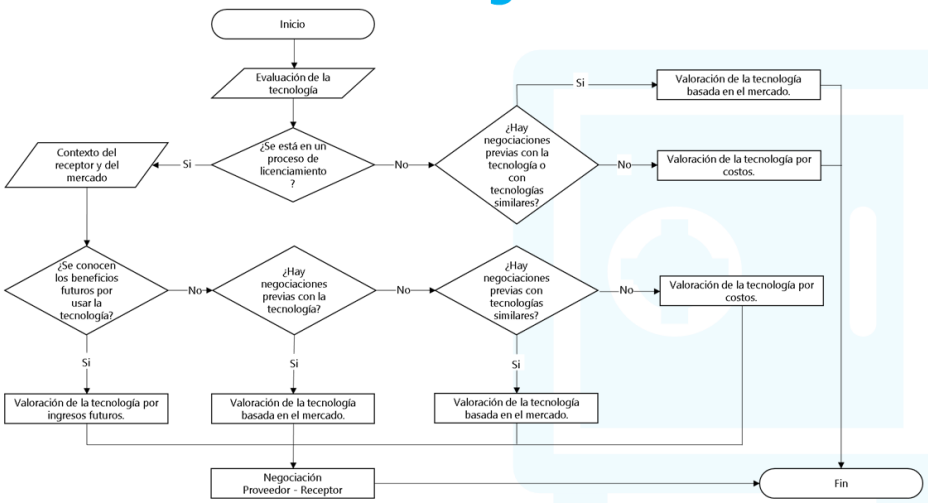
Costos
Valor de reproducir la tecnología.
Valor mínimo

Ingresos futuros
Beneficios estimados con el uso comercial de la tecnología.
Método más utilizado

Considerar tasas de descuento, de acuerdo con la madurez de la tecnología.
+ madurez → - riesgo → + valor

Aznar Bellver, J., Cayo Araya, T., & López Perales, A. A. (2017). Valoración de Intangibles, Marcas y Patentes (Editorial Ardiles & Editorial Universitat Politècnica de València (eds.).
Matsuura, J. H. (2004). An Overview of Intellectual Property and Intangible Asset Valuation Models. Research Management Review, 14(1), 33–42.
World Intellectual Property Organization. (2016b). A Practical Guide for Valuing Intangible Assets in Research and Development Institutions. 1–184.

Valoración de tecnología



Laura Camila Aponte Gutiérrez 15

Transferencia de tecnología

Identificar y contactar receptores potenciales

- Divulgación de elementos de marketing.
- Presentación de desarrollos tecnológicos en espacios de encuentro proveedor-receptor.
- Difusión en medios de comunicación masivos.

Consideraciones en etapa de negociación

- Acuerdo de confidencialidad en etapa temprana.
- Preparación previa de identificación, evaluación y valoración.
- Alistamiento de documentos: propiedad intelectual, certificaciones, actas, entre otros.
- Análisis de responsabilidades de las partes.

Transferencia o cierre de negociación

- Transferencia: contrato de investigación, licenciamiento o creación de Spin-Off.
- Retiro de la negociación: cierre formal de proceso mediante documento escrito.

Laura Camila Aponte Gutiérrez 16

Consideraciones generales

Resultados transversales en la identificación de las tecnologías

Conocimiento:

Equilibrios de fases, cinéticas de reacción, determinación de propiedades fisicoquímicas, validación de información experimental con test de consistencia termodinámica y modelamiento y simulación de procesos.

Infraestructura:

Equipos a escala laboratorio y planta piloto para las tecnologías descritas.

Equipos de análisis de propiedades de materias primas y productos.

Valorización de aceite de Fusel

Aceite de Fusel: Producto secundario generado en la etapa de destilación para la producción de bioetanol y contiene principalmente **isómeros del alcohol amílico**.

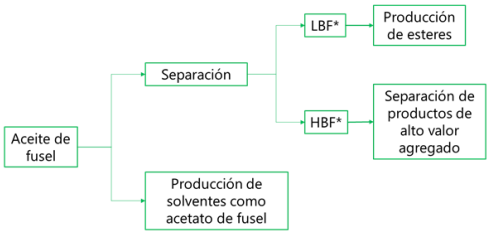
Representa cerca del 0,25 vol% del etanol producido.

Colombia

Estimulación de producción y consumo de alcoholes carburantes (Ley 693 de 2001).

Decreto 4892 de 2011:
Gasolina E-8 o E-10

5.000 L/día de aceite de fusel



Sistema piloto de destilación-reacción para la producción de ésteres.

Diseño conceptual, de detalle y montaje de planta piloto de destilación reactiva para producir 5 kg/h de acetato de isoamilo.

