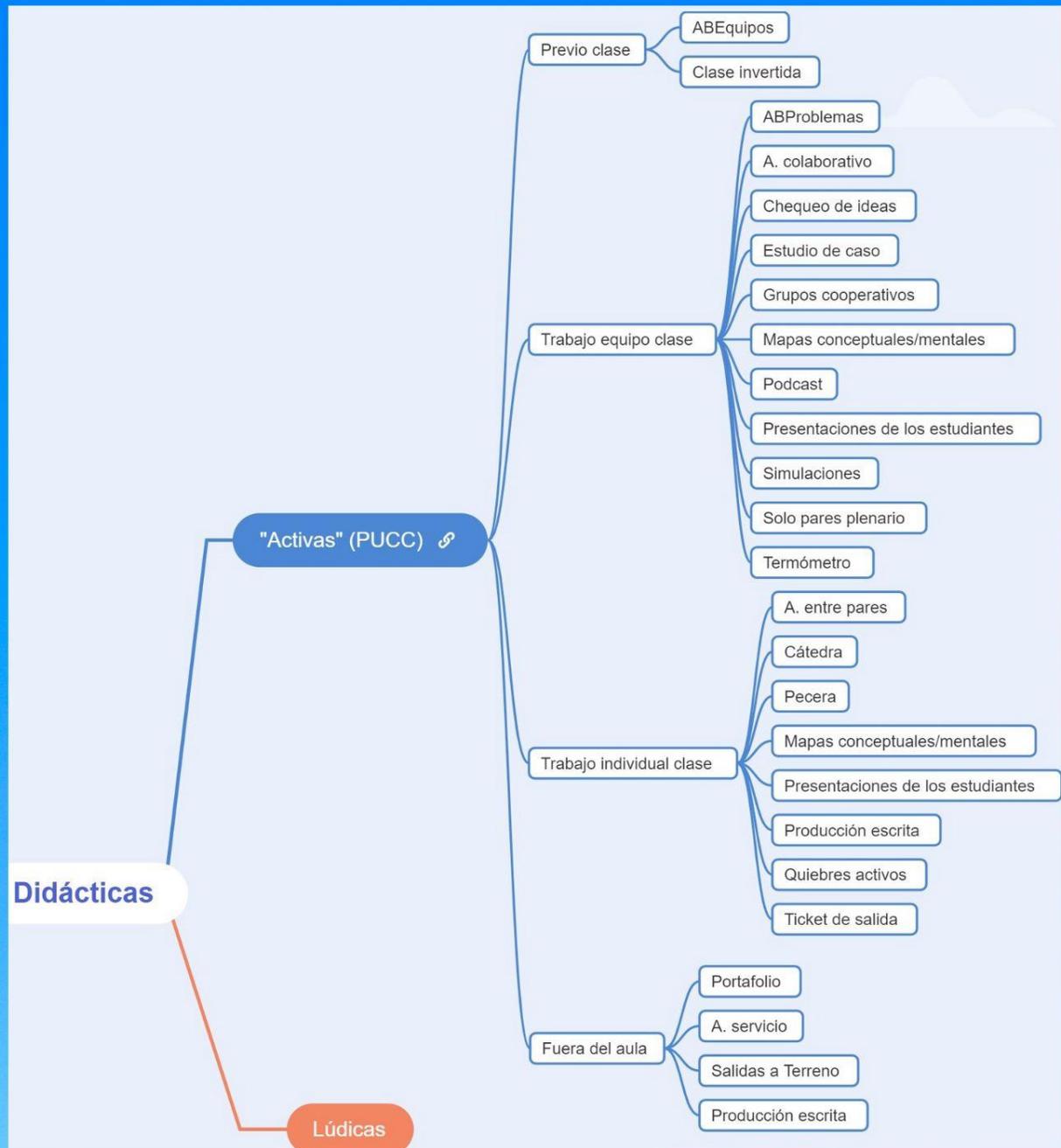


Desde el problema hasta la formulación del proyecto: aproximación práctica



Edwin A. Alarcón Durango
Juan Carlos Quintero Díaz
Editores



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería

Desde el problema hasta la formulación del proyecto:
aproximación práctica

Edwin Alexis Alarcón Durango, PhD

Juan Carlos Quintero Díaz, PhD

(Editores)

Diana Lucía Betancur Bustamante

(Revisora)



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería

Desde el problema hasta la formulación del proyecto: aproximación práctica

Edwin Alarcón (PhD)

Juan Carlos Quintero (PhD)

Carlos Mario Arroyave (MSc)

Catherine Gómez (MSc)

Felipe Bustamante (PhD)

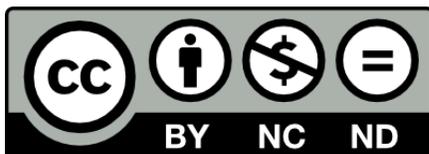
Diana Betancur (MSc)



ISBN: 978-628-7706-29-3

Medellín – Colombia

2024



LOS AUTORES

Edwin Alexis Alarcón Durango. Ingeniero Químico y Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Adscrito al grupo de investigación Catálisis Ambiental desde el año 2002. Profesor de tiempo completo en la Universidad desde 2010, vinculado desde 2014. Ha trabajado en la formulación, ejecución y evaluación de proyectos. Ha sido docente del curso de Anteproyecto de Ingeniería Química desde 2018. Su experiencia de investigación ha estado orientada al área de catálisis donde sobresalen 37 publicaciones en revistas indexadas y algunos reconocimientos con los estudiantes bajo su tutoría: mejor trabajo de pregrado de Ingeniería Química 2014, otorgado por el Consejo profesional de Ingeniería Química; mejor trabajo de maestría 2020, otorgado por el grupo de Universidades Iberoamericanas de La Rábida; Distinción Summa Cum Laude a trabajo de tesis doctoral, otorgado por la Universidad de Antioquia.

Correo: edwin.alarcon@udea.edu.co

Juan Carlos Quintero Díaz. Ingeniero Químico y Magister en Ingeniería Química por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Doctor en Ingeniería Química y ambiental por la Universidad de Santiago de Compostela (España). Magister en Administración de empresas con énfasis en Dirección de Proyectos por la Universidad Viña del Mar (Chile). Profesor asociado de tiempo completo. Ha sido docente de los cursos de Anteproyecto, Metodología de la Investigación, Formulación y evaluación de proyectos en los programas de Ingeniería Química, Ingeniería Bioquímica e Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Antioquia, además de cursos en áreas de la Ingeniería Química como Operaciones con transferencia de masa, Ingeniería de las reacciones químicas, Biotecnología industrial y ambiental y Operaciones de bioseparación. Su experiencia de investigación ha estado orientada al área de los bioprocesos y la biotecnología ambiental.

Correo: carlos.quintero@udea.edu.co

Carlos Mario Arroyave Álvarez. Bibliotecólogo, Especialista en Gerencia de Servicios de Información, Magister en Ciencia de la Información y diplomado en Derecho de Autor. Adscrito al Sistema de Bibliotecas de la Universidad de Antioquia desde 1995 vinculado a los procesos de: Análisis de información, asesoría especializada para la gestión de la información en procesos de investigación, Cultura Informacional y en el desarrollo de proyectos del CRAI+I (Centro de Recursos para el Aprendizaje, la investigación y la innovación). Ha sido docente de cátedra de la Escuela Interamericana de Bibliotecología y gestor del Centro de Apoyo a la Tecnología y la Innovación (CATI-UDEA) (OMPI-SIC).

Correo: carlos.arroyave1@udea.edu.co

Catherine Gómez López. Consultora en creatividad, innovación y emprendimiento. Con experiencia en la formulación y ejecución de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, coordinación de ejercicios de innovación abierta y acompañamiento a empresas y emprendedores en desarrollo de productos y servicios, así como en la estructuración de modelos de negocio. Amplio conocimiento en metodologías de diseño y emprendimiento, Design Thinking, The business model canvas y Método Lean Startup. Experiencia docente en diferentes Universidades de Colombia.

Correo: katherinegom@gmail.com

Felipe Bustamante Londoño. Ingeniero Químico de la Universidad de América. Tiene una Maestría en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia y un Doctorado en Ingeniería Química de la University of Pittsburgh (Estados Unidos). Su trayectoria en investigación se ha centrado en la evaluación de la integración de procesos de reacción y separación, específicamente mediante reactores de membrana, y en el estudio de la formación de contaminantes en procesos de combustión, tales como óxidos de nitrógeno y hollín, por medio de herramientas de modelación y simulación que incluyan la perspectiva cinética y la fluidodinámica. En lo docente, en los últimos años el profesor Bustamante ha orientado el curso de Termodinámica Química y ha coordinado el curso de Diseño de Procesos y Productos, ambos en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia.

Correo: felipe.bustamante@udea.edu.co

Diana Lucía Betancur Bustamante. Ingeniera industrial, magíster en dirección y gestión de proyectos. Profesora de la Escuela Ambiental de Facultad de Ingeniería, y de la Facultad de Ciencias Económicas, de la Universidad de Antioquia. Profesora y coordinadora de prácticas en la Facultad de Administración del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Ha trabajado en la formulación, ejecución y evaluación de proyectos de docencia, investigación y extensión en el sector público, y también con la formulación y gestión de proyectos en el sector industrial.

Correo: dlucia.betancur@udea.edu.co

Dedicatoria

A mi esposa Sandra, mi hija Ana María y mi familia.

Junto a Dios son el motor de mi vida.

A la UdeA, que me ha permitido llegar a este punto.

Edwin Alarcón

Este libro está dedicado a aquellos incansables

exploradores de nuevos conocimientos.

Que los proyectos y sus resultados continúen

impulsando el progreso de nuestra sociedad.

Juan Carlos Quintero

Índice

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LOS PROYECTOS	5
CAPÍTULO 2. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	11
ANEXO 2.1. TALLER ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	25
CAPÍTULO 3. BÚSQUEDA Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA	33
ANEXO 3.1 ALGUNOS RECURSOS PARA ACCESO A INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	39
ANEXO 3.2 VISUALIZACIÓN DE BÚSQUEDAS EN ALGUNAS BASES DE DATOS QUE SUSCRIBE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.	40
CAPÍTULO 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ESTADO DEL ARTE, MARCO TEÓRICO, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	44
ANEXO 4.1 RESUMEN FORMULACIÓN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARTE I.....	58
ANEXO 4.2 PROYECTO DE CONVOCATORIA INTERNA	59
CAPÍTULO 5. ÉTICA EN LA ACADEMIA.....	78
CAPÍTULO 6. DERECHO DE AUTOR Y PLAGIO EN EL CONTEXTO ACADÉMICO.....	89
CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA, CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO	105
ANEXO 7.1 RESUMEN DE TIPOS DE DISEÑO DE EXPERIMENTAL.....	114
ANEXO 7.2 RÚBRICA PARA VALORAR LOS ÍTEMS DE LA PROPUESTA DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	114
CAPÍTULO 8. PRODUCTOS, IMPACTOS Y RIESGOS	117
CAPÍTULO 9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN	124
CAPÍTULO 10. REFLEXIONES SOBRE EL EMPRENDIMIENTO EN EL CONTEXTO LOCAL.....	131
ANEXO 10.1. MODELO CANVAS	143
CAPÍTULO 11. INGENIEROS CREATIVOS Y EMPRENDEDORES	145
CAPÍTULO 12. PLAN DE NEGOCIOS	153
CAPÍTULO 13. METODOLOGÍA GENERAL AJUSTADA PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS	158

Prólogo

La formulación de proyectos es un área de interés en la cotidianidad, la academia y, particularmente, la investigación con sus diferentes matices. Este libro surge como respuesta a la formación de estudiantes de pregrado en Ingeniería Química, pero puede extenderse a formación de posgrado y a otras disciplinas. Durante la cátedra del curso de Anteproyecto, se evidenció que la información era diseminada y extensa en distintas fuentes. Con las prácticas didácticas actuales se diseñó el material de lectura para desarrollar un tipo de clase invertida, donde cada capítulo correspondía a una sesión. El libro está orientado a un curso de 32 horas al semestre de acompañamiento directo, en los cuales, por supuesto, están incluidas otras estrategias didácticas, como las presentaciones de estudiantes, los talleres en clase y extraclase, entre otras, que son útiles para su desarrollo. La portada da cuenta de las numerosas estrategias didácticas que podrían desarrollarse para el curso, las cuales tienen el interés de lograr la participación activa del estudiante. En el aula de clase se sugiere realizar, analizar o discutir mapas mentales de las temáticas. No debo terminar esta breve introducción sin agradecer a los estudiantes del curso de Anteproyecto por sus sugerencias para mejorar el material. También agradezco a la profesora Diana Lucía Betancur Bustamante, por su desinteresada pero juiciosa revisión del contenido del libro y su contribución en el tema de ética e inteligencia artificial (Capítulo 5). Ella es experta en temas de innovaciones didácticas y proyectos, y aportará como coautora al segundo tomo de este libro. No culmino este párrafo sin agradecer a Luis Fernando Acevedo Ruiz, quien realizó la revisión de estilo del documento de forma desinteresada. A continuación, se incluye una breve descripción del contenido de los capítulos.

El capítulo 1 tiene como objetivo motivar al lector en el área de los proyectos, resaltando su importancia y algunas definiciones; a partir de allí, el estudiante puede desarrollar un taller que tiene como objetivo identificar un problema, necesidad u oportunidad para trabajar posteriormente en el curso como un proyecto. En el presente, y en todas las esferas de actuación, se recomienda tener en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible en la formulación de los proyectos. Sin embargo, pueden emplearse otras fuentes para ideas de proyectos que se destacan en este capítulo.

El capítulo 2 se enfoca en la metodología de marco lógico, como una herramienta cada vez con más acogida a nivel mundial para el análisis de alternativas, con el fin de identificar posibles proyectos de investigación o el proyecto social en la solución del problema planteado inicialmente. Para esta sesión se puede desarrollar el Taller 2 anexo. Igual, se recomienda en clase enfatizar en la construcción de un árbol de problemas o un árbol de objetivos en una problemática conocida. Por ejemplo, se puede trabajar en estos aspectos: i) Aumento de la contaminación atmosférica del Valle de Aburrá; ii) Acumulación de residuos

sólidos en relleno sanitario La Pradera; iii) Disminución de los ingresos de los pequeños caficultores del suroeste antioqueño; iv) Baja calidad de vida de los pescadores artesanales en Colombia, etc. En cualquier problemática es pertinente buscar referencias, para que la definición de las causas obedezca a aspectos más objetivos que subjetivos, aunque el componente de subjetividad puede relacionarse con las hipótesis. Los árboles de la problemática i se ha abordado en el aula de clase y se ha discutido con los profesores Aída Luz Villa, Sandra Liliana Amaya, Omar Darío Gutiérrez Flórez, Paola Andrea Villegas Bolaños, Alex Arbey Lopera Sepúlveda, Adrián Augusto Gómez Zapata y Jorge Luis Izquierdo Nuñez.

El capítulo 3 contiene un resumen de los medios para la búsqueda de información bibliográfica en diversas fuentes, como son los artículos de revistas, las patentes, los libros y los repositorios institucionales. Este es un antecedente importante para la construcción del estado del arte. El contenido por sí solo no es suficiente; se recomienda realizar una sesión práctica de búsquedas relacionadas con las temáticas seleccionadas por cada grupo de estudiantes. Conviene definir palabras clave para desarrollar la búsqueda. Es importante explicar cómo refinar las búsquedas realizadas y analizar información, este último en Scopus. En caso de acceder a SciFinder, entre sus muchas posibilidades, permite explorar búsquedas por estructuras químicas. También es importante familiarizarse con el uso de gestores de referencias gratuitos, como Mendeley y Zotero. Otros detalles se discuten en el texto de este capítulo.

En el capítulo 4 se describe la metodología para la estructuración de una propuesta de investigación, desde el planteamiento del problema hasta los objetivos. Este capítulo tiene su continuación en los capítulos 7 y 8, donde se analizan otros elementos de la propuesta, como la metodología, el cronograma, el presupuesto, los productos, los impactos y los riesgos. En ellos se sugieren lineamientos para elaborar y evaluar el proyecto a través de una rúbrica. En el texto se enuncian ejemplos, o podría tomarse el Anexo 4.2 para responder a preguntas como: ¿El desarrollo del ítem (planteamiento del problema, estado del arte, hipótesis, objetivos, metodología, cronograma, presupuesto, bibliografía) está de acuerdo con las recomendaciones en el texto o en la rúbrica? En el Anexo 4.2 se presenta un ejemplo de proyecto real presentado a una convocatoria interna de la Universidad de Antioquia. Debe tenerse presente que está desactualizado por el avance en el campo de conocimiento, pero sigue siendo útil para la discusión. Los ejemplos presentados en el texto no tienen modificaciones de su fuente original, y se pueden usar para discusiones productivas en el aula. La elaboración de la propuesta de investigación podría darse completada hasta el capítulo 7, a no ser que el ente financiador requiera los puntos discutidos en el capítulo 8. Finalmente, es pertinente resaltar la definición de objetivos de investigación y objetivos metodológicos: los objetivos de investigación usan el pensamiento hipotético; los objetivos

metodológicos deberían provenir de un árbol de objetivos, lo que quizás no sea así en la práctica en muchos casos, pero aun así resultan este tipo de objetivos metodológicos.