- **TRL 5** (desarrollo detallado del proceso)

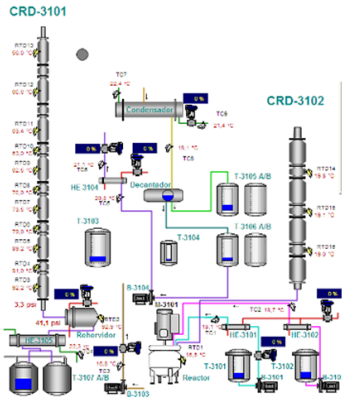
Federación Nacional de Biocombustibles. (2021). Cifras informativas del Sector Biocombustibles - Biodiésel. https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-488.htm
Ferreira, M.C., Meirelles, A.J.A., Batista, E.A.C., 2013. Study of the Fusel Oil Distillation Process. Ind. Eng. Chem. Res. 52, 2336–2351. https://doi.org/10.1021/ie300665z

Beneficios

- Altas conversiones y selectividades en esterificación
- Reducción de volumen de catalizador
- Integración energética
- Reducción de etapas de proceso

Evaluación

- Una patente en estudio y una caducada en China sobre destilación reactiva para producir acetato de isoamilo.
- Fuentes de información con descripción de la tecnología y presentación de equilibrios de fase, cinéticas, entre otros.
- Procesos alternativos: catálisis homogénea en frío (CN101293825A), membranas de zeolita – tamiz molecular (CN107162904A).
- Sin registros en Colombia.

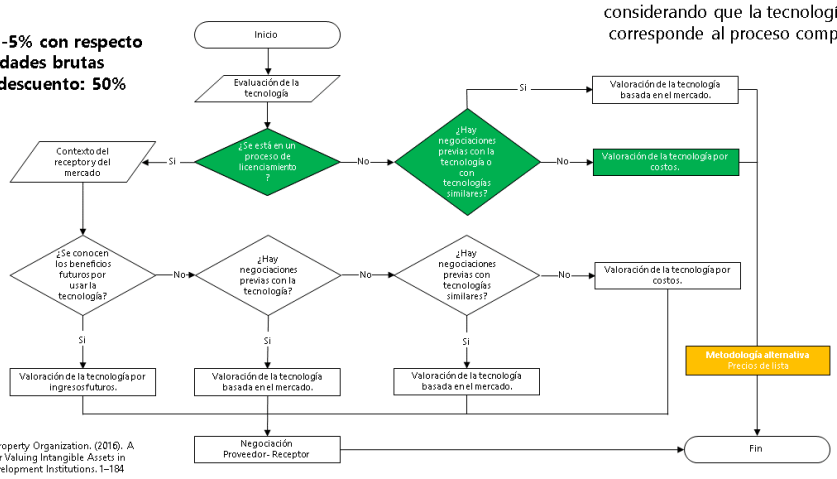


Tecnología reportada en literatura e invenciones en un sector en crecimiento. Explorar transferencia de Know-How asociado al diseño y puesta en marcha de equipos de destilación reactiva.

Valoración

Regalías: 2-5% con respecto a utilidades brutas
Tasa de descuento: 50%

Análisis **descuento adicional** considerando que la tecnología no corresponde al proceso completo



World Intellectual Property Organization. (2016). A Practical Guide for Valuing Intangible Assets in Research and Development Institutions. 1–184

Laura Camila Aponte Gutiérrez 21

Biodiésel y Oleoquímica

Estimulación regulatoria para la producción y comercialización de **biodiésel** a partir de aceites vegetales como el aceite de palma.

Colombia

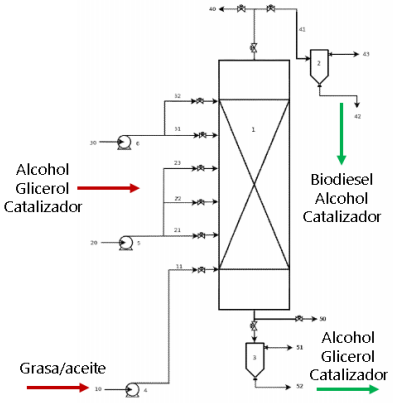
Ley 939 de 2004 y Decreto 2629 de 2007: Diesel B10

Capacidad producción: 858.200 t/año

Sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operando en contracorriente.

TRL 4 (Desarrollo preliminar del proceso)

- No hay generación de jabones ni geles.
- Separación preliminar de los reactivos y productos.
- Conversión: 99,7%. & Rendimiento: 99,9%.
- No se requieren co-solventes.
- No se requieren altas presiones ni temperaturas.



CO 13016083 - US 9765283 B2

Federación Nacional de Biocombustibles. (2021). Cifras informativas del Sector Biocombustibles - Biodiésel. https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-488.htm
Narváez Rincón, P. C., Cadavid Estrada, J. G., Godoy Silva, R. D., & Rodríguez, G. (2013). *Sistema de reacción para la producción de alquil esteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente* (Patent No. 13016083). https://patents.google.com/patent/WO2014118697A1/es

Evaluación

- Tecnologías sobre configuraciones en los reactores.
- Columna de platos con alimentación en contracorriente.
- Desarrollos en catálisis: homogénea o heterogénea, ácido o básico.
- Análisis de cosolventes.

- 18 solicitudes de patentes en Colombia, incluidas las 3 de la Universidad Nacional.
  - NC2016/0000735: Patente sobre proceso de transesterificación supercrítica en un reactor de flujo continuo.