El orden de los capítulos es el sugerido para desarrollar un curso de formulación de proyectos de investigación. Los capítulos 5 y 6 abordan la temática de plagio académico desde la perspectiva de la ética y el derecho de autor, respectivamente. En el desarrollo de un curso se recomienda abordar uno u otro. Se sugiere para su análisis discutir en clase los mapas conceptuales elaborados y poner ejemplos prácticos de las situaciones que suceden en la academia. En el contexto de la elaboración de la propuesta, es importante que el estudiante reconozca la necesidad de citar apropiadamente, haciendo uso adecuado de gestores de referencias.

El capítulo 8 aborda la elaboración de los impactos, productos y riesgos. Si bien no todas las propuestas exigen estos puntos, es importante desarrollarlos para tener un mayor conocimiento del proyecto y tener a la mano estrategias para afrontar las dificultades. Los conceptos son válidos para diversos tipos de proyectos, incluso los de la vida cotidiana. La temática de riesgos se resume en la Tabla 8.1; allí es importante complementar el análisis con una breve explicación de las acciones a desarrollar.

El capítulo 9 contiene lineamientos generales a la hora de presentar resultados de investigación. Se hace especial énfasis en la construcción del artículo científico. No se pretende reemplazar libros enteros dedicados al tema, pero sí que el lector tenga elementos y referencias para complementar su conocimiento del tema. Desde lo académico, en el aula de clase, es conveniente analizar los tres tipos de artículos científicos: artículo de investigación original, artículo de revisión y artículo de comunicación corta, haciendo énfasis en el primero. De todas maneras, cualquier estructuración del artículo podría partir al reconocer el estilo de artículos publicados en la temática de interés.

El capítulo 10 marca un cambio de dirección en la estructura del libro, en la cual se dedica un 30% a temas directamente relacionados con el emprendimiento. Los capítulos anteriores aportan tangencialmente al tema; por ejemplo, no se concibe el emprendimiento sin tener un conocimiento base del estado del arte y marco conceptual de la temática o conocimientos de patentes. El capítulo 10 es el resultado de compilar las experiencias y lenguaje de cinco emprendedores invitados como panelistas al curso de Anteproyecto. Algunos emprendedores prefieren estar de forma anónima, sin embargo, destaco los nombres de Guillermo León Sepúlveda Quintero y Daniel Cano García. Estas experiencias han sido positivas o negativas y, por tanto, es una guía valiosa para un novato en temas de emprendimiento. No pretende, en ningún momento, reemplazar esa interacción con el emprendedor, pero sí puede consultarse antes de ella.

El capítulo 11 trata la creatividad como un tema fundamental a la hora de emprender o de resolver problemas de ingeniería. Cualquier capítulo resulta insuficiente para tratar el tema,

pero contiene elementos fundamentales y referencias para su profundización. Desde lo académico pueden desarrollarse ejercicios de creatividad que son numerosos en la literatura. Incluso algunos de estos ejercicios pueden ser de interés en la sesión introductoria del curso. Lo esencial de la creatividad es que, si no se considera suficiente, se puede cultivar a través de dichos ejercicios.

El capítulo 12 analiza una estructura típica del plan de negocios: preincubación, incubación y puesta en marcha, sin profundizar en aspectos posteriores. La elaboración demanda conocimientos previos por parte del estudiante, como, por ejemplo, en aspectos técnicos y de análisis financiero. Algunos casos se pueden encontrar disponibles en los repositorios institucionales. Un plan de negocio bien estructurado es necesario para lograr apoyo en especie o financiero de entidades o personas; sin embargo, para emprendimientos más personales o familiares se puede recurrir a planes de negocio simplificados o modelo canvas.

El capítulo 13 es importante en el contexto colombiano como una introducción a la metodología general ajustada (MGA), la cual es un complemento al Capítulo 2, en la que se especifican los pasos establecidos en el Departamento Nacional de Planeación para la formulación de proyectos. No pretende que seamos expertos en la metodología, pero presenta unas buenas bases para su formulación.

Como consideración final, este es un libro realizado por docentes/investigadores, dirigido a docentes, investigadores y estudiantes. Se considerarán futuros capítulos y ajustes, a partir de la retroalimentación de los lectores.

Capítulo 1. Introducción a los proyectos

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

A menudo nos encontramos con proyectos de ingeniería con grandes sobrecostos o fracasos. No resta comentar algunos eventos cotidianos, tales como el desplome del Edificio Space y el puente Chirajara, el encogimiento del puente Hisgaura, el proyecto Hidroitungo, entre otros. Resaltando algunos relacionados con el accionar del Ingeniero Químico, el escándalo de la refinería de Cartagena, Reficar, reveló sobrecostos por 8.5 billones de pesos [1]. Los sobrecostos de la planta de etanol de Bioenergy, en los llanos orientales, ascendieron a US\$406 millones (1.3 billones de pesos) [2]. No obstante, también son importantes los logros de empresas del sector químico, como Cementos Argos, que ha expandido su operación a varios países a través de la planeación estratégica [3]. A través de los objetivos estratégicos, el Grupo Nutresa apunta al desarrollo sostenible y la creciente generación de valor. Se planean proyectos en distintas áreas, como la reducción de gases de efecto invernadero, el aprovechamiento de residuos y la reducción de consumo de agua y de energía [4], en los cuales puede intervenir el Ingeniero Químico.

¿Qué es un proyecto?

Con la introducción anterior, una pregunta natural surge: ¿Qué es un proyecto? No hay una definición en consenso, por lo que, a continuación, se muestran algunas:

- “En la antigüedad Pro: A favor de, y Yectus: Gente, conclusión: toda actividad que está a favor de la **gente**” [5].
- “Un proyecto es un **problema** con un **plan de solución**”. (Joseph Moses Juran) [6].
- “Plan prospectivo de una unidad de acción capaz de materializar algún aspecto del desarrollo económico o social” (ILPES, Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social) [7].
- “Búsqueda de una **solución inteligente** al planteamiento de un **problema** tendiente a **resolver**, entre tantas, una **necesidad** humana” [8].
- "Una operación en la cual los **recursos** humanos, financieros y materiales se **organizan** de forma novedosa, para realizar un conjunto de **tareas**, según unas especificaciones definidas, con **restricciones** de coste y plazo, siguiendo un ciclo de vida estándar, para obtener **cambios beneficiosos**, definidos mediante objetivos cuantitativos y cualitativos", (IPMA, International Project Management Association) [9].

- “Un proyecto es un **esfuerzo temporal** que se lleva a cabo para crear un **producto, servicio o resultado único**” (PMI, Project Management Institute) [10].

Conviene definir los principales elementos de un proyecto, según la descripción anterior. Los proyectos parten de identificar un beneficio, necesidad, oportunidad o problema. De allí es importante una acción de emprendimiento, solución inteligente o plan. Los proyectos tienen restricciones de tiempo, recursos y alcance; están sujetos a un cronograma de actividades, a un presupuesto y a unas especificaciones de actividades del proyecto y de calidad del producto a obtener, respectivamente. Están sujetos al efecto de los riesgos cuando se denota la esperanza o resultados esperados, y tiene implícitas incertidumbres, que no son más que los riesgos no identificados. Tradicionalmente se ha concebido el proyecto con tres restricciones: costo, tiempo y alcance; sin embargo, posteriormente se han incluido calidad, recursos humanos y riesgos. Por tal razón, la segunda definición puede adaptarse como sigue: Un proyecto es un problema con un plan de solución sujeto a riesgos y recursos limitados. Todos los proyectos tienen unas características comunes, según se ilustra en la Fig. 1.1. También, como parte del plan de solución, usualmente se elabora una propuesta que puede abarcar ítems como el planteamiento del problema, el estado del arte, el marco teórico, los objetivos, la metodología, el cronograma y el presupuesto. Se discutirán en sesiones posteriores otros elementos adicionales.

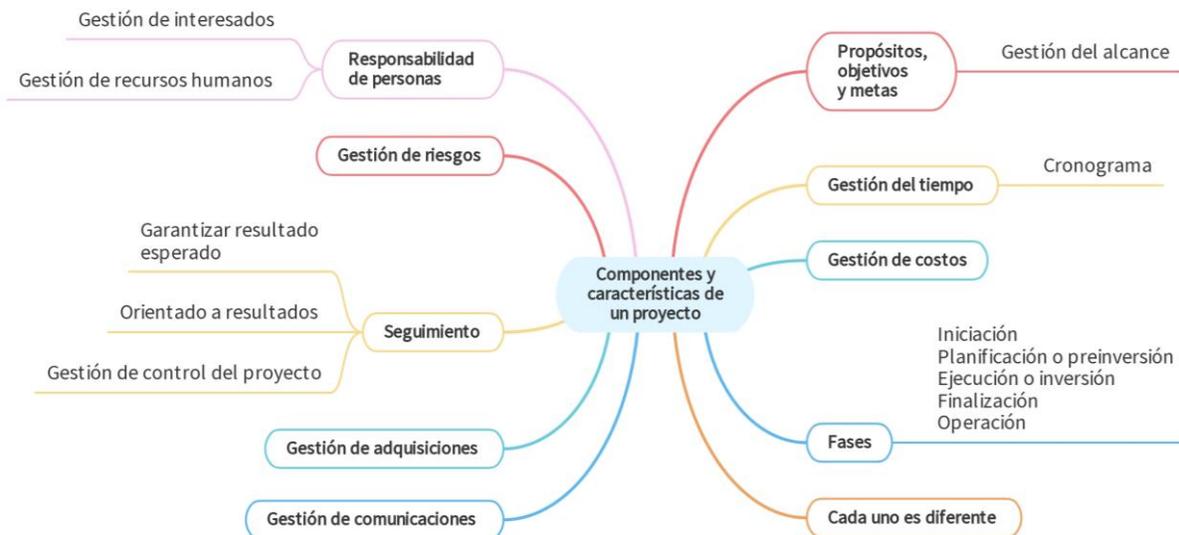


Figura 1.1 Características comunes de los proyectos. Adaptado de [11] (Elaboración propia con Gitmind).

Tipos de proyectos

Los proyectos pueden clasificarse de diversas formas. Una primera caracterización es distinguir entre proyectos del sector público y del sector privado. En el contexto colombiano se habla de proyectos públicos tipo A y tipo B. En el tipo A se empiezan a generar beneficios solo al finalizar el periodo de inversión; por ejemplo, en la construcción de un puente solo se perciben los beneficios del proyecto del tránsito de vehículos una vez culminado; en los proyectos tipo B, cada fracción de la inversión realizada genera beneficios; por ejemplo, un programa de alimentación escolar, donde se perciben los beneficios de principio a fin del proyecto [5]. También se pueden delimitar por sus **objetivos** [12] dentro del área programática a que se aplican (Fig. 1.2); el emprendimiento está muy relacionado con la inversión privada y el componente social a todos los tipos de proyectos. Por ejemplo, no se puede concebir un proyecto de investigación si no apunta a resolver una necesidad u oportunidad en la sociedad.



Figura 1.2. Clasificación de los proyectos según los objetivos.

Fuentes de ideas de proyectos y financiación

Hay que tener presente que ciertas convocatorias de proyectos apuntan al logro de los objetivos de desarrollo sostenible. De allí se pueden extraer las áreas generales en las cuales investigar. Ahora bien, ¿dónde más identificar las necesidades, problemas u oportunidades para formular y ejecutar los proyectos? Hay una amplia lista en Prieto [5]; algunas se ilustran en la Fig. 1.3 junto con ideas propias.

Lo que ocurre, en ciertas ocasiones, es que se identifican primero las fuentes de financiación para tener elementos en la generación de ideas de proyectos; algunas fuentes se incluyen a continuación:

- Empresas privadas acopladas a los planes estratégicos.
- Sector público a través de los planes de desarrollo.
- MINCIENCIAS: proyectos I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación).
- MINCIENCIAS: proyectos beneficios tributarios para empresas.
- SENA: fondo emprender con plan de negocio, fortalecimientos de Pymes.
- Universidad de Antioquia: Proyectos CODI (Comité para el Desarrollo de la Investigación), proyectos BUPPE (Banco Universitario para Programas y Proyectos de Extensión), proyectos regionalización, fondo apoyo a trabajos de grado, Unidad de emprendimiento (apoyo).
- En Medellín, las opciones van desde bancos, universidades del G8, instituciones públicas como la alcaldía y la gobernación.
- Organismos internacionales: DAAD (Servicio Alemán de Intercambio Académico), ERC (European Research Council), etc.



Figura 1.3. Fuentes de ideas de proyectos.

Planes de crecimiento (direccionamiento estratégico)

Se destaca la siguiente definición de plan estratégico, planteada por Fred David:

Es la formulación, ejecución y evaluación de acciones que permitirán que una organización logre sus objetivos. La formulación de estrategias incluye la identificación de las debilidades y fortalezas internas de una organización y la determinación de oportunidades y amenazas de una firma, el establecimiento de misiones de la compañía, la fijación de objetivos, el desarrollo de estrategias alternativas, el análisis de dichas alternativas y la decisión de cuál escoger [13].

Plan de desarrollo

El plan de desarrollo es una herramienta de gestión donde se incluyen los objetivos de bienestar y desarrollo, las estrategias y los recursos para su realización. Es importante tener en cuenta los involucrados en su construcción. Busca el mejoramiento de la calidad de vida en el país, departamentos o municipios. Puede abarcar más de un período de gobierno. Todo **Plan** de desarrollo contiene **Políticas, Programas, Proyectos y Propósitos** (sistema 5P) [5]. A continuación, un ejemplo:

Plan de desarrollo 2016-2019 “Medellín cuenta con vos”.

Política Movilidad sostenible.

Programa Gestión integral para la movilidad no motorizada.

Proyectos: impulsar y fortalecer el uso de la bicicleta, construir cicloinfraestructura, y consolidar y desarrollar la movilidad peatonal.

Propósitos: 2000 usuarios que utilicen el sistema Encicla; construir nuevos kilómetros de ciclorutas y construir equipamientos públicos de parqueadero de bicicletas

Plan de negocio

El plan de negocio es un documento útil para identificar la idea de negocio, evaluar su viabilidad técnica, comercial y financiera, y planificar estrategias para llevar a cabo la idea. Normalmente lo exigen algunas entidades financiadoras.

Los apartados que comprende el plan de negocio pueden variar de una fuente a otra. Algunos elementos relevantes se enuncian en la Fig. 1.4 [14]. Los detalles sobre cada uno de estos se describen con mayor amplitud en el capítulo 12. Es preciso tener presente que, si se tiene una idea incipiente, una buena aproximación es el modelo canvas (Anexo 10.1). También el capítulo 10 menciona experiencias de emprendedores, lo que puede ayudar a comprender estos temas.



Figura 1.4. Elementos frecuentes en un plan de negocio.

Referencias

- [1] N.A., “Reficar, otra vez en la mira,” *Semana*, 2017.
<http://www.semana.com/economia/articulo/reficar-en-la-mira/513702>.
- [2] J. F. Alzate, “Bioenergy, sigue la expectativa,” *El Espectador*, 2017.
<https://www.elespectador.com/noticias/nacional/bioenergy-sigue-expectativa-articulo-672936>.
- [3] Argos, “Cementos Argos S.A. Presentación Corporativa 2017,” 2017.
https://www.argos.co/Portals/1/Temp/409/Corporativa_2T17_ES_2.pdf.
- [4] Nutresa, “Objetivos estratégicos para 2020,” 2015.
<http://informe2015.gruponutresa.com/nuestra-organizacion/modelo-corporativo/objetivos-estrategicos-para-2020/>.
- [5] J. E. Prieto, *Proyectos: Enfoque Gerencial*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, 2014.
- [6] C. Grolimund, *Claves de gestión de proyectos*. Ediciones de la U, 2014.
- [7] Instituto Latinoamericano de Planificación Económica and Social, *Guía para la presentación de proyectos*, 1st ed. México D.F.: Editorial Siglo XXI, 1974.
- [8] Nassir Sapag-Chain and R. Sapag-Chain, *Preparación y Evaluación de Proyectos*, 1st ed. Mexico: McGraw-Hill, 1989.
- [9] International Project Management Association, *Competence Baseline*. Zurich: IPMA, 1999.
- [10] PMI. Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos (Guía PMBOK® 5a ed, 2013).
- [11] OBS Business School, “Tipos de proyectos y sus principales características.” <https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/administracion-de-proyectos/tipos-de-proyectos-y-sus-principales-caracteristicas> (accessed Nov. 13, 2019).
- [12] R. D. Gómez-Arias, *Manual de gestión de proyectos*. UdeA. 2009.
- [13] F. David, *La gerencia estratégica*, 3rd ed. Fondo Editorial Legis, 1990.
- [14] CESET, “Prácticas académicas.” <http://ceset.udea.edu.co/nuestros-servicios/practicas-academicas/> (accessed Jun. 03, 2021).