- Análisis de diferentes materias primas, como aceites usados de cocina.
- Evaluación de propiedades físico-químicas,

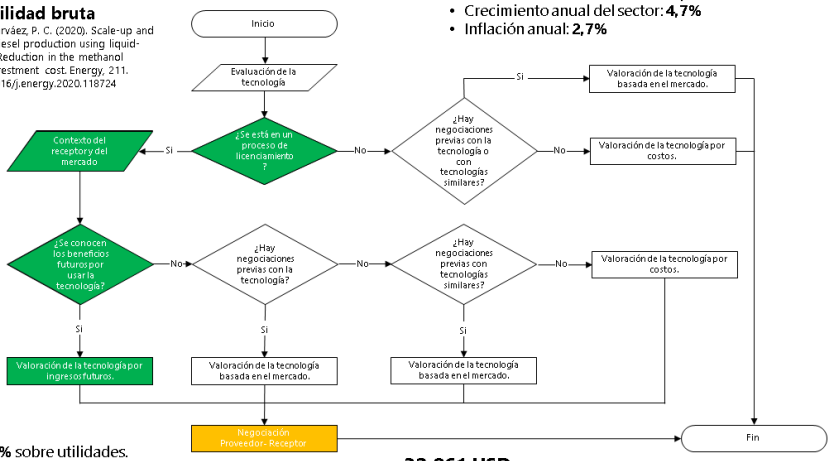
Alternativa con diferencias radicales con las tecnologías sustitutas, cuya aplicación es promovida por incentivos regulatorios (ambientales).

Valoración

+1,5% en utilidad bruta

Noriega, M. A., & Narváez, P. C. (2020). Scale-up and cost analysis of biodiesel production using liquid-liquid film reactors: Reduction in the methanol consumption and investment cost. Energy, 211. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118724

- Capacidad de producción: **70.000 t/año**.
- Producción en 2022: **60%** de capacidad instalada
- Crecimiento anual del sector: **4,7%**
- Inflación anual: **2,7%**



- Regalías: **4,72%** sobre utilidades.
- Tasa de descuento riesgo moderado-alto: **30%**

32,861 USD

Cannabis Medicinal

2020 9.100 millones USD
CAGR 2021-2028: 26,7%

Colombia, Paraguay y Uruguay son los principales productores en la región.

Colombia

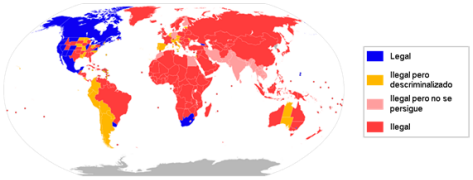
Ley 1787 de 2016. Acceso seguro e informado al uso médico y científico de cannabis y derivados.

Decreto 613 de 2017. Reglamentación Ley 1787.

Decreto 811 de 2021. Acceso Seguro e informado del cannabis. Permite exportación de flor seca de cannabis.

Cannabis para uso medicinal

Cannabis para uso recreativo

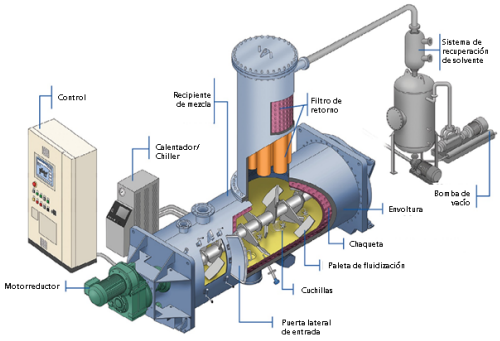


Secado de flor de cannabis mediante un horno rotatorio que opera a vacío

Grand View Research. (2021, May). Legal Marijuana Market Size | Industry Report, 2021-2028. Market Analyisis Report. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/legal-marijuana-market
Prohibition Partners. (2020). The Latin America and Caribean Cannabis Report.

Sobre la tecnología...

- Reducción del espacio ocupado por los equipos.
- Reducción del tiempo de secado en 50%.
- Procesos discontinuos y continuos.
- **TRL 7**
  Demostración e ingeniería a gran escala.



Evaluación

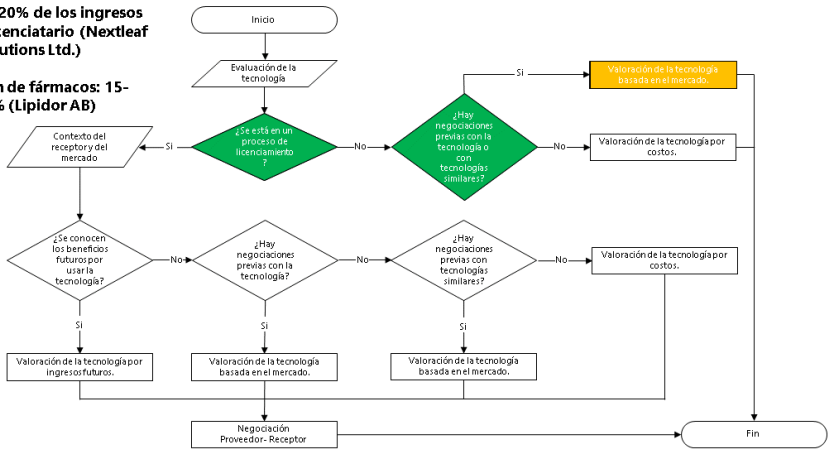
- Aumento en la actividad de patentamiento en los últimos 10 años.
- **US10695316B2.** Estados Unidos y Canadá (Solicitud).
  Calentador infrarrojo. Longitud de onda de 3-10 micrones y temperatura de 38°C a 200°C.
- **WO2020105043A1**. solicitud PCT (Estados Unidos, Canadá y Unión Europea). Horno microondas.
- **WO2019041017A1.** solicitud PCT, concedida en Australia y Canadá, y solicitada en 9 países (incluido Colombia). Método y aparato de pasteurización y deshidratación que emplea radiación microondas y vacío.
- **US2020230188A1**. solicitud en Estados Unidos. Liofilización.