Capítulo 2. Solución de problemas

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

Alternativas de solución de problemas

En la etapa de formulación de un proyecto, es importante evaluar alternativas de solución de un problema. A continuación, se abordarán algunas estrategias para la solución de problemas, y se tomará la metodología o enfoque de marco lógico (EML) como estrategia de gestión para la solución de problemas. En este campo, existen múltiples enfoques dirigidos a generar soluciones apropiadas. Algunos de estos esquemas de pensamiento pueden ser utilizados por el analista, en ocasiones de forma inconsciente [1].

En la Fig. 2.1 se ilustran algunos métodos para la solución de problemas. En la parte derecha del diagrama se ilustran algunos de la cotidianidad y comunes en la proposición de soluciones. En la parte izquierda se ilustran métodos que son antecedentes de la solución de problemas mediante EML; allí se emplean el árbol de problemas y el árbol de objetivos. Hay que tener en cuenta que el método de “por qué y cómo” puede ser también un antecedente importante de enfoque de marco lógico, el cuál es útil en la construcción del árbol de problemas. El pensamiento hipotético no solo es importante en el método científico, sino también en el análisis de problemas y soluciones en el EML.

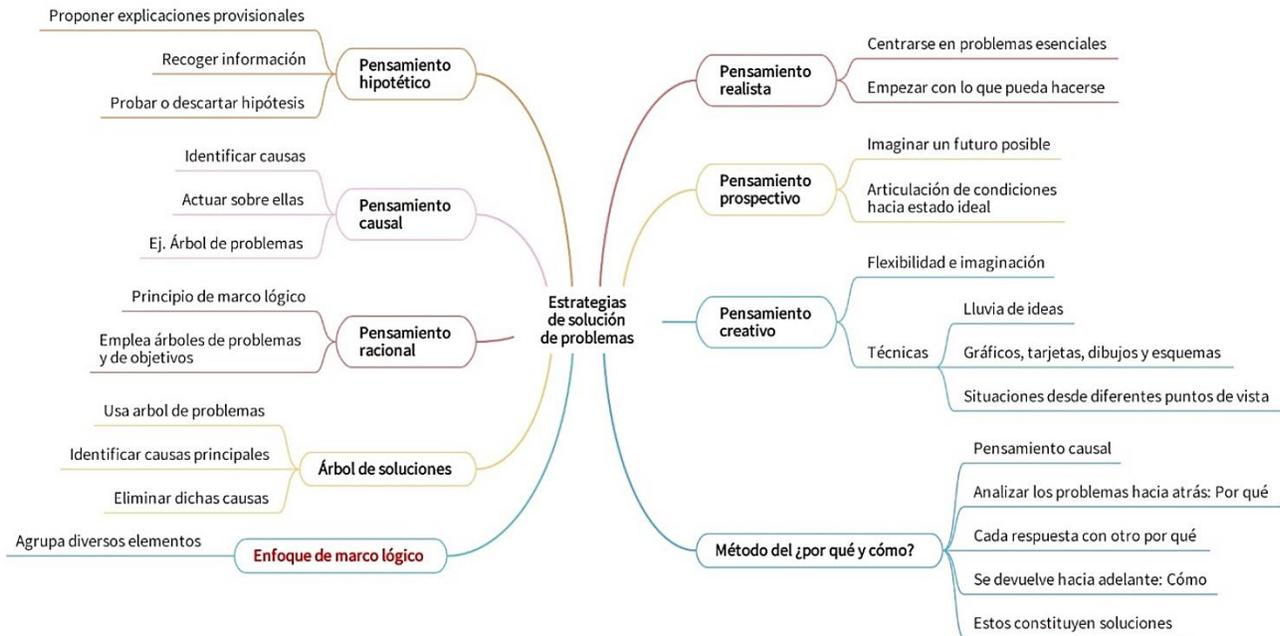


Figura 2.1. Estrategias de solución de problemas.

El pensamiento creativo puede ser la base de todos los métodos, ya que se utiliza para encontrar soluciones a problemas identificados e ideas para emprendimientos. En este pensamiento, se reconocen en la literatura abierta cuatro principios en la generación de ideas: toda crítica está prohibida, toda idea es bienvenida, generar tantas ideas como sea posible y establecer asociaciones entre las ideas generadas.

Enfoque de Marco Lógico

El enfoque o metodología del marco lógico (EML) es una herramienta usada comúnmente en proyectos de cooperación internacional, para articular y sistematizar las diferentes fases del proyecto. Algunas definiciones de EML [3] son:

- “Una herramienta de gestión que facilita la **planificación, ejecución y evaluación de un proyecto**”. Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo (NORAD), 1993.
- “Un sistema de procedimientos e instrumentos para una **planificación de proyectos orientada a objetivos**”. Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo (GTZ), 1987.

Según se ilustra en la Fig. 2.2, el EML comprende etapas de identificación (involucrados, problemas, objetivos y soluciones), planificación, ejecución y evaluación. Como respuesta a las deficiencias halladas en proyectos, sus orígenes se remontan al año 1969 donde, posteriormente, organizaciones y entidades como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo (GTZ) y muchos gobiernos en Sudamérica y el Caribe adoptaron el EML [2]. En Colombia se utiliza la metodología general ajustada (MGA) para proyectos de inversión pública; esta incorpora elementos del EML, centrándose en las causas directas en lugar de las causas raíz. Adicionalmente, los objetivos en el árbol de objetivos se redactan en infinitivo.

La matriz de marco lógico (MML) es el resultado de aplicar los pasos de la metodología de marco lógico; expone lo **que se pretende** con el proyecto y **cómo se quiere hacer**, junto a los **supuestos** que enfrenta y la forma de monitoreo y **evaluación** [5]. Está dirigido, por su naturaleza, a proyectos sociales, para lo cual se encuentran varios ejemplos en la literatura [4]; también es aplicable a nivel empresarial. Por ejemplo, Betancourt [2] describe con detalle la elaboración completa para un problema en una empresa de alojamiento web (hosting). Las alternativas de solución halladas también pueden conducir a proyectos de investigación.

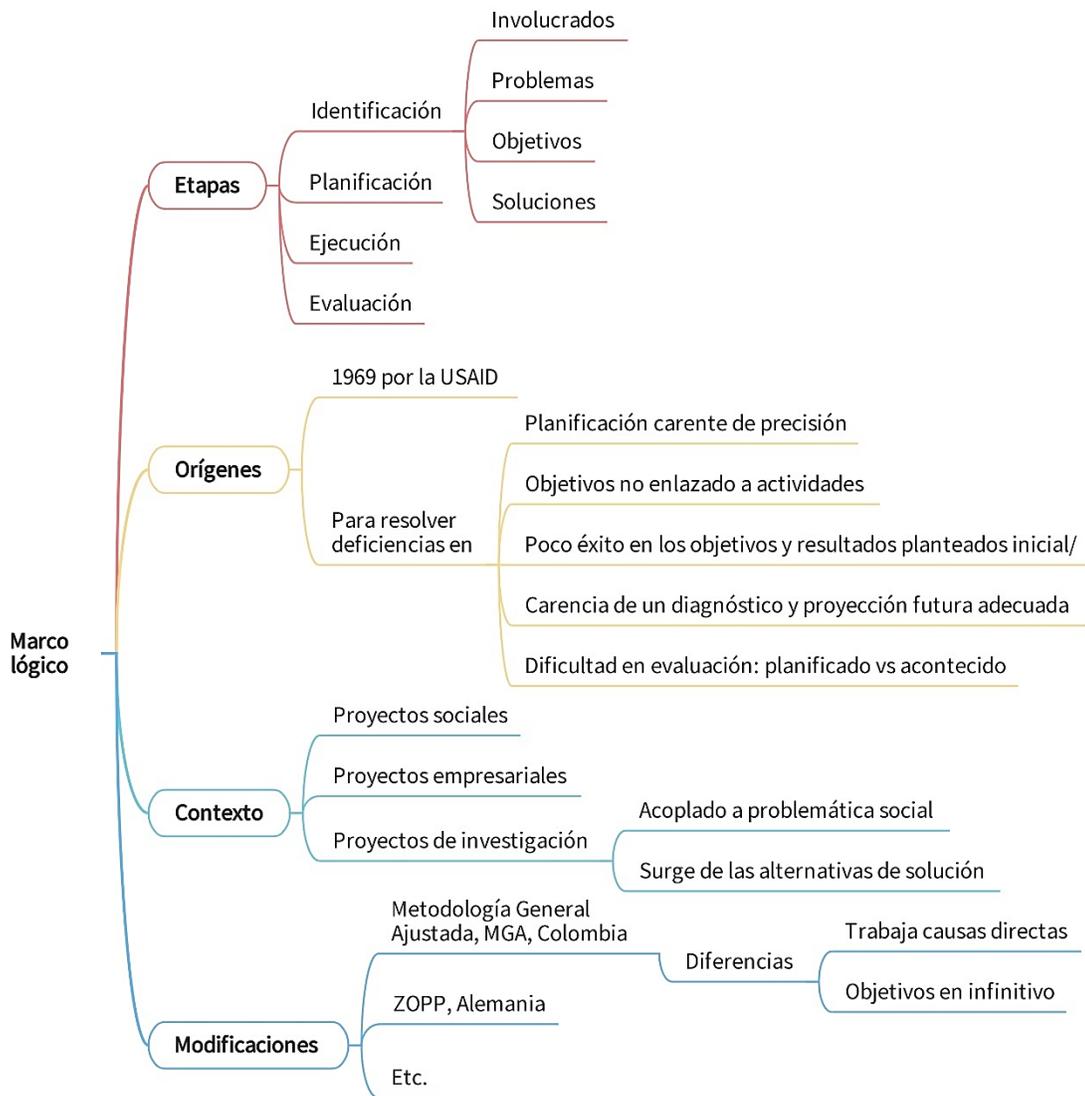


Figura 2.2. Aspectos relevantes del EML.

Etapas del enfoque de marco lógico

La Fig. 2.3 ilustra las etapas en la construcción de la matriz de marco lógico. Hasta la etapa 4 constituye una fase de análisis de la situación actual, para definir alternativas de solución; este es el alcance dado a un curso de formulación de proyectos. La fase inicial consiste en una identificación del problema, evaluando las partes involucradas que estén a favor o en contra del futuro proyecto, que son beneficiadas o no. El análisis del problema se simplifica en un árbol de problemas, donde se identifican causas y efectos. Similarmente, el análisis de objetivos se simplifica en el árbol de objetivos, donde se identifican medios y fines. El análisis de alternativas puede consistir en una rúbrica para seleccionar objetivamente cuáles

alternativas se adecúan mejor a la solución del problema. En el Anexo 2.1 se presenta una plantilla para evaluar las alternativas de solución.

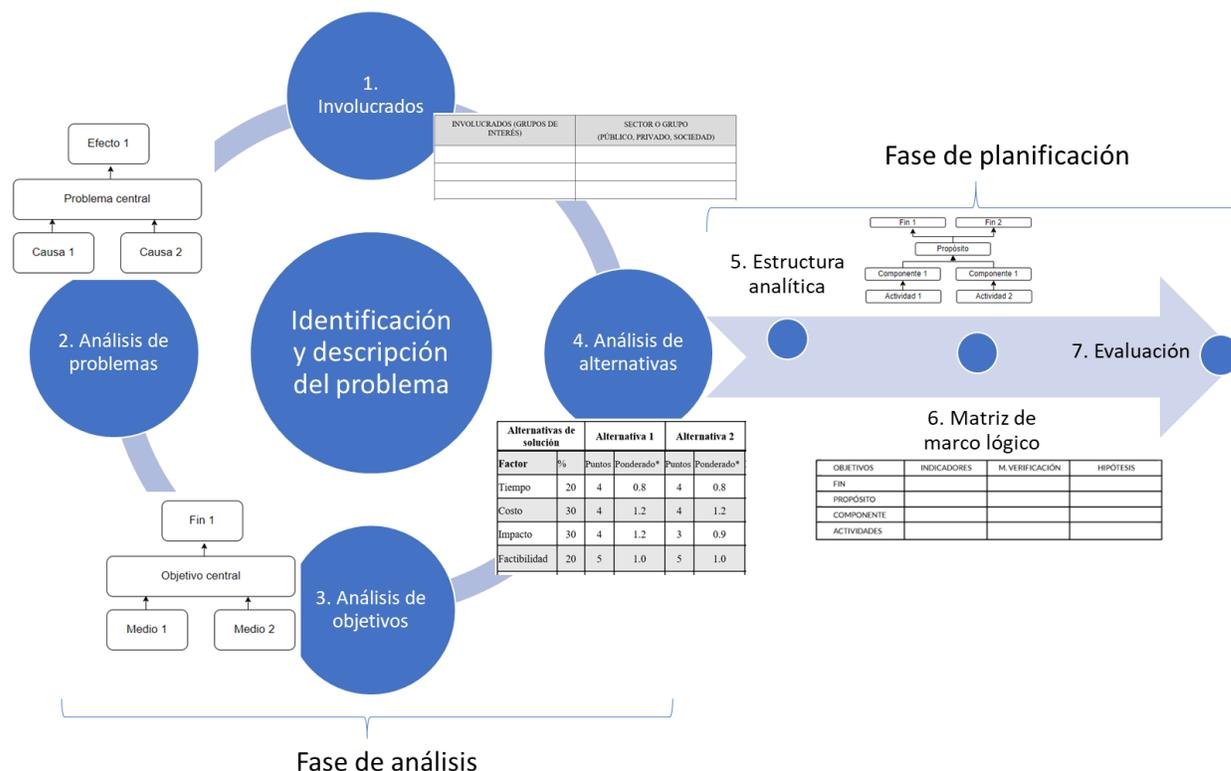


Figura 2.3. Fases del enfoque de marco lógico. Adaptado de [5].

Definición del problema

Gómez-Arias plantea algunos elementos importantes para la definición del problema:

La definición correcta del problema es un requisito para resolverlo. La práctica obliga a aceptar que un mal planteamiento del problema conduce con frecuencia al fracaso. Formalmente un problema se expresa como una situación desfavorable que demanda intervención y que se escribe como una oración con sentido completo, donde se da clara cuenta del hecho identificado y de su consecuencia desfavorable. Los problemas no deben expresarse como la falta de una solución, sino como un estado negativo existente [1].

Algunos ejemplos se citan en la Tabla 2.1. Las formas incorrectas pueden conducir a posibles soluciones y no necesariamente la mejor (Ejemplo 1). En el otro extremo debe analizarse que los problemas no sean causas de uno descrito más generalmente (Ejemplo 2).

Tabla 2.1 Formas de plantear un problema.

Ejemplo	Incorrecta	Correcta
1	Falta de un puente entre dos municipios ribereños (puede ser una solución al problema central)	No existen los medios para comunicar los dos municipios ribereños (puede conducir a varias soluciones: puentes, transporte fluvial, garrucha, etc.)
2	Vertimiento de contaminantes en el río (puede ser una causa del problema central)	Alta contaminación del río Medellín

Caso 1. Ejemplo de problema social que conduce a uno o más proyectos de investigación

A continuación, se plantean las recomendaciones en la elaboración de algunas de estas etapas para un problema central relacionado con el aumento de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá.

Análisis de involucrados

Sin realizar un análisis riguroso (Anexo 2.1), los involucrados en la problemática a abordar son los habitantes del Valle de Aburrá y sus alrededores, que los representan varias instancias: gobiernos municipales, instituciones de educación superior públicas y privadas que desarrollen investigación, colegios, instituciones de salud, empresas posibles generadoras de emisiones contaminantes, empresas del sector automotriz y empresas de centros de diagnóstico automotriz. No ajenos a esta situación, están los gobiernos departamental y nacional.

Análisis de problemas

El EML adopta el árbol de problemas en su planteamiento. La definición del problema es clave al construir un árbol de problemas. Se debe escribir un solo problema principal por proyecto y formularse como un estado negativo (tronco). Abajo del problema principal se identifican las causas directas e indirectas (raíces). Arriba del problema se definen los efectos (ramas). Se recomienda identificar solo los problemas existentes, no los potenciales, para las causas y problema principal. Algunas causas pueden ser el origen de las hipótesis, las cuales se concretan en el árbol de objetivos. Como ejemplo se tiene el tema de accidentalidad en una intersección [5]. Se recomienda revisar el ejemplo con un caso empresarial [2]. La Tabla 2.2 y la Fig. 2.4 tienen un ejemplo de análisis del problema que se orientará finalmente en la evaluación de alternativas a un proyecto de investigación; allí, algunas de las causas y objetivos fundamentales constituyen pilares del proyecto de investigación; a diferencia del proyecto social, el objetivo central y algunos de los medios fundamentales, según el análisis de alternativas, pueden constituir los objetivos de la propuesta; por ejemplo, el caso 2 descrito al final del capítulo. En el Anexo 2.1 se recomienda la estructura basada en marco lógico

para la selección de alternativas de solución. Hay que tener presente que se somborean en la Fig. 2.4 las causas fundamentales o causas raíz. En cualquiera de los casos, es importante documentarse acerca de la problemática para establecer mejores causas y efectos, y tener más elementos para realizar suposiciones sobre ellos. Particularmente en este ejemplo, la baja conciencia ambiental puede estar emparentada con más de una causa; para efectos académicos, está diseñado de la forma en que se presenta.

Tabla 2.2 Lluvia de ideas para la identificación de problemas.

Problema principal: aumento de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá			
Otros problemas identificados		Causa	Efecto
1	Control ineficiente en las emisiones de fuentes fijas	X	
2	Bajo control por parte del Área Metropolitana	X	
3	Baja eficiencia energética y ambiental de los equipos de proceso	X	
4	Funcionamiento inadecuado de los vehículos	X	
5	Mantenimiento inadecuado de vehículos	X	
6	Tecnología de alto costo para la reducción simultánea de NOx y MP	X	
7	Desaprovechamiento de residuos en soportes	X	
8	Uso de metales nobles en catalizadores	X	
9	Geografía y meteorología inapropiadas	X	
10	Convertidores catalíticos operando de forma ineficiente	X	
11	Pobre regulación de las emisiones de ciertos contaminantes en fuentes móviles en pruebas técnico-mecánicas	X	
12	Baja calidad del combustible diésel	X	
13	Regulaciones ambientales poco estrictas en Colombia	X	
14	Alto costo en alternativas de movilidad limpia	X	
15	Incremento en el parque automotor	X	
16	Mayor uso de transporte particular	X	
17	Baja conciencia ambiental	X	
18	Inseguridad en el transporte público	X	
19	Aumento de enfermedades respiratorias, cardíacas y cáncer		X
20	Aumento de incapacidades médicas o costosos tratamientos		X
21	Aumenta probabilidad de colapso del sistema de salud		X
22	Restricción de actividades al aire libre		X
23	Disminución de la calidad de vida		X
24	Aumento de alertas ambientales		X
25	Restricción a la movilidad del parque automotor		X
26	Contracción de la economía		X

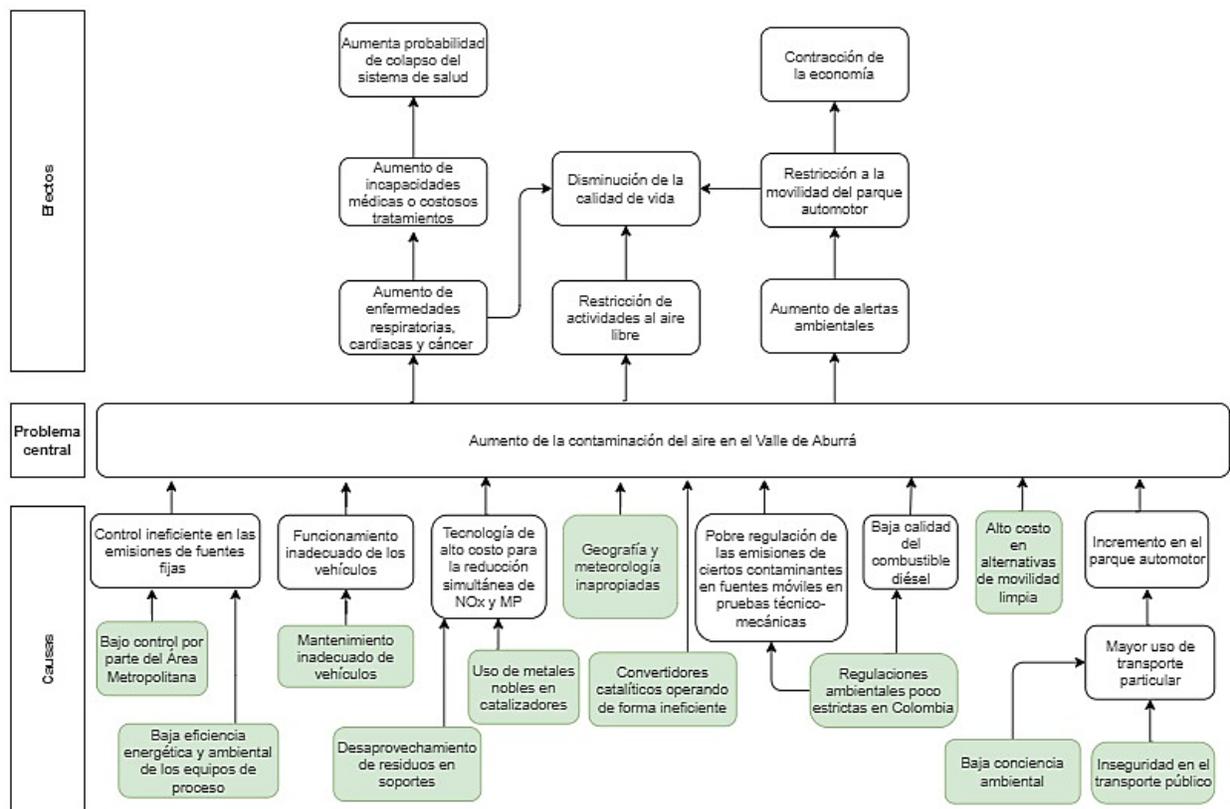


Figura 2.4. Árbol de problemas de situación de contaminación ambiental (Elaboración propia con Draw.io).

Análisis de objetivos

En el análisis de objetivos, se establecen las condiciones deseadas una vez se han resuelto los problemas. Operativamente, se transforman los estados negativos del árbol de problemas en estados positivos, por eso conserva la misma estructura entre ambos árboles. El problema principal, en algunos casos, se convierte en el objetivo general del proyecto (en proyecto social, de seguro); abajo de este, en el árbol se identifican los medios de solución, y en la parte superior, los fines (ver Fig. 2.5). Después de considerar todo el análisis de alternativas a continuación, el proyecto de investigación puede partir del objetivo general o ser una contribución al mismo.

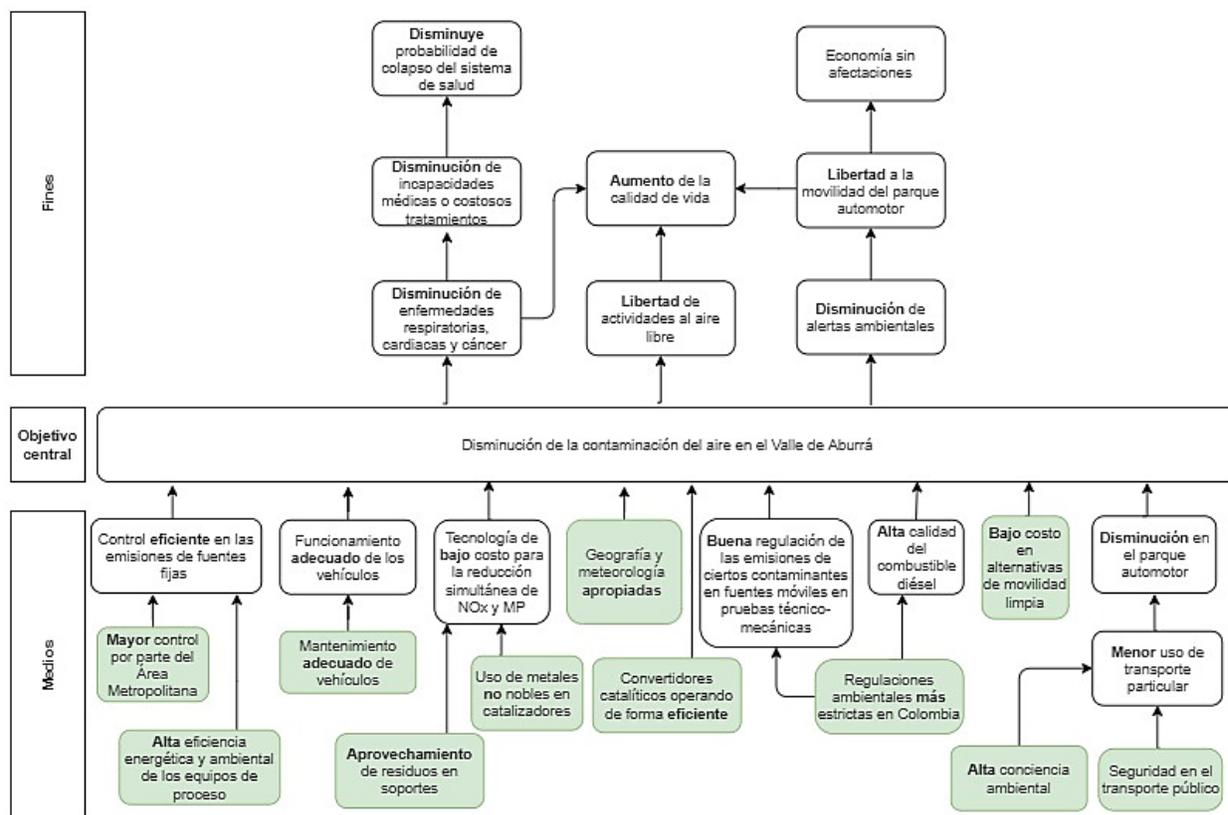


Figura 2.5. Árbol de objetivos de situación de contaminación ambiental.

Análisis de alternativas

En este análisis, se toma un medio o un conjunto de medios fundamentales que pueden constituir una alternativa de solución al problema. En lo operativo, se toman los medios del árbol de objetivos y se proponen las acciones necesarias para alcanzarlos. Dada la complejidad de la problemática, en la Fig. 2.6 se presenta una lluvia de ideas de posibles acciones, discriminando entre acciones complementarias (C) y excluyentes (E). En el análisis de alternativas de solución de este ejemplo, surgen uno o varios proyectos (programa) que contribuyen al objetivo central del árbol de objetivos. Algunos de estos proyectos sobresalen como posibles investigaciones. Se debe tener presente que el pensamiento hipotético es esencial en la investigación para el ejemplo actual, que se dirige a la formulación de proyectos orientados a la investigación. Se resaltan algunas acciones con signo “X” que se descartan para el árbol de acciones (Fig. 2.7) porque están “fuera del ámbito de acción de la institución que es o será responsable del proyecto” [5]. El papel del Estado en estos proyectos de investigación resultantes suele ser como financiador. Cabe destacar que las acciones descartadas en la Fig. 2.6 sí serían válidas si el proyecto fuera social con intervención del Estado.

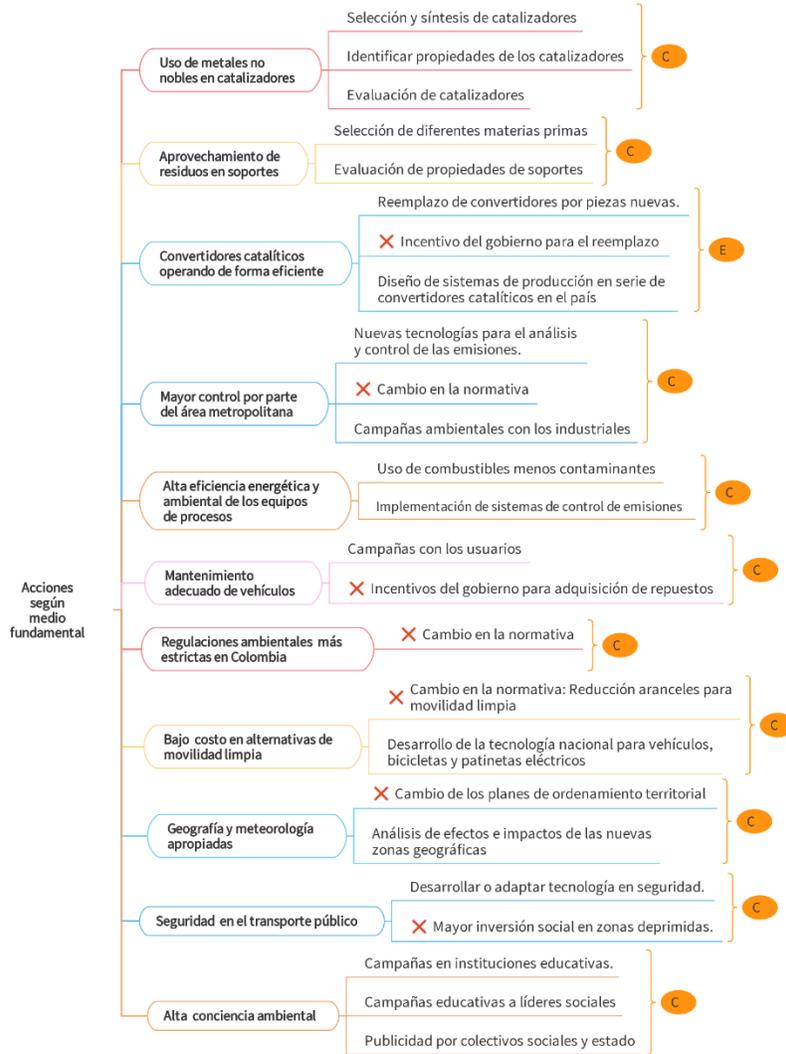


Figura 2.6. Lluvia de ideas de posibles acciones para el logro de medios fundamentales.

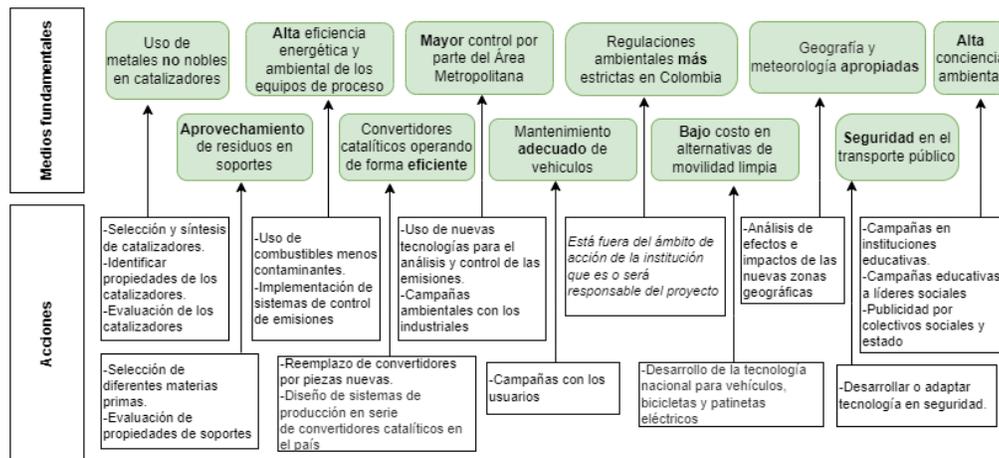


Figura 2.7. Árbol de acciones de la problemática abordada.

En la Tabla 2.3 se ilustran las alternativas finalmente seleccionadas, teniendo en cuenta la agrupación de acciones complementarias o acciones complementarias con alguna excluyente [5]. Posteriormente se aplican los criterios (ver Anexo 2.1 o Tabla 2.4) para filtrar y seleccionar solo una de las alternativas, o varias, que finalmente van a configurarse como proyecto o programa, respectivamente. En esta etapa puede tenerse como productos un árbol de acciones (opcional), seguido del análisis de alternativas de solución.

Un análisis de las alternativas de solución (Tabla 2.3) sugiere lo siguiente. La alternativa 1 surge de la unión de cuatro medios fundamentales, cuyas acciones son complementarias. Esta podría tener como título de proyecto “Aprovechamiento de residuos para la obtención de monolitos de bajo costo, en la síntesis de convertidores catalíticos libres de metales nobles”.

La alternativa 2 se centra en el control de las emisiones de fuentes fijas. Podría tener como título de proyecto “Plan de análisis de emisiones en fuentes fijas y campaña ambiental en las empresas del Valle de Aburrá”. Esta alternativa consiste en la evaluación de las emisiones en sitio, contando con tecnología de punta para promover las modificaciones necesarias en los procesos de las empresas con el fin de dar cumplimiento a la normativa vigente y así mejorar la calidad del aire del Valle de Aburrá.