Tecnología susceptible de ser patentada, dada su aplicación industrial y grado de novedad (no obvia).

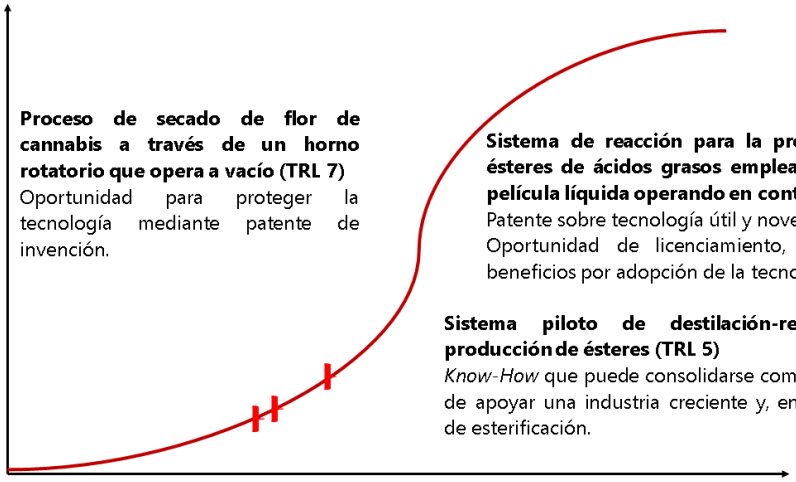
Valoración

Extracción: 20% de los ingresos brutos del licenciatario (Nextleaf Solutions Ltd.)

Liberación de fármacos: 15-17,5% (Lipidor AB)



Conclusiones



Proceso de secado de flor de cannabis a través de un horno rotatorio que opera a vacío (TRL 7)
Oportunidad para proteger la tecnología mediante patente de invención.

Sistema de reacción para la producción de alquil ésteres de ácidos grasos empleando un reactor de película líquida operando en contracorriente (TRL 4)
Patente sobre tecnología útil y novedosa.
Oportunidad de licenciamiento, previo análisis de beneficios por adopción de la tecnología.

Sistema piloto de destilación-reacción para la producción de ésteres (TRL 5)
Know-How que puede consolidarse como una oportunidad de apoyar una industria creciente y, en general, procesos de esterificación.

Conclusiones

Realizar evaluaciones de tecnología permite identificar los retos y las oportunidades de las tecnologías que se generan a través de los productos, resultados e impactos de investigación.

Las patentes no son el único mecanismo de proteger la propiedad intelectual, también se pueden considerar los *Know-Hows* como estrategia de protección.

La identificación, evaluación y valoración de tecnologías por parte del proveedor de la tecnología permite guiar la toma de decisión con respecto al mecanismo de protección de la propiedad intelectual y procesos de negociación con receptores potenciales.

Laura Camila Aponte Gutiérrez 31

Agradecimientos

Prof. Sonia Esperanza Monroy Varela, Universidad Nacional de Colombia
Prof. Gustavo Buitrago Hurtado, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

Prof. Carlos Alberto Garzón Gaitán, Universidad Nacional de Colombia
Prof. Rubén Darío Sinisterra Millán, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Procesos Químicos y Bioquímicos
Grupo de investigación - Universidad Nacional de Colombia
Industrias Químicas FIQ
Sika®
mccn® medcolcanna

Bibliografía

Abereijo, I. O., Adegbite, S. A., Ilori, M. O., Adeniyi, A. A., & Aderemi, H. A. (2009). Technological innovation sources and institutional supports for manufacturing small and medium enterprises in Nigeria. *Journal of Technology Management and Innovation*, *4*(2), 82–89. https://doi.org/10.4067/S0718-27242009000200007

Addo, P. W., Desaulniers Brousseau, V., Morello, V., MacPherson, S., Paris, M., & Lefsrud, M. (2021). Cannabis chemistry, post-harvest processing methods and secondary metabolite profiling: A review. *Industrial Crops and Products*, *170*(February), 113743. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113743

Adroit. (2020). *Biodiesel Market to grow at 4.7% CAGR to hit US $47.90 billion by 2025 – Global Insights on Key Stakeholders, Leading Players, Value Chain Analysis, Regulatory Framework and Business Opportunities: Adroit Market Research*. https://www.globenewswire.com/news-release/2020/06/25/2053297/0/en/Biodiesel-Market-to-grow-at-4-7-CAGR-to-hit-US-47-90-billion-by-2025-Global-Insights-on-Key-Stakeholders-Leading-Players-Value-Chain-Analysis-Regulatory-Framework-and-Business-Oppo.html

AENOR. (2011). *UNE 166006:2011*.