La alternativa 3 podría tener como título de proyecto “Desarrollo de la tecnología para vehículos, motos, bicicletas y patinetas eléctricas por parte de ensambladoras del mercado nacional”. Esta alternativa compite con la importación directa de este tipo de vehículos. Se espera que haya una mayor apropiación al producir estos elementos con mayoría de piezas nacionales y que esté acompañado de campañas para proteger este tipo de conductores, así reduciendo los costos de los vehículos. La estrategia se prevé como la de mayor impacto ya que directamente reduciría la movilización de vehículos de combustible, y aportaría a la reducción de la contaminación ambiental.

La alternativa 4 podría titularse en un proyecto “Estudio de viabilidad ambiental, técnica y económica de promoción de nuevas zonas pobladas e industriales en la periferia del Valle de Aburrá”. Este estudio conlleva a una etapa intermedia en la toma de decisiones para contribuir a la disminución de la contaminación en el Valle de Aburrá. Se prevé la necesidad de agrupar varias disciplinas para su ejecución.

Para el caso actual, que se evalúa una situación hipotética medianamente compleja donde los medios fundamentales “seguridad en el transporte público”, “alta conciencia ambiental” y “mantenimiento adecuado de vehículos” pueden (o deberían) ser complementarios en las alternativas 1 a 4, no se conciben como una alternativa aislada y por eso no se consideran en este análisis.

Tabla 2.3 Planteamiento de alternativas de solución.

No	Alternativa (usar medios fundamentales)	Acciones de intervención posibles
1	<p>Uso de metales no nobles en catalizadores.</p> <p><i>Aprovechamiento de residuos en soportes.</i></p> <p>Convertidores catalíticos operando de forma eficiente.</p> <p><i>Alta conciencia ambiental.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Selección y síntesis de catalizadores. - Identificar propiedades de los catalizadores. - Evaluación de los catalizadores. - <i>Selección de diferentes materias primas.</i> - <i>Evaluación de propiedades de soportes.</i> - Diseño de sistemas de producción en serie de convertidores catalíticos en el país. - Reemplazo de convertidores por piezas nuevas. - <i>Campañas en instituciones educativas.</i> - <i>Campañas educativas a líderes sociales.</i> - <i>Publicidad por colectivos sociales y Estado.</i>
2	<p>Mayor control por parte del Área Metropolitana.</p> <p><i>Alta eficiencia energética y ambiental de los equipos de proceso.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de nuevas tecnologías para el análisis y control de las emisiones. - Campañas ambientales con los industriales. - <i>Uso de combustibles menos contaminantes.</i> - <i>Implementación de sistemas de control de emisiones.</i>
3	<p>Bajo costo en alternativas de movilidad limpia.</p> <p><i>Alta conciencia ambiental.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de la tecnología nacional para vehículos, bicicletas y patinetas eléctricas. - <i>Campañas en instituciones educativas.</i> - <i>Campañas educativas a líderes sociales.</i> - <i>Publicidad por colectivos sociales y Estado.</i>
4	<p>Geografía y meteorología apropiadas.</p>	<p>Análisis de efectos e impactos de las nuevas zonas geográficas.</p>

Como se observa en la Tabla 2.4, la reducción en las emisiones de NOx y material particulado será una alternativa viable técnica y económicamente para contribuir al mejoramiento de la calidad del aire en el Valle de Aburrá. Según la evaluación en la matriz de evaluación de alternativas de solución, se selecciona ésta como la alternativa de solución más apropiada con respecto a la ejecución del proyecto (tiempo y costo), el impacto y la factibilidad. Según la tabla 2.4, es evidente que las alternativas 1 y 2 aportan muy cercanamente a la solución del problema, no se deberían descartar de lleno esas opciones, y podrían hacer parte del programa junto con la alternativa 1, que es lo que requiere el logro del objetivo central.

Tabla 2.4 Matriz de evaluación de alternativas.

Alternativas de solución		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Factor	%	Puntos	Ponderado*	Puntos	Ponderado*	Puntos	Ponderado*	Puntos	Ponderado*
Tiempo	20	4	0.8	4	0.8	2	0.4	1	0.2
Costo	30	4	1.2	4	1.2	2	0.6	3	0.9
Impacto	30	4	1.2	3	0.9	5	1.5	3	0.9
Factibilidad	20	5	1.0	5	1.0	3	0.6	5	1.0
Total (Suma)	100		4.2		3.9		3.1		3.0

Consultar Anexo 2.1, los puntos se consideran en una escala de 0 a 5.

Caso 2. Ejemplo simplificado de un problema social que conduce a un único proyecto (se simplifica en el texto como proyecto social)

En el siguiente ejemplo se ilustra un caso donde los medios fundamentales hacen parte de los objetivos de un proyecto (Fig. 2.8), según un análisis preliminar en el árbol de acciones (Fig. 2.9). Para este proyecto se seleccionaron los medios fundamentales, resaltados en rojo, y sus acciones, para configurar los objetivos específicos y, de otro lado, el objetivo general del proyecto a partir del objetivo central. Este caso, en la práctica derivó en un curso de capacitación docente en la Universidad de Antioquia. Los objetivos desarrollados fueron los siguientes (tomado de proyecto MHENTI):

General: al finalizar el espacio de formación, el participante estará en capacidad de analizar su proceso de evaluación, el cual inicia con la planeación del curso y que debe considerar la promoción de las habilidades emocionales, el trabajo en equipo y las estrategias didácticas, como parte integral de su rol docente.

Específicos:

1. Promover las habilidades socio-emocionales para el trabajo en equipo por parte de los estudiantes.
2. Facilitar el conocimiento de las corrientes desde las que se clasifica y entiende la evaluación.
3. Reconocer nuevas estrategias de evaluación por parte de los docentes.
4. Brindar herramientas para la planeación integral de los cursos por parte de los docentes.

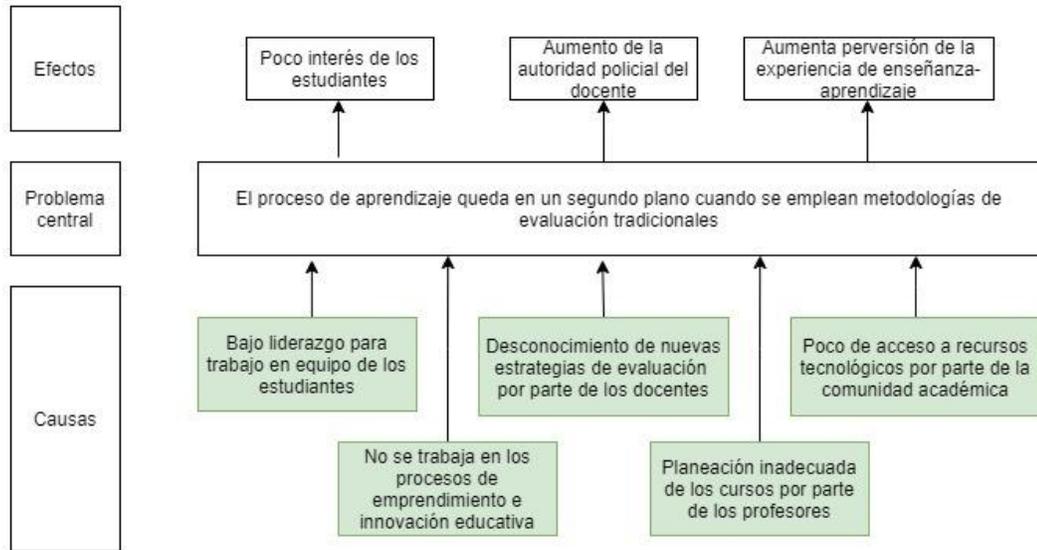


Figura 2.7. Árbol de problemas caso 2.

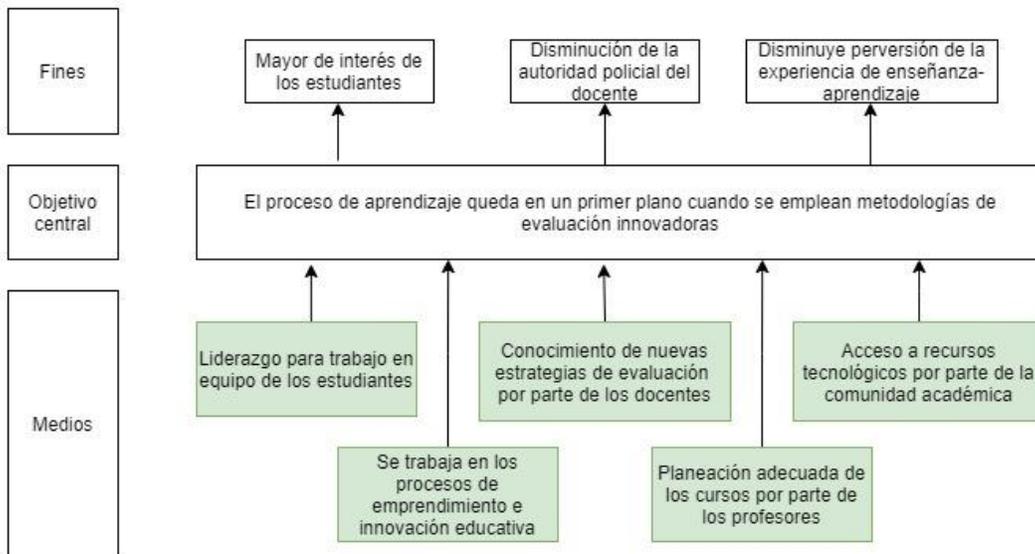


Figura 2.8. Árbol de objetivos caso 2.

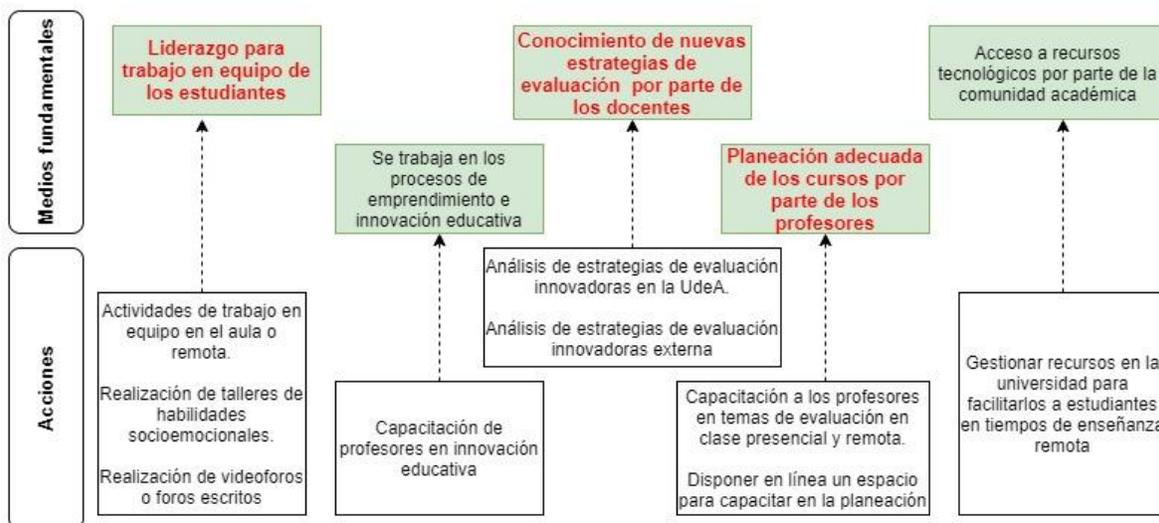


Figura 2.9 Árbol de acciones caso 2.

Referencias

- [1] R. D. Gómez-Arias, *Manual de gestión de proyectos*. UdeA. 2009.
- [2] D. F. Betancourt, “Marco lógico: Definición, elaboración y ejemplo detallado,” *Ingenio Empresa*, 2017. <https://ingenioempresa.com/metodologia-marco-logico/> (accessed May 22, 2019).
- [3] G. Pérez-Serrano, *Diseño de proyectos sociales. Aplicaciones prácticas para su planificación, gestión y evaluación*. Madrid: Narcea ediciones, 2016.
- [4] H. Camacho, L. Cámara, R. Cascante, and H. Sainz, *El Enfoque del marco lógico: 10 casos prácticos*. Madrid: CIDEAL, 2001.
- [5] E. Ortigón, J. F. Pacheco, and A. Prieto, *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Naciones Unidas, 2013.

2. ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE INVOLUCRADOS

2.1 Análisis de involucrados: identificar todos los actores que pueden verse afectados o beneficiados por el proyecto, o que pueden influir de alguna manera sobre este.

INVOLUCRADOS (GRUPOS DE INTERÉS)	SECTOR O GRUPO (PÚBLICO, PRIVADO, SOCIEDAD)

2.2 Clasificar los actores de acuerdo con sus características y relación con el proyecto.

GRUPO DE INTERÉS	INTERESES Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS (Nivel de autoridad y tipo de recursos a aportar)

- Grupos: los involucrados directa o indirectamente o afectados por el problema de desarrollo y sus posibles soluciones. Se pueden identificar los siguientes grupos: a) Grupos de la población (con base en características como localización, nivel de ingreso, etnia, género, edad, etc.); b) Organizaciones del sector público: ministerios, gobernaciones, alcaldías, entre otros; c) *Organizaciones del sector privado*: cámaras de producción, cámaras de comercio, empresas importantes, etc.; d) Organizaciones de la sociedad civil (incluye principalmente organizaciones no gubernamentales y otras organizaciones sin fines de lucro, como los consejos comunales); e) Organizaciones religiosas: incluye iglesias y otras organizaciones religiosas influyentes en la comunidad; f) Grupos políticos: incluye partidos políticos.
- Intereses: de cada grupo, en relación con el problema de desarrollo.
- Problemas: específicos o condiciones negativas de la manera en que son percibidos por el grupo de involucrados.

- Mandatos: autoridad formal que tiene un grupo de involucrados para proporcionar un servicio o cumplir una función determinada.
- Recursos: medios financieros y no financieros que el grupo puede poner a disposición para contribuir u obstaculizar la solución al problema.

2.3 Caracterizar a los actores de acuerdo con sus características y relación con el proyecto.

GRUPO DE INTERÉS	EXPECTATIVA	FUERZA	INTENSIDAD RESULTANTE	POSICIÓN POTENCIAL

- Expectativa: Apreciación de la importancia que el involucrado atribuye al área de interés considerada. Puede ser Positiva (+) si el involucrado percibe beneficios por parte del proyecto, o Negativa (-) si se percibe que el proyecto traslada costos o lesiona intereses. Se califica entre 0 y 5.
- Fuerza: Capacidad de influir de alguna forma en el proyecto. Se califica entre 0 y 5.
- Intensidad resultante: Producto de la expectativa por la fuerza.
- Potencialidad: Comportamiento potencial ideal que el involucrado tomaría con respecto al proyecto: a) Favorecedores-Adeptos, b) Indiferentes-Neutros, c) Opositores-obstaculizadores.

3. ANÁLISIS DE PROBLEMAS

3.1 Identificación de problemas a través de lluvia de ideas y depuración de la lista, teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes criterios: problemas repetidos, problemas no relacionados con la idea del proyecto, problemas cuya solución está por fuera de las posibilidades de acción de la institución ejecutora. Planteamiento del problema principal como un estado negativo, más no como la negación de una solución.

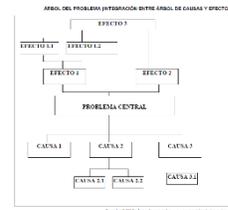
Una vez realizadas las etapas 1 y 2, diligencie el siguiente cuadro, marcando con una X en la casilla correspondiente, de acuerdo con la característica de la causa (problemas responsables del problema principal u otras causas) o efecto (consecuencia del problema principal) que tenga cada problema sobre el problema principal.

Problema principal:			
Otros problemas identificados		Causa	Efecto
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

Los problemas identificados como causas y como efectos son la materia prima para la construcción del árbol de problemas.

3.2 Construcción del árbol de problemas

E
F
E
C
T
O
S



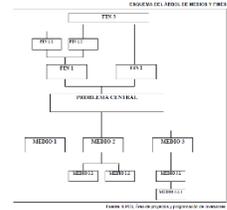
PROBLEMA PRINCIPAL

C
A
U
S
A
S

4. ANÁLISIS DE OBJETIVOS

4.1 Construcción del árbol de objetivos: convertir los estados negativos del árbol de problemas en soluciones, expresadas en forma positiva, redactados como logros.