Asocaña. (2021). Informe anual 2020-2021. *Asocaña*, 131.

Asocolcanna. (2021). *La Asociación* . https://asocolcanna.org/la-asociacion/

Aznar Bellver, J., Cayo Araya, T., & López Perales, A. A. (2017). *Valoracion de Intangibles, Marcas y Patentes* (Editorial Ardiles & Editorial Universitat Politècnica de València (eds.)).

Banco de la República. (2021). *Informe de Política Monetaria*. https://www.banrep.gov.co/es/informe-politica-monetaria-enero-2021-1

Banco del Desarrollo del Brasil, & Centro de Gestao e Estudos Estrátegicos. (2008). *Bioetanol de Caña de Azúcar. Energía para el Desarrollo Sostenible*.

Banco Mundial. (2018). *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)*. https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2018&start=1

996&view=chart

Bekkers, R., & Bodas Freitas, I. M. (2008). Analysing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter? *Research Policy*, *37*(10), 1837–1853. https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.07.007

Bitran, E. (2015). *Una respuesta desde CORFO a la sostenibilidad de las ciudades: CIUDADES INTELIGENTES, CREATIVAS E INNOVADORAS*. http://conferencias.cepal.org/coloquio_msur/Lunes 27/Pdf/E Bitran.pdf

Buchner, G. A., Stepputat, K. J., Zimmermann, A. W., & Schomäcker, R. (2019). Specifying Technology Readiness Levels for the Chemical Industry. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *58*(17), 6957–6969. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b05693

Celis, J., & Acosta, O. (2017). Relaciones universidad-industria:entre lo público y lo privado. In A. Chaparro Giraldo (Ed.), *CREAR Y PROTEGER. Propiedad intelectual y transferencia de tecnología en la universidad* (1st ed., pp. 103–144). Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Cenipalma. (2008). *Vista de Tecnologías para la obtención de oleoquímicos provenientes del aceite de palmiste*. https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10507/10497

Centro Interuniversitario de Desarrollo. (2015). *La transferencia de I+D, la innovación y el emprendimiento en las universidades. Educación superior en Iberoamérica - Informe 2015* (RIL (ed.); 1st ed.).

Cervantes, M. (2009). *Universidades y organismos públicos de investigación: utilización de la propiedad intelectual, concretamente las patentes, para promover la investigación y crear "start–ups" innovadoras*. Organización Mundial de La Propiedad Intelectual. https://www.wipo.int/sme/es/documents/academic_patenting.htm

CISION. (2019). *Nextleaf Solutions Enters into Patent Licensing Agreement*. https://www.newswire.ca/news-releases/nextleaf-solutions-enters-into-patent-licensing-agreement-800593888.html

Colciencias. (2017). *Guía técnica para el reconocimiento de oficinas de transferencia de resultados de investigación - OTRI*. http://www.colciencias.gov.co/COLCIENCIAS/sistema-gestion-calidad

Colombia Productiva. (2019a). *Hoja de ruta Cannabis Medicinal 2019-2032*. 64. https://www.colombiaproductiva.com/ptp-

capacita/publicaciones/sectoriales/publicaciones-farmaceuticos/hoja-de-ruta-cannabis-medicinal-2019-2032

Colombia Productiva. (2019b). *Presentación Plan de Negocio - Industria Química Básica*.

Comunidad Andina de Naciones. (2000). *DECISION 486 Régimen Común sobre Propiedad Industrial*.

Confederación Empresarial de Madrid; Comunidad de Madrid. (2001). *La innovación: Un factor clave para la competitividad de las empresas* (Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid (ed.)). Datagrafic, S.L.

Crepalde Medeiros, J. (2020). *Novo arranjo para inovação nas instituições científicas, tecnológicas e de inovação (ICT): ambiente temático catalisador de inovação (ATCI) e a experiência da UFMG*. Universidade Federal de Minas Gerais.

DANE. (2012). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas. Revisión 4 adaptada para Colombia*.

Demirbas, A. (2008). Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats. *Energy Conversion and Management*, *49*(1), 125–130. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.05.002

Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación - Colciencias. (2018). *Guía para la Interacción con el Comité de Política Científica y Tecnológica y sus Grupos de Trabajo NESTI - GSF - TIP y BNCT*.

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. (2019). *Base de Datos. Proceso de Acreditación ABET del Programa de Ingeniería Química*.

Dirección Nacional de Extensión Innovación y Propiedad Intelectual - Universidad Nacional de Colombia. (2019). *Documento conceptual sobre Política de innovación , transferencia y emprendimiento de la Universidad Nacional de Colombia*.