F
I
N
E
S



OBJETIVO PRINCIPAL

M
E
D
I
O
S

5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

5.1 Construir árbol de acciones. Tomando como punto de partida los medios fundamentales del árbol de objetivos (ver ejemplo en la lectura), plantear acciones concretas orientadas a lograrlos. Diligenciar tabla siguiente.

5.2 Descartar las acciones no viables.

5.3 Plantear mínimo dos posibles alternativas de solución al problema, derivadas de las acciones viables planteadas.

Denominación de la alternativa de solución	Medios fundamentales (excluyentes o complementarios)	Acciones viables planteadas
Proyecto 1	a.	
Proyecto 2	b.	
Proyecto 3	c.	

5.4 Evaluar y comparar las posibles alternativas de solución. Selecciona la alternativa que obtenga como total ponderado, un mayor valor. Puede tener otros criterios.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
Factor	%	Puntaje	Ponderado	Puntaje	Ponderado	Puntaje	Ponderado
Tiempo							
Costo							
Impacto							

Factibilidad							
Otros							
Total (Suma)							

CRITERIO	1	2	3	4	5
Tiempo	Muy largo	Largo	Mediano	Corto	Inmediato
Costo	Demasiado	Costoso	Algo	Poco	Muy Poco
Impacto	Muy Poco	Poco	Algo	Alto	Muy alto
Factibilidad	Muy Poca	Poca	Algo	Alta	Muy alta
Otros					

Factores en consideración:

Tiempo: ¿qué tan pronto puede implantarse la solución?

Costo: ¿cuán costosa resulta la implantación de la solución?

Impacto: ¿cuál es el impacto de la solución?

Factibilidad: ¿existen los recursos necesarios para la solución?

Capítulo 3. Búsqueda y obtención de información bibliográfica

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

¿Cómo iniciar la búsqueda?

Con una búsqueda bibliográfica apropiada, se pueden delimitar los alcances y comprender la teoría y antecedentes en torno al proyecto. Así, es preciso tener claridad sobre la pregunta de investigación. Es necesario definir palabras claves relacionadas con la temática del proyecto. Se deben elegir bases de datos u otras fuentes de información para la búsqueda. Cabe señalar que no existe *la mejor* manera de buscar información, sino que es un proceso de ensayo y error hasta obtener información suficiente y pertinente para dar soporte a un proyecto.

Aunque las bases de datos, en su mayoría, en su página de inicio tienen una opción de búsqueda simplificada, se recomienda realizar la búsqueda haciendo uso de operadores booleanos (AND=intersección; OR=Unión o suma; NOT=Exclusión) [1]. Por ejemplo, la búsqueda en [Scholar Google](#) “síntesis AND ZSM-5” arroja 18500 registros porque recupera aquellos que contienen ambos términos, siendo AND el operador booleano que se debe usar en esta búsqueda. La búsqueda “síntesis OR ZSM-5” arroja 1630000 registros, porque recupera aquellos que contienen cada término, por lo que OR no es el operador booleano adecuado para esta búsqueda.

Así mismo, se deben usar las herramientas de búsqueda sugeridas a continuación, realizar la búsqueda en varios idiomas (inglés y español) y analizar la pertinencia de los resultados, por ejemplo, con la lectura del resumen de cada referencia.

¿Cómo realizar la búsqueda en Google?

Sin duda, Google y sus aplicaciones como Scholar Google, son una primera fuente de información al iniciar el planteamiento de la propuesta de investigación. Las principales ventajas de consultar Scholar Google son: a) recupera información de la mayor parte de las bases de datos científicas (incluso de aquellas que actualmente no suscribe la Universidad, como Ebsco, Jstor, Web of Science o Wiley), muchas veces enlazando al texto completo del documento, lo que puede ocurrir por diferentes motivos (la base de datos permite la descarga gratuita, el autor lo dispone para descarga en [ResearchGate](#), una universidad lo ofrece gratis en su repositorio, etc.); b) recupera información de Google Books, lo que permite saber en qué libro, y en qué páginas, se encuentra el tema que buscamos y, usualmente, permite leer algunas páginas (con suerte, las que necesitamos); c) recupera información de los repositorios digitales de las universidades, por lo que podríamos decir que Scholar Google es el motor de búsqueda más eficiente para buscar tesis.

La Fig. 3.1 ilustra las principales herramientas que pueden emplearse para facilitar dichas búsquedas en Google.

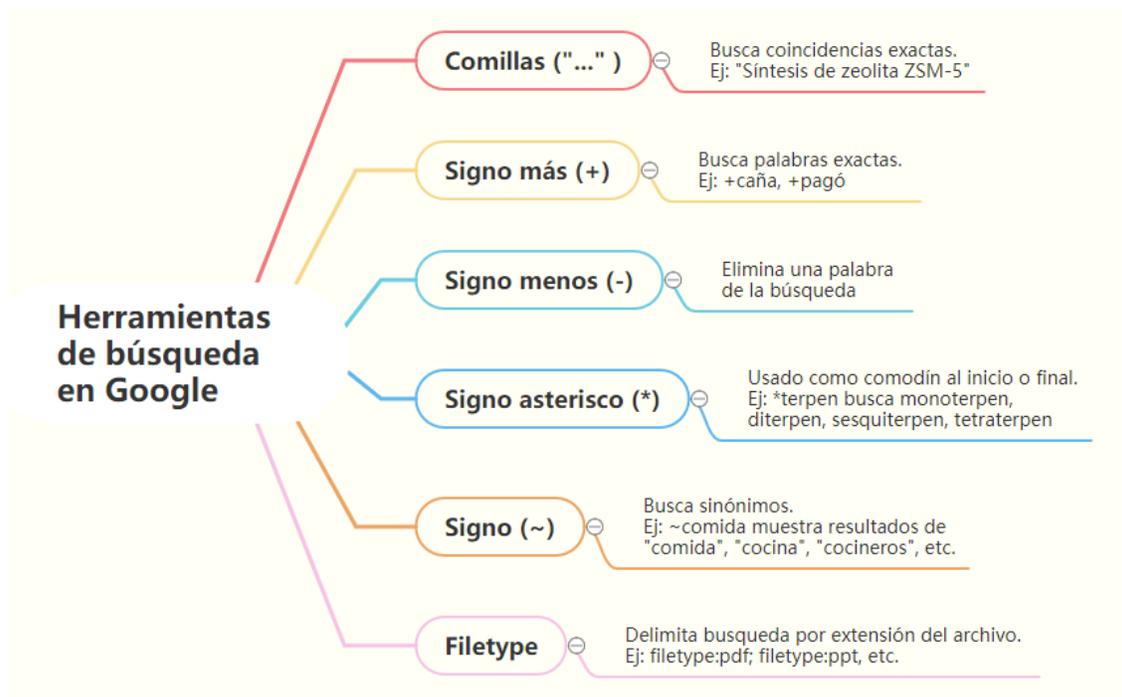


Figura 3.1 Principales herramientas de búsqueda en Google. Adaptado de [2].

Se recomienda explorar las diferentes herramientas de búsqueda. Las dos más empleadas se ilustran a continuación. Una búsqueda entre comillas restringe el número de resultados, siempre y cuando lo que va entre comillas tenga sentido lógico. Por ejemplo, en Scholar Google "Síntesis de zeolita ZSM-5" produce 55 resultados, frente a 2590 resultados sin las comillas, por lo que es más sencillo revisar los elementos de la búsqueda con comillas. Una de las búsquedas de mayor interés es delimitar por extensión (ext: o filetype:). Esto es ideal para documentos PDF, presentaciones en PPT, código fuente de Python, Py, o cualquier formato de archivo alojado en la web. Los tipos de extensiones se pueden encontrar en la referencia [3].

Búsqueda en bases de datos de libros

El análisis de la búsqueda de información se enfocará en los [recursos de información digital y electrónica](#) que suscribe la Universidad de Antioquia, con interés en ingeniería, al momento de redactar el libro. Como estas suscripciones son dinámicas y van cambiando, al leer este apartado del libro es posible que algo haya cambiado, así que se debe considerar esta información con un carácter ilustrativo. En el caso de búsqueda de libros (Anexo 3.1) se encuentran Ebooks7-24 (250 libros en diferentes disciplinas incluida la ingeniería), Springer (314112 libros), Science Direct (30468 libros) y Knovel. Esta última es una plataforma para

ingeniería que contiene información de libros de texto, enciclopedias, datos de propiedades con tablas interactivas y la posibilidad de descargar capítulos individuales en pdf. Knovel incluye más de 4000 referencias, y es una base de datos de más de 100 publicadores internacionales y sociedades profesionales. 300 referencias están relacionadas con el campo de la Ingeniería Química, con tópicos en ingeniería de petróleos, sostenibilidad, diseño, seguridad de proceso, tratamientos de aguas, bioprocesos y biotecnología, selección de materiales, entre otros [4]. Cabe mencionar que, en el campo de la ingeniería química, existe ASPEN, una base de datos de propiedades que provienen de datos experimentales o de estimaciones, a la cual no se tiene suscripción en la actualidad.

Búsqueda en bases de datos de revistas y artículos

En el Anexo 3.1 se listan las fuentes de información para acceder a revistas y artículos científicos. La lista es lo suficientemente extensa como para hacer una búsqueda bibliográfica exhaustiva. Especialmente se recomiendan Scopus, SciFinder, Science Direct y Scholar Google. Cualquier búsqueda medianamente profunda debe involucrar dichas fuentes. Scopus es la primera opción, porque es la base de datos más grande de citas y resúmenes de literatura científica, revistas científicas, libros y memorias de eventos. Para acceder al artículo completo hay un enlace al publicador. Cuenta con herramienta de análisis de resultados donde se visualizan, por ejemplo, artículos por año, artículos por autor, artículos por país, etc. Se puede acceder a palabras claves indexadas de un artículo, con el fin de ampliar términos de búsqueda. Se puede analizar la información de las publicaciones de un autor, tales como los artículos publicados, las citas, el índice h (medida del impacto de las publicaciones de un autor), etc.

En segunda instancia se recomienda SciFinder, del servicio de resúmenes de química (CAS, de sus siglas en inglés) que tiene orientación a búsquedas de sustancias, reacciones y bibliografía química. Es usada por entidades privadas y gubernamentales para estar actualizados en los últimos avances en ciencia. “Con una actualización diaria, en la actualidad contiene unos 34 millones de referencias bibliográficas de CAS desde 1907 y más de 17 millones de Medline desde 1958, así como un diccionario químico con cerca de 61 millones de sustancias y 62 millones de secuencias descritas desde 1957” [5]. En las opciones de búsqueda está explorar por palabras claves, arrojando resultados de artículos y patentes con los cuales se puede acceder a los resúmenes y la facilidad de exportar dicha información de los resultados seleccionados en formatos como pdf. Para acceder al artículo completo hay un enlace al publicador, que se puede descargar si se cuenta con suscripción. También en las opciones de búsqueda se pueden introducir sustancias (como productos o reactivos) y reacciones. Para importar las estructuras químicas se recomienda la aplicación gratuita ChemSketch, que genera el archivo *.mol, o buscar recursos de internet donde están alojados este tipo de archivos para las sustancias (Ej: Chemspider). Por otra parte, es posible explorar

las empresas que producen o comercializan los productos químicos de interés, o determinar si una sustancia determinada es nueva, etc. [5].

La tercera opción es la base de datos Science Direct, que contiene artículos de revistas y libros en numerosas disciplinas. La gran diferencia con las dos anteriores, es que, debido al alcance de la suscripción actual, su accesibilidad se restringe solamente al contenido completo de los artículos 15 años atrás, aunque se tiene acceso a la información de las referencias y resúmenes de la base de datos completa. En otros términos, una búsqueda en Scopus o Scifinder puede llevar a la página de un artículo al cual no haya acceso por parte de la Universidad. Para obtenerlo, el sistema de bibliotecas tiene servicios de adquisición de información bibliográfica a través de convenios o relaciones interinstitucionales. Finalmente, al igual que las dos opciones anteriores, Science Direct tiene posibilidad de registro para acceder a recomendaciones, historial de búsqueda y servicio de alertas.

La cuarta opción de búsqueda es Scholar Google, acerca del cual ya mencionamos algunas características. La Universidad Autónoma de Madrid ha realizado una recopilación interesante del tema:

Google Académico es un buscador que permite localizar documentos de carácter académico como artículos, tesis, libros, patentes, documentos relativos a congresos y resúmenes. Si no es posible acceder en línea al texto completo del documento, se obtiene en muchos casos un resumen, una reseña, el índice o tal vez la posibilidad de hojear sus páginas (Google Books). Google Académico constituye la mejor herramienta gratuita para localizar información académica [6].

Otros aspectos, tales como ventajas y desventajas, se encuentran en dicha referencia.

El resto de alternativas (Anexo 3.1) también son válidas para la búsqueda de información científica; sin embargo, buscadores como Scopus, Science Direct y SciFinder pueden recuperar registros de estas fuentes bibliográficas, ¡con lo que se optimiza el tiempo de búsqueda! En el Anexo 3.2 se orienta más específicamente en el uso de estas bases de datos.

Búsqueda en patentes

La superintendencia de industria y comercio de Colombia regula las patentes en el país. A continuación, se mencionan algunos elementos importantes acerca del tema:

La patente es un derecho otorgado por el Estado a particulares, que permite explotar en exclusiva un invento o sus mejoras por un tiempo limitado (hasta 20 años). Después de la caducidad de la patente cualquier persona puede hacer uso de la tecnología de la patente sin la necesidad del consentimiento del titular de ésta. La invención entra entonces al dominio público [7].

Aunque en la sección anterior las búsquedas pueden arrojar resultados de patentes y transferir a la página en donde puede consultarse, las búsquedas pueden realizarse directamente en las oficinas de patentes (ver Anexo 3.1); se recomienda la oficina de patentes europeas, donde se pueden descargar resúmenes y documentos de patentes de diferentes regiones tales como Europa, Estados Unidos, China, Japón, Rusia, etc. También Google permite la búsqueda exclusiva de patentes a través de [Google Patents](#). Algunos documentos de estas oficinas son en forma de imágenes y para acceder a la información que esté en otro idioma existen herramientas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) que capturan una imagen y la llevan a texto para usar un traductor en línea (Ejemplo: [online2pdf](#)).

Búsqueda de monografías o tesis

En el [repositorio institucional](#) o [biblioteca digital](#) de la Universidad de Antioquia se puede acceder a monografías y tesis, entre otros, en su mayoría en formato digital (PDF). El catálogo en línea de la biblioteca, [Catalejo](#), es útil en la búsqueda de registros relacionados con tesis y trabajos de investigación. Se recomienda usar la opción de búsqueda avanzada, con el filtro *Tesis*. Buscando por Scholar Google también se recuperan documentos contenidos en el [repositorio](#) de la Universidad.

Obtención de información

Con mucha más frecuencia de lo que quisiéramos, al buscar información en las bases de datos hallamos algún artículo de gran utilidad o necesario para el proyecto que desarrollamos, pero que no se puede descargar. Usualmente se trata de un artículo muy citado en los textos que estamos leyendo, leímos el resumen y sabemos que, en verdad, es necesario conseguirlo. Estamos ante un problema cuya gravedad depende de la necesidad que tengamos de obtenerlo. Por ejemplo, sería imprescindible si el tutor o los evaluadores de la tesis doctoral *sugieren* que se debe conseguir, o si el curso de nuestro proyecto depende de información que contiene el artículo ¿Qué opciones hay para obtenerlo?

1. Buscarlo por Scholar Google y mirar si ofrece un link para su descarga.
2. Buscarlo en Google, donde obtenemos información que no se recupera por Scholar Google. Escribe el título entre comillas para obtener resultados más precisos y revisa si, al menos en la primera página de resultados, hay alguna opción de descarga.
3. Solicitarlo al autor, a su correo o a sus redes (ResearchGate, LinkedIn). Incluso tratándose de artículos publicados décadas atrás, si el autor aún vive, con seguridad nos lo envía.
4. Solicitarlo a la biblioteca, al servicio de [conmutación bibliográfica](#), diligenciando un sencillo [formulario](#) con datos personales y datos del artículo. La biblioteca tiene convenios o establece contactos con otras bibliotecas en el mundo con este fin.

5. Comprar a la base de datos una copia del artículo en pdf.

¿Cómo hacer gestión de la información bibliográfica?

La organización de la información bibliográfica es crítica. Si bien puede realizarse en nuestros ordenadores, en la actualidad existen gestores de referencias gratuitos para desarrollar dicha labor, entre lo que se destacan [Mendeley](#) y [Zotero](#). En ambos se puede tener una base de datos de los documentos organizados por carpetas, con la posibilidad de consultarlos en la misma plataforma. Tienen sincronización de la información en línea. Otro aspecto de los gestores es la capacidad de generar citaciones en Word con diversos formatos de referencias. Un aspecto importante, sobre todo si se desea escribir proyectos en forma colaborativa, es usar Zotero y Mendeley para GoogleDocs o Sharepoint de Onedrive, respectivamente. Existen tutoriales en la red para la instalación y el funcionamiento de estos programas. Por ejemplo, para Sharepoint, se instala el programa, abre el documento en Word donde va a insertar las referencias y hace clic en Edición → Abrir aplicación de escritorio (Fig. 3.2).