Dirección Nacional de Investigación y Laboratorios - Universidad Nacional de Colombia. (2019). *Una mirada a la investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2019*.

Dirección Nacional de Planeación y Estadística - Universidad Nacional de Colombia. (2020). *Balance Social Universidad Nacional de Colombia Vigencia 2019*.

FAO. (2015). *Brasil incrementa el porcentaje de etanol en la gasolina del 25 al 27 por ciento*. Seguimiento y Análisis de Los Precios Alimentarios. https://www.fao.org/giews/food-prices/food-policies/detail/es/c/278342/

Fedepalma. (2021). *La palma de aceite en Colombia*. https://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos

Federación Nacional de Biocombustibles. (2021). *Cifras informativas del Sector Biocombustibles - Biodiésel*. https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-488.htm

Fedesarrollo. (2019). *La Industria del Cannabis Medicinal en Colombia*. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Repor_Diciembre_2019_Ramírez.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Fernandes, A. C., de Souza, B. C., Da Silva, A. S., Suzigan, W., Chaves, C. V., & Albuquerque, E. (2010). Academy-industry links in Brazil: Evidence about channels and benefits for firms and researchers. *Science and Public Policy*, *37*(7), 485–498. https://doi.org/10.3152/030234210X512016

Fisch, C. O., Hassel, T. M., Sandner, P. G., & Block, J. H. (2015). University patenting: a comparison of 300 leading universities worldwide. *Journal of Technology Transfer*, *40*(2), 318–345. https://doi.org/10.1007/s10961-014-9355-x

Garcia, R., & Calantone, R. (2002). *A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review*.

González-Gélvez, D. M., & Jaime, A. (2013). El patentamiento Universitario en Colombia. *Journal of Technology Management and Innovation*, *8*(SPL.ISS.3), 233–345. https://doi.org/10.4067/s0718-27242013000300050

González, J. (2011). Manual transferencia de tecnología y conocimiento Manual de transferencia de tecnología y conocimiento. *The Transfer Institute*, 126. http://www.negociotecnologico.com/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-transferencia-de-tecnologia-y-conocimiento.pdf.pdf

Grand View Research. (2021, May). *Legal Marijuana Market Size | Industry Report, 2021-2028*. Market Analyisis Report. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/legal-marijuana-market

Grupo Nacional de Gestión de la Propiedad Intelectual. (2019). *Patentes solicitadas y concedidas. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*.

Incauca S.A.S. (2021). *Nuestros productos*. https://www.incauca.com/es/

Ingenio Providencia S.A. (2021). *Nuestros productos*. https://www.ingprovidencia.com/es/

International Council of Chemical Associations. (2019). *The Global Chemical Industry : Catalyzing Growth and Addressing Our World ' s Sustainability Challenges*.

International Energy Agency. (2020). *Annual change in biofuel production, 2018-2020 – Charts – Data & Statistics - IEA*. https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-change-in-biofuel-production-2018-2020

Invention Evaluator. (2015). *Analysis of Micro-Encapsulated Multi-Component Adhesive submitted by John Smith*. https://www.inventionevaluator.com/content/samples/invention-evaluator-sample-report.pdf

Kowalski, S. (2017). *Providing High-Quality Innovation and Technology Support Services-University Experience and Best Practices*.

Kücük, Z., & Ceylan, K. (1998). Potential utilization of fusel oil: A kinetic approach for production of fusel oil esters trough chemical reaction. *Turkish Journal of Chemistry*, *22*, 289–300.

Lamprea B., N., Lizarazo Cortés, O. A., & Buitrago, G. (2017). Propiedad industrial en el contexto universitario: el caso de la Universidad Nacional de Colombia. In A. Chaparro Giraldo (Ed.), *CREAR Y PROTEGER. Propiedad intelectual y transferencia de tecnología en la universidad2* (1st ed., pp. 13–72). Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Legiscomex. (2007). *Biocombustibles en América Latina*. https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos PDF/estudio_biocombustiblesfinal1.pdf

Leyva, F., Orjuela, Á., Kolah, A., Lira, C., Miller, D., & Rodríguez, G. (2015). Isoamyl propionate production by reactive distillation. *Separation and Purification Technology*, *146*, 199–212.

Likert, R. (1932). A technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, *140*(7), 5–55.

Lipidor. (2021). *Lipidor and Cannassure enter exclusive licensing agreement regarding topical medical cannabis products based on Lipidor's AKVANO® technology*. https://lipidor.se/nyheter/lipidor-and-cannassure-enter-exclusive-licensing-agreement-regarding-topical-medical-cannabis-products-based-on-lipidors-akvano-technology/

Lizarazu Montoya, R. (2014). *Manual de Propiedad Industrial* (Primera ed). Legis. http://www.ebooks7-24.com.ezproxy.unal.edu.co/stage.aspx?il=&pg=&ed=

Loise, V., & Stevens, A. (2010). The Bayh-Dole Act Turns 30. *Science Translational Medicine*, *2*(52). www.ScienceTranslationalMedicine.org

Markets and Markets. (2019). *Industrial Hemp Market - Global Forecast to 2025*. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-hemp-market-