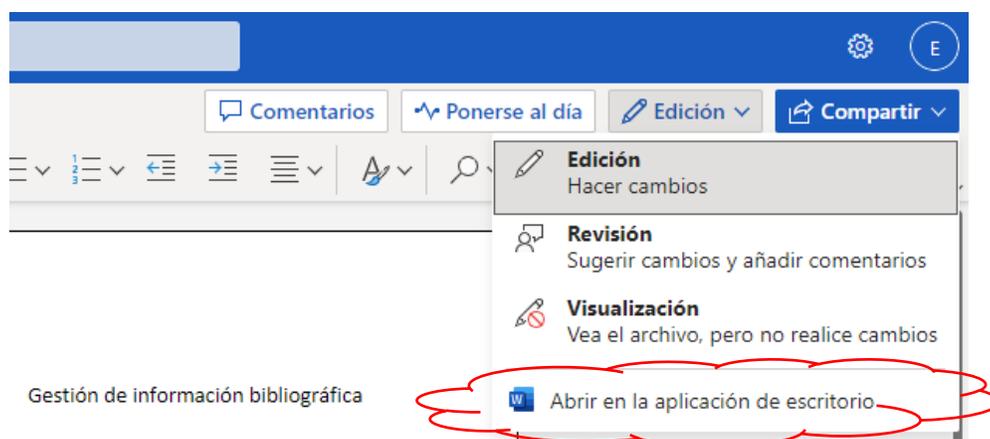


Figura 3.2 Ruta para uso de Mendeley desde Sharepoint.

Referencias

- [1] M. Amezcua, "La Búsqueda Bibliográfica en diez pasos," *Index de Enfermería*, vol. 24, no. 1–2, p. 14, 2015.
- [2] I. Fernandez, "Cómo buscar en Google: 17 trucos para ser un profesional," 2016. <https://www.bloglenovo.es/como-buscar-en-google-17-trucos-para-ser-profesional/> (accessed Aug. 13, 2020).
- [3] "Tipos de archivo que Google puede indexar." <https://support.google.com/webmasters/answer/35287?hl> (accessed Aug. 13, 2020).
- [4] "Knovel," 2020. <https://www.icheme.org/knowledge/knovel/> (accessed Aug. 13, 2020).
- [5] Universidad de Valladolid, "SciFinder: Presentación," 2020. <https://biblioguias.uva.es/SciFinder> (accessed Aug. 13, 2020).
- [6] Universidad Autónoma de Madrid, "Google académico, paso a paso," 2020. https://biblioguias.uam.es/tutoriales/google_academico (accessed Aug. 13, 2020).
- [7] Supertintendencia de Industria y Comercio. "Patentes". <https://www.sic.gov.co/patentes> (accessed Feb. 17, 2022)

Anexo 3.1 Algunos recursos para acceso a información bibliográfica*.

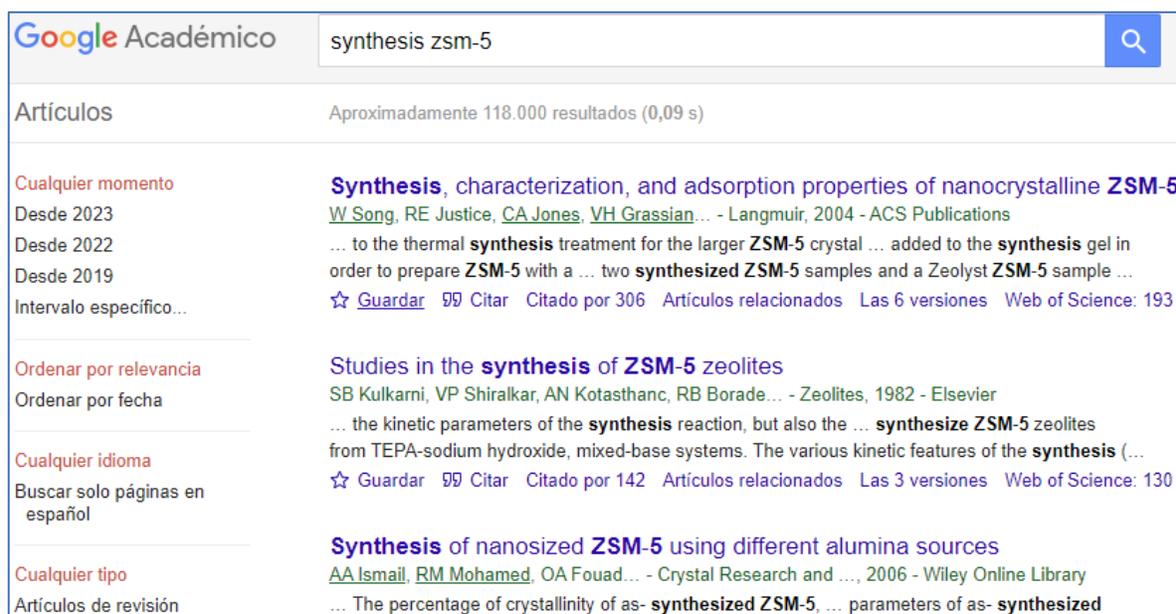
Tipo	Título	Enlace
Libros	E-books7-24 (250 libros)	https://www.ebooks7-24.com/
Libros**	Knovel (4000 libros)	https://app.knovel.com/web/
Libros	Science Direct (30468 libros)	https://www.sciencedirect.com/browse/journals-and-books
Libros	Springer (314112 libros, 4.5 millones de capítulos de libro)	https://www.springer.com/la
Libros	Wiley (22000 libros)	https://onlinelibrary.wiley.com/
Revistas**	Scopus (24600 revistas)	https://www.scopus.com/ Sin suscripción actualmente
Revistas y más**	Scifinder – acceder con clave (34 millones de documentos de CAS)	https://sso.cas.org/as/EppIA/resume/as/authorization.ping
Revistas**	Science Direct (4273 revistas)	https://www.sciencedirect.com/
Revistas y más	Google Scholar	http://scholar.google.com/
Revistas	Springer (2900 revistas, 7.2 millones de artículos)	https://link.springer.com/
Revistas	ACS (1.3 millones de artículos)	https://pubs.acs.org/
Revistas	Wiley (1600 revistas)	https://onlinelibrary.wiley.com/
Revistas	RSC (45 revistas)	https://pubs.rsc.org/en/journals
Revistas	Taylor & Francis (2700 revistas)	https://taylorandfrancis.com/journals/
Revistas	Science (7 revistas)	https://www.sciencemag.org/news/scienceinsider
Revistas	Nature (74 revistas)	https://www.nature.com/
Revistas	ISI Current Contents	Sin suscripción actualmente
Revistas y más	Reaxys (59 millones de documentos)	A través del portal biblioteca
Revistas	Redalyc – libre acceso (1368 revistas, 679876 artículos)	https://www.redalyc.org/
Revistas	Scielo – libre acceso (378 revistas)	https://scielo.org/es/
Revistas	DOAJ – libre acceso (15043 revistas)	https://doaj.org/
Patentes**	Patentes europeas	http://ep.espacenet.com/
Patentes	Patentes Estados Unidos	http://patft.uspto.gov/
Patentes	Patentes en general	http://www.freepatentsonline.com/
Patentes	Google Patents	https://patents.google.com/

*Actualizado a agosto de 2023. Para acceder a los textos completos (cuando están disponibles) ingresa por el portal del sistema de bibliotecas de la Universidad de Antioquia, [recursos de información digital y electrónica](#).**Recurso recomendado.

Anexo 3.2 Visualización de búsquedas en algunas bases de datos que suscribe la Universidad de Antioquia.

La ruta natural para el acceso a las bases de datos que suscribe la Universidad de Antioquia es ingresando al sistema con usuario y clave → Ir a enlaces de interés → Sistema de bibliotecas → Recursos de información → Recursos de información digital y electrónica. Allí aparecen todas las bases de datos en orden alfabético. Ejemplo: busca las bases de datos que empiezan por “S” y encuentra: ScienceDirect, Scopus, Scifinder, entre otras. Para acceder a ellas requiere su usuario y contraseña que lo acredite como miembro de la Universidad; para usar Scifinder debe registrarse.

Para ilustrar el resultado de las búsquedas se usará Synthesis ZSM-5 como palabras clave; en inglés es más efectiva la búsqueda. Tenga en cuenta que ScienceDirect y Scopus por defecto usan el operador AND así no lo incluya en la búsqueda. Los resultados de los diferentes registros se ilustran a continuación (Fig 3.A1 a Fig. 3.A4) con cuatro bases de datos:



The image shows a screenshot of a Google Scholar search for "synthesis zsm-5". The search bar at the top contains the text "synthesis zsm-5" and a search icon. Below the search bar, the results are displayed under the heading "Artículos" with a note "Aproximadamente 118.000 resultados (0,09 s)". On the left side, there are several filters: "Cualquier momento" (with sub-options "Desde 2023", "Desde 2022", "Desde 2019", and "Intervalo específico..."), "Ordenar por relevancia" (with sub-option "Ordenar por fecha"), "Cualquier idioma" (with sub-option "Buscar solo páginas en español"), and "Cualquier tipo" (with sub-option "Artículos de revisión"). The main results area shows three articles:

- Synthesis, characterization, and adsorption properties of nanocrystalline ZSM-5** by W Song, RE Justice, CA Jones, VH Grassian... - Langmuir, 2004 - ACS Publications. Snippet: "... to the thermal **synthesis** treatment for the larger ZSM-5 crystal ... added to the **synthesis** gel in order to prepare ZSM-5 with a ... two **synthesized** ZSM-5 samples and a Zeolyst ZSM-5 sample ...". Cited by 306.
- Studies in the synthesis of ZSM-5 zeolites** by SB Kulkarni, VP Shiralkar, AN Kotasthanc, RB Borade... - Zeolites, 1982 - Elsevier. Snippet: "... the kinetic parameters of the **synthesis** reaction, but also the ... **synthesize** ZSM-5 zeolites from TEPA-sodium hydroxide, mixed-base systems. The various kinetic features of the **synthesis** (...". Cited by 142.
- Synthesis of nanosized ZSM-5 using different alumina sources** by AA Ismail, RM Mohamed, OA Fouad... - Crystal Research and ..., 2006 - Wiley Online Library. Snippet: "... The percentage of crystallinity of as- **synthesized** ZSM-5, ... parameters of as- **synthesized**".

Figura 3.A1 Resultados de búsqueda en Scholar Google.

Puede observarse en la búsqueda que la cantidad de registros para su revisión es elevada. Se recomienda recurrir a identificar otras palabras claves, por ejemplo: Hierarchical, Solvent free, o restringir la búsqueda con comillas: “Synthesis of ZSM-5”, o también con las restricciones que aparecen usualmente a la izquierda del buscador. Por ejemplo, una acción importante ante la cantidad de registros es restringir a artículo de revisión, para que, a través de su lectura, tengamos una aproximación mejor al tema y tratar de tener búsquedas más eficientes en artículos de investigación. Se debe tener presente que Scopus ofrece opciones interesantes para analizar resultados y los autores (Fig. 3.A3).

ScienceDirect

Find articles with these terms
synthesis ZSM-5

Advanced search

19,728 results

Download selected articles Export

sorted by *relevance* | date

Research article Full text access

1 Synthesis of b-axis oriented ZSM-5 zeolite by mechanochemical-assisted quasi-solvent-free method and its MTO catalytic performance
Advanced Powder Technology, 27 December 2022, ...
Zihan Zhou, Xingwen Wang, ... Huilin Hou
View PDF Abstract Graphical Abstract Extracts Figures Export

Research article Full text access

2 Sub-micron sized hierarchical porous ZSM-5 particles with controllable mesoporous structures by changing the alkalinity in the synthesis using NaOH
Journal of Solid State Chemistry, 16 March 2023, ...
Lingfeng Yu, Jiugong Zhou, Wei Wang
View PDF Abstract Graphical Abstract Extracts Figures Export

Get a personalized search experience
Recommendations, reading history, search & journals alerts, and more registration benefits.
Personalize >

Refine by:

Subscribed journals

Years

2024 (1)
2023 (821)
2022 (1,609)
Show more >

Article type

Review articles (1,615)
Research articles (13,087)
Encyclopedia (139)
Book chapters (1,031)

Figura 3.A2 Resultados de búsqueda en ScienceDirect.

4,327 document results

TITLE-ABS-KEY (synthesis AND zsm-5)

Edit Save Set alert

Search within results...

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (1816)

Analyze search results

Show all abstracts Sort on: Date (newest)

Open Access

All Open Access (568) >
Gold (172) >
Hybrid Gold (77) >
Bronze (181) >
Green (316) >
Learn more

Year

2023 (81) >
2022 (264) >
2021 (228) >
2020 (293) >
2019 (233) >
View more

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Uniform Ni species encapsulated in nanocrystalline ZSM-5 with enhanced catalytic performance for upgrading of fatty acids	Wang, W., Guo, L., He, X., (...), Qiao, C., Tian, Y.	2023	Fuel 346,128411	0
2 Efficient methoxycarbonylation of diisobutylene over functionalized ZSM-5 supported cobalt complex catalysts <i>Open Access</i>	Jin, F., Wang, J., Song, H., (...), Iiu, H., Wang, X.	2023	Arabian Journal of Chemistry 16(8),104907	0
3 Modulating hierarchical ZSM-5 crystals from etching-assisted growth with substituted phenols	Chen, Y., Dong, L., Li, S., (...), Hong, M., Yang, S.	2023	Applied Surface Science 625,157172	0
4 Probing the formation of soluble humins in catalytic dehydration of fructose to 5-hydroxymethylfurfural over HZSM-5 catalyst	Li, L., Hu, Y., Li, H., (...), Hu, C., Zhu, L.	2023	Fuel 344,128133	0

Recomendado la exploración de esta opción

Figura 3.A3 Resultados de búsqueda en Scopus.

Figura 3.A4 Resultados de búsqueda en SciFinder.

SciFinder ofrece otra opción de búsqueda a través de estructuras químicas, ya sean compuestos como reactivos o productos. En un caso de interés, se tiene experiencia de la reacción de Prins, que consiste en la condensación de formaldehído con un doble enlace de otra molécula. Se tiene una molécula llamada estragol, obtenida de la albahaca, que puede ser candidata para la reacción de Prins, ya que tiene un doble enlace terminal (Figura 3.A5). Se desea saber si ese producto ha sido obtenido previamente.

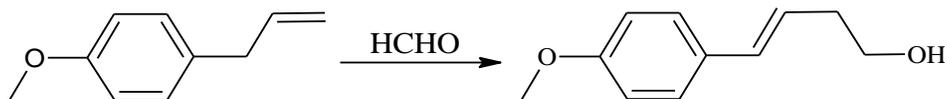


Figura 3.A5 Reacción de Prins entre estragol y formaldehído.

Luego de introducir la molécula y realizar la búsqueda por producto, se obtienen los resultados de la Fig. 3.A6, donde se observa que, efectivamente, dicha molécula ha sido sintetizada.

8 Results

CAS SciFinder[®] Sort: Relevance View: Partial

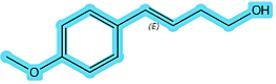
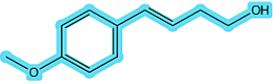
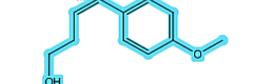
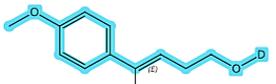
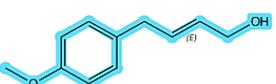
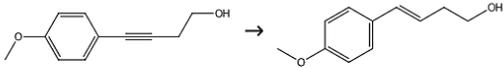
<p>1</p> <p>20840-07-7</p>  <p>Double bond geometry shown</p> <p>C₁₁H₁₄O₂ (3E)-4-(4-Methoxyphenyl)-3-buten-1-ol</p> <p>48 References 110 Reactions 4 Suppliers</p>	<p>2</p> <p>339079-71-9</p>  <p>C₁₁H₁₄O₂ 4-(4-Methoxyphenyl)-3-buten-1-ol</p> <p>9 References 9 Reactions 4 Suppliers</p>	<p>3</p> <p>92587-78-5</p>  <p>Double bond geometry shown</p> <p>C₁₁H₁₄O₂ 3-Buten-1-ol, 4-(4-methoxyphenyl)-, (Z)-</p> <p>9 References 11 Reactions 2 Suppliers</p>
<p>4</p> <p>173546-32-2</p>  <p>Double bond geometry shown</p> <p>C₁₁H₁₂D₂O₂ 3-Buten-3-d-1-ol-d, 4-(4-methoxyphenyl)-, (Z)-</p> <p>1 Reference 1 Reaction 0 Suppliers</p>	<p>5</p> <p>173546-31-1</p>  <p>Double bond geometry shown</p> <p>C₁₁H₁₂D₂O₂ 3-Buten-4-d-1-ol-d, 4-(4-methoxyphenyl)-, (E)-</p> <p>1 Reference 1 Reaction 0 Suppliers</p>	<p>6</p> <p>1008441-15-3</p>  <p>Double bond geometry shown</p> <p>C₁₁H₁₄O₂ (2E)-4-(4-Methoxyphenyl)-2-buten-1-ol</p> <p>10 References 24 Reactions 5 Suppliers</p>

Figura 3.A6 Búsqueda por molécula en SciFinder.