84188417.html

Markets and Markets. (2020). *Bioethanol Market Global Forecast to 2025*. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/bioethanol-market-131222570.html?gclid=Cj0KCQjwlOmLBhCHARIsAGiJg7lO2Myy4f4M2P0qPuB8HycfMHXbijaQ9e0Gq3_MscPNSfHwOAUY-uwaAtK0EALw_wcB

Markets and Markets. (2021). *Cannabis Market - Global Forecast to 2026*. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cannabis-market-201768301.html

Massachusetts Institute of Technology. (2010). *An introduction to the Innovation Institute*. https://blossoms.mit.edu/sites/default/files/video/download/WIN_InventionEval.pdf

Matsuura, J. H. (2004). An Overview of Intellectual Property and Intangible Asset Valuation Models. *Research Management Review*, *14*(1), 33–42.

McNeff, C. V., McNeff, L. C., Yan, B., Nowlan, D. T., Rasmussen, M., Gyberg, A. E., Krohn, B. J., Fedie, R. L., & Hoye, T. R. (2008). A continuous catalytic system for biodiesel production. *Applied Catalysis A: General*, *343*(1–2), 39–48. https://doi.org/10.1016/j.apcata.2008.03.019

Minciencias. (2020, November 2). *GrupLAC - Plataforma SCienTI - Grupo de Investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos*. https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000000440

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Cadena de Palma de Aceite | Indicadores e Instrumentos*. https://sioc.minagricultura.gov.co/Palma/Documentos/2020-03-30 Cifras Sectoriales.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Biocombustible*. https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=372:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2019). *Sobre Minciencias*. https://minciencias.gov.co/ministerio/sobre-minciencias

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2020). *Estadísticas Generales Grupos e Investigadores*. https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/estadisticas-generales

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2021). *Dirección de Transferencia y Uso de Conocimiento | Minciencias*. https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia

Mir, R., & Hassan, M. A. (2010). *Managing Commercialization of Academic Research: A Case Study of Umea University, Sweden*. 46.

Misión Internacional de Sabios. (2019). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Informe de la Misión Internacional de Sabios 2019 por la Educación, la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*.

Molero, J. (2008). La transferencia de tecnología revisitada: Conceptos básicos y nuevas reflexiones a partir de un modelo de gestión de excelencia. *Arbor*, *732*, 637–651. https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i732.212

Narváez Rincón, P. C., Cadavid Estrada, J. G., Godoy Silva, R. D., & Rodríguez, G. (2013). *Sistema de reacción para la producción de alquil esteres grasos empleando un reactor de película líquida operado en contracorriente* (Patent No. 13016083). https://patents.google.com/patent/WO2014118697A1/es

NASA. (2012). *Technology Readiness Level*. https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level

Navaez Rincón, P. C. (2021). *.*

Nelsen, L. (2007). Evaluating Inventions from Research Institutes. In A. Krattiger, R. Mahoney, & L. Nelsen (Eds.), *Intellectual Property Management in Health and Agricultural Innovation: A Handbook of Best Practices*.

Noriega, M. A., & Narváez, P. C. (2020). Scale-up and cost analysis of biodiesel production using liquid-liquid film reactors: Reduction in the methanol consumption and investment cost. *Energy*, *211*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118724

OECD/FAO. (2020). *Biofuels. OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/3aeb7be3-en.pdf?expires=1616972354&id=id&accname=guest&checksum=64F304E18337AAD07F9E6D8467307C92

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2005). *Glossary of Statistical Terms*. https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6865

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2007). *OECD Reviews of Innovation Policy: New Zealand 2007*. OECD. https://doi.org/10.1787/9789264037618-en

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2019a). *Discover the OECD*.

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2019b). *University-Industry*

Collaboration - New Evidence and Policy Options. *May*, 120. https://doi.org/10.1787/e9c1e648-en

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2020). *Gross domestic spending on R&D (indicator)*. https://doi.org/10.1787/d8b068b4-en

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2005). *¿Qué es la propiedad intelectual?* http://www.wipo.int/about-ip/es/

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2011). *La Transferencia de Tecnología*.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2015). *Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual: La innovación revolucionaria y el crecimiento económico*.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2017). *Curso General de Propiedad Intelectual*.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2020). *La incidencia de la Innovación. La OMPI y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2021). *Preguntas frecuentes: Patentes*. https://www.wipo.int/patents/es/faq_patents.html

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, & Eurostat. (2006). *Manual de Oslo - Guía para la Recolección e Interpretación de Datos sobre Innovación*.

Parlamento Europeo. (2020). *Preguntas parlamentarias. Referencia de la pregunta E-004175/19*. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2019-004175-ASW_ES.html

Programa de Educación Continua y Permanente - Universidad Nacional de Colombia. (2019). *Innovación, transferencia tecnológica y desarrollo de negocios*.

Prohibition Partners. (2020). *The Latin America and Caribean Cannabis Report*.

Renewable Fuels Association. (2021). *Annual Ethanol Production*. https://ethanolrfa.org/markets-and-statistics/annual-ethanol-production

Reyes Reina, D. (2020). *Interacción U-E: motivaciones y canales de interacción preferidos por profesores de una universidad colombiana. Caso de la Universidad Nacional de Colombia*.

Ritter dos Santos, M. E. (2017). ¿Cómo se difunde y transfiere el conocimiento académico y la tecnología ? In *Seminario subregional sobre las políticas de propiedad intelectual (P.I.) para las universidades y los centros de investigación*.

Ruiz Ballén, X. (2014). *Validación del modelo de monitoreo y evaluación para la medición*

de resultados e impacto en proyectos de investigación del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá - Estudio de casos. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Ruta N, Banco Interamericano de Desarrollo, Cámara de Comercio de Medellín, & Corporación TECNNOVA UEE. (2014). *Guía estratégica de la Propiedad Intelectual Universidad Empresa*.

Sanchez Correa, C. (2020). *Producción de acetato de fusel por destilación reactiva*.

Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Oxford University Press.

Shiro, S. (2005). *Method for producing fatty acid alkyl ester* (Patent No. JP2007106689A). https://patents.google.com/patent/JP2007106689A/en?oq=JP2007106689A

Statista. (2021). *Major biodiesel producing countries 2019 | Statista*. https://www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/

Sucroal S.A. (2021). *Soluciones Industriales*. https://sucroal.com.co/soluciones-industriales/

Superintendencia de Industria y Comercio. (2015). *Beneficios de los CATI*. https://www.youtube.com/watch?time_continue=33&v=X8D7ukI-vv0&feature=emb_title

Superintendencia de Industria y Comercio. (2018). *Universidades lideran solicitudes de patentes en Colombia*. https://www.sic.gov.co/noticias/universidades-lideran-solicitudes-de-patentes-en-colombia

Superintendencia de Industria y Comercio. (2020a). *¿Qué son las patentes? | Superintendencia de Industria y Comercio*. https://www.sic.gov.co/node/43

Superintendencia de Industria y Comercio. (2020b). *Estadisticas PI*. https://www.sic.gov.co/estadisticas-propiedad-industrial

U.S. Department of Energy. (2021). *Alternative Fuels Data Center: Ethanol Laws and Incentives in Federal*. https://afdc.energy.gov/fuels/laws/ETH?state=US

Udell, G. (1989). *Ideas, invention and innovations*.

Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia. (2019). *Plan indicativo de abastecimiento de combustibles líquidos*. www.upme.gov.co

United States Environmental Protection Agency. (2021). *Am I required to register biodiesel? How would I do that? | Fuels Registration, Reporting, and Compliance Help | US EPA*. https://www.epa.gov/fuels-registration-reporting-and-compliance-

help/am-i-required-register-biodiesel-how-would-i-do

Universidad Nacional de Colombia. (2020). *Curso Virtual Procesamiento de Cannabis Medicinal: De la Teoría a la Práctica*.

Vega-González, L. R., & Saniger Blesa, J. M. (2010). Valuation methodology for technology developed at academic R&D groups. *Journal of Applied Research and Technology*, *8*(1), 26–43. https://doi.org/10.22201/icat.16656423.2010.8.01.470

Villarreal Larrinaga, O., & Landeta Rodríguez, J. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en economía de la empresa y dirección estratégica. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, *16*(3), 31–52. https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60033-1

Weijiao, L. (2014). *Fatty acid methyl ester biodiesel production method and production device thereof* (Patent No. CN105368582A). https://patents.google.com/patent/CN105368582A/zh?oq=CN105368582A

World Bioenergy Association. (2019). *Global Bioenergy Statistics 2019*.

World Business Council for Sustainable Development. (2018). *Chemical Sector SDG Roadmap*.

World Intellectual Property Organization. (2015). *Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports*.

World Intellectual Property Organization. (2016a). *A Practical Guide for Valuing Intangible Assets in Research and Development Institutions*. 1–184.

World Intellectual Property Organization. (2016b). *A Practical Guide for Valuing Intangible Assets in Research and Development Institutions*. 1–184. https://www.wipo.int/meetings/en/doc_details.jsp?doc_id=331542

World Intellectual Property Organization. (2020). *Frequently Asked Questions: IP Policies for Universities and Research Institutions*. https://www.wipo.int/about-ip/en/universities_research/ip_policies/faqs/index.html

World Intellectual Property Organization. (2021). *Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2021*. http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_901_2018.pdf

Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods, Applied Social Research Methods* (5th ed.). Sage Publications.

Yin, R. K. (2014). How to know whether and when to use the case study as a reserach method. In *Case study research: design and methods* (pp. 3–25).

Zhang, Y., Kaihua, C., & Xiaolan, F. (2019). Scientific effects or Triple Helix interactions among research institutes, industries and universities. *Technovation*, *86–87*, 33–47.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.05.003

Žižlavský, O. (2014). An analysis of innovation classification and typology: A literature review. *Proceedings of the 24th International Business Information Management Association Conference - Crafting Global Competitive Economies: 2020 Vision Strategic Planning and Smart Implementation*, *July*, 1295–1308.