Al dar clic en “Reactions”, se observa que no se han obtenido por la ruta trazada (Fig. 3.A7).

CAS SciFinder[®] Group: By Scheme Sort: Relevance View: Expanded

Sch Steps: 1 Yield: 100%



Suppliers (7) Suppliers (4)

31-242-CAS-11479332 Steps: 1 Yield: 100% Synthesis of arylcyclopropyl compounds

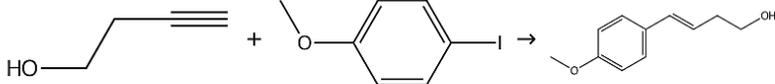
1.1 Reagents: [Lithium aluminum hydride](#); 0 °C; 10 min, 0 °C; 0 °C → reflux; 4 h, reflux; reflux → 0 °C
By: Nagarajan, Srinivasan Raj; et al
World Intellectual Property Organization, WO2005051904 A2
2005-06-09

1.2 Reagents: [Sodium hydroxide](#)
Solvents: [Water](#); 5 min, reflux; cooled

Experimental Protocols PatentPak Full Text

Collapse Scheme

Scheme 2 (1 Reaction) Steps: 2



Suppliers (105) Suppliers (95) Suppliers (4)

Figura 3.A7 Búsqueda anterior restringida a reacciones.

Capítulo 4. Planteamiento del problema, estado del arte, marco teórico, hipótesis y objetivos

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

El proyecto de investigación

En concordancia con lo expresado en las sesiones anteriores, un problema requiere de análisis para evaluar sus causas y alternativas de solución; de allí que un proyecto es un puente entre un problema y una solución, entre una situación actual insatisfactoria y una situación futura esperada [1].

El método científico es un procedimiento estructurado que tiene como fin proponer hipótesis de explicación o solución a problemas planteados, y verificar su validez. Las hipótesis verificadas como válidas y aquellas que no se validaron, contribuyen al avance de la ciencia. Las cualidades del método científico son objetividad, racionalidad, sistematicidad, generalidad, verificabilidad y falibilidad. El resultado de la aplicación del método científico al análisis de un fenómeno ya sea de índole social, físico o económico, da como resultado un conocimiento que ayuda a explicar dicho fenómeno; este, se denomina conocimiento científico y al conjunto de conocimientos científicos, obra de muchas generaciones y producto del esfuerzo incansable de investigadores de todo el mundo, se denomina ciencia. La investigación es un proceso que usa el método científico (orientado por hipótesis) permitiendo conocer mejor un fenómeno en cualquiera de sus expresiones [2].

Tipos de investigación

Existen diferentes tipos de investigación [3]. De uso más frecuente son:

Aplicada / Fundamental: la **investigación aplicada** tiene como objetivo encontrar una solución para un problema inmediato al que se enfrenta una sociedad o una organización, mientras que la **investigación fundamental** se ocupa, principalmente, de ampliar el conocimiento en un campo de estudio, sin pretender una aplicación práctica inmediata [3].

Cuantitativa / Cualitativa: la **investigación cuantitativa** es aplicable a fenómenos que se pueden medir mediante variables que indican una cantidad (temperatura, distancia, concentración, conversión, etc.). La **investigación cualitativa** se ocupa de fenómenos que involucran cualidad o tipo. Es usada, por ejemplo, en área de ciencias sociales. Para recolectar información emplea entrevistas, videos, grupos focales, entre otras [3].

Formulación de la propuesta

Las instituciones y agencias que trabajan por proyectos (ver material capítulo 1, fuentes de financiación) disponen guías y formatos digitales para someter los proyectos. En la Fig. 4.1 se define una estructura básica del contenido de un anteproyecto (recuadros sin sombra), la cual se abordará en varias etapas en lo que resta de capítulos. Con excepción del estudio de riesgos, las etapas coinciden con proyectos CODI-UdeA. Un ejemplo de anteproyecto completo elaborado para una convocatoria CODI, se presenta en el Anexo 4.2. Su revisión se recomienda de forma paulatina en cada etapa que comprende el anteproyecto. La etapa de identificación del problema y alternativas de solución alimentan directamente el planteamiento del problema.

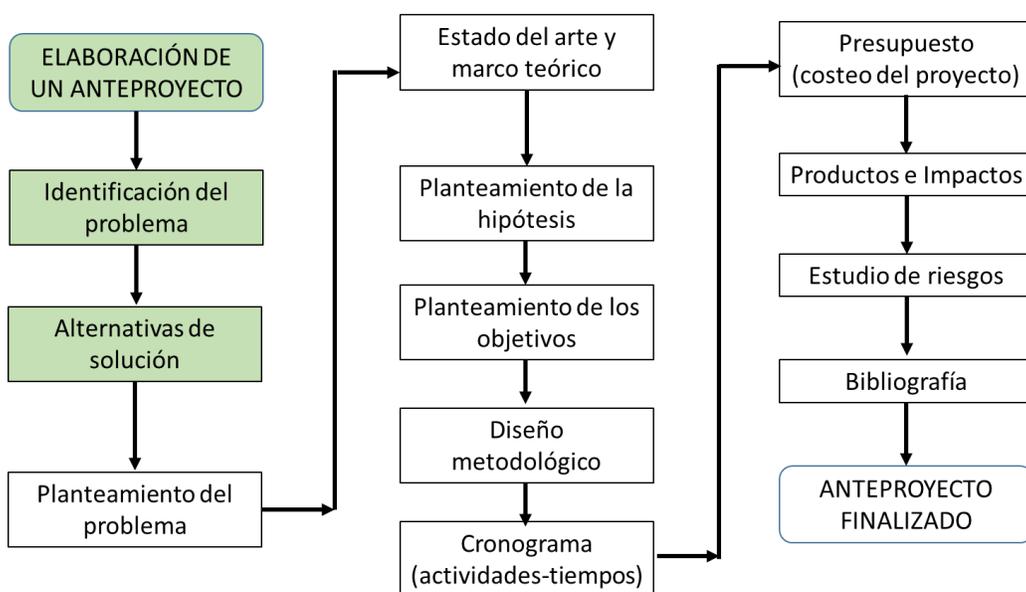


Figura 4.1 Elementos de una propuesta de investigación.

Planteamiento del problema

Para la ciencia, un problema consiste en plantear el objeto de estudio dentro del proyecto, ya sea identificando un vacío de conocimiento frente a un fenómeno que se desea estudiar, o detectando una discrepancia entre una situación real frente a una situación deseada. Para iniciar una investigación científica, el planteamiento del problema es el aspecto que le da enfoque a la investigación y adquiere una máxima importancia ya que condiciona todas las acciones posteriores del desarrollo de la investigación. Según Ackoff, “un problema bien planteado es un problema parcialmente resuelto [4] El investigador debe ser capaz no sólo de conceptualizar el problema, sino también de escribirlo en forma clara, precisa y accesible”[5]. Asociado a la metodología de marco lógico, identificar un problema implica analizar el tipo y la magnitud del problema socio-económico o de índole técnico-científico, determinar la localización o área de influencia del problema y la población afectada, así como identificar

las posibles causas del mismo y los efectos que dicho problema genera, en caso de que este no desaparezca.

En la Fig. 4.2 se ilustran los elementos claves en el planteamiento del problema, desde la concepción con la metodología de marco lógico (elemento central), hasta la inclusión de elementos frecuentes del planteamiento del problema, por ejemplo, la justificación y la viabilidad. Así, las preguntas de investigación sugieren la búsqueda de futuras respuestas, la justificación de la investigación, la importancia y la viabilidad (si es posible realizarla).



Figura 4.2 Elementos del planteamiento del problema.

A modo de ejemplo, el siguiente caso:

Se ha encontrado que el nopol se obtiene selectivamente (>95%) con una alta conversión de beta-pineno (>90%), a partir de beta-pineno utilizando el catalizador heterogéneo Sn-MCM-41. Sin embargo, en la síntesis se utiliza beta-pineno de alta pureza, lo cual hace que el proceso a mayor escala sea costoso. Si se utiliza una fuente de beta-pineno más económica, el proceso sería más viable industrialmente. En este proyecto se busca evaluar la síntesis de nopol con el aceite de trementina como fuente de beta-pineno. Se estudiará la reacción con los catalizadores Sn-MCM-41 y Sn-SiO₂ sintetizados por deposición química de vapor. De esta manera, se determinará si es posible sustituir el catalizador Sn-MCM-41 por Sn-SiO₂, con miras a disminuir costos asociados al catalizador. Se evaluará el efecto del contenido del solvente en la preparación, buscando trabajar con la mínima cantidad posible de tolueno. Adicionalmente se determinará el efecto del tiempo, la temperatura y la cantidad de catalizador en la actividad del sistema catalítico [6].

En este ejemplo, la última parte indica lo que se va a desarrollar o las preguntas por abordar, que usualmente se incluyen en un párrafo final en cualquier planteamiento del problema.

Estado del arte

El estado del arte es el conjunto de conocimientos científicos existentes hasta el momento, que han contribuido a encontrar una o varias soluciones al problema planteado. Estos conocimientos a menudo se obtienen, según su nivel de actualidad, mediante comunicaciones personales con expertos, asistencia a congresos científicos, lectura de patentes, artículos científicos, informes técnicos, libros, etc. El investigador realiza un análisis del estado del arte con el fin de identificar problemas no resueltos en torno al tema de estudio, o vacíos de conocimiento que hayan limitado dar solución al problema planteado. Una revisión del estado del arte también puede conducir a identificar un problema de investigación, por lo cual contribuye al planteamiento del problema.

Como párrafo final del estado del arte, se recomienda plantear una postura crítica frente a lo que se ha hecho y lo que falta por hacer en torno a la temática de investigación [6]. Se pueden identificar diversos enfoques de solución a problemáticas planteadas, metodologías empleadas, análisis realizados, hipótesis planteadas, conclusiones alcanzadas, recomendaciones para abordar los nuevos estudios, etc. Una descripción más detallada de los elementos del estado del arte se encuentra en la referencia [7].

No hay un límite establecido sobre la extensión del estado del arte; algunas fuentes financiadoras lo restringen. Un ejemplo adaptado de la referencia [6] es:

Se ha encontrado que los aldehídos reaccionan con una variedad de olefinas y sus derivados sustituidos para formar compuestos orgánicos sintéticos útiles [11]. Prins fue el primero en estudiar las reacciones del formaldehído con hidrocarburos etilénicos, investigando las reacciones de estireno, pineno, canfeno y anitol con formaldehído en presencia de ácido sulfúrico como catalizador [11]. La condensación de olefinas con aldehídos catalizada por ácidos, calor, luz o peróxidos se conoce generalmente como la reacción de Prins [12]. Los productos de la reacción de Prins, dependen en gran medida de las condiciones de reacción [11,12]: i) en medio anhidro y en presencia de un ácido Lewis, con éter o un solvente halogenado, el producto principal de la reacción es un alcohol primario insaturado; ii) en presencia de agua y un ácido orgánico como catalizador se obtiene una mezcla de 1,3-dioxano, 1,3-glicol o un alcohol insaturado.

Bain estudió la condensación de β -pineno con una fuente anhidra de formaldehído conocida como paraformaldehído, para la síntesis de nopol, por medio de los siguientes métodos [9]:

- β -pineno y paraformaldehído en solución de ácido acético a 120 °C y 24 horas de reacción produce acetato de nopilo, el cual se convierte a nopol mediante saponificación. Por este método ocurren reacciones colaterales, tales como la isomerización de nopol y β -pineno y la formación de alcoholes polihídricos. El rendimiento de nopol obtenido con 15 mol de β -pineno y 9.5 mol de paraformaldehído es de 37.4 % [9].

- β -pineno y paraformaldehído reaccionan a una temperatura entre 115 y 120 °C en presencia de un ácido Lewis para producir una mezcla de nopol, isómeros monocíclicos de puntos de ebullición altos y polímeros. Ensayos realizados con 10 g de $ZnCl_2$ como catalizador, 12.3 mol de β -pineno y 9.5 mol de paraformaldehído entre 120 y 125°C produjeron nopol con un rendimiento de 56.8 %, después de 3.5 horas de reacción [9].
- β -pineno y paraformaldehído reaccionan en un autoclave a temperaturas entre 150 y 230 °C, produciendo cantidades casi cuantitativas de nopol. Bajo estas condiciones otros terpenos como β -pineno, canfeno y dipenteno prácticamente no reaccionan. Con 3 mol de β -pineno de alta pureza y 1.9 mol de paraformaldehído a 180 °C por 4 horas se obtiene un 95 % de rendimiento de nopol basado en paraformaldehído. Usando cantidades estequiométricas de β -pineno (90-95 % de pureza) y paraformaldehído a 196 °C por 3 horas, el rendimiento alcanzado es de 71%. Realizando la reacción en presencia de α -pineno y etanol, con 8.33 mol de paraformaldehído, 2.47 mol de β -pineno, 6.35 mol de α -pineno y 600 g de etanol, después de 12 horas a temperaturas entre 165-185 °C, el rendimiento de nopol basado en β -pineno fue de 96% [9].

En investigaciones realizadas en el Grupo Catálisis Ambiental UdeA, se desarrolló un método de producción de nopol a partir de β -pineno y paraformaldehído, en presencia del catalizador heterogéneo $SnCl_4$ soportado sobre la malla mesoporosa MCM-41, con una carga de Sn de 0.51 mmol/g de soporte con tolueno como solvente. Se encontró que el catalizador era selectivo y reutilizable para la producción de nopol, obteniéndose rendimientos cercanos al 100 % [10]. En estudios posteriores en el Grupo, se ha evaluado la actividad de catalizadores de Sn-MCM-41 sintetizados con diferentes cargas de Sn; se encontró que el catalizador con carga de 0.031 mmol de Sn / g de catalizador tiene un rendimiento del 98 %, con las siguientes condiciones de reacción: 0.25 mmol de β -pineno, 0.5 mmol de paraformaldehído, 0.0250 g de catalizador, 0.5 ml de tolueno, 90 °C, 1 h. No obstante, los catalizadores recuperados presentan una desactivación progresiva, la cual se evita regenerando el catalizador por calcinación. Por lo tanto, en esta investigación se trabajó con el catalizador Sn-MCM-41 con una carga nominal de Sn de 9.4 μ L de $SnCl_4$ / 0.5 g de soporte, con el cual se obtuvo una carga baja de Sn. Se ha encontrado también que la sílica gel y la MCM-41 presentan rendimientos a nopol de 35.7 % y 60.5 %, respectivamente [10].

Recientemente U. Pillai y E. Sahle Demessie [13] reportaron la síntesis de nopol utilizando un material mesoporoso de fosfato de hierro como catalizador heterogéneo. En dicho estudio se evaluó el efecto del solvente, la cantidad de catalizador, la temperatura y el tiempo de reacción. Se obtuvo un rendimiento de nopol del 100 % utilizando 0.1 g de catalizador, 10 ml de acetonitrilo, 5 mmol de β -pineno y 10 mmol de paraformaldehído a 80 °C y 4 horas de reacción. No obstante, en la síntesis de este catalizador están envueltos muchos más pasos, comparado con la síntesis de Sn-MCM-41 [10], e incluye la utilización de ácido fluorhídrico, cuyo grado de peligrosidad es comparable con el $SnCl_4$.

Se ha encontrado que el nopol se obtiene selectivamente utilizando β -pineno de alta pureza; sin embargo, el aceite de trementina es una fuente de β -pineno disponible a menor costo. Por otra parte, los catalizadores heterogéneos son preferibles desde el punto de vista económico y

ambiental. Por consiguiente, en el presente estudio se evaluará la actividad catalítica de los materiales Sn-MCM-41 y Sn-SiO₂, sintetizados por deposición química de vapor, en la reacción para producir nopol a partir de paraformaldehído y aceite de trementina.

Marco teórico

En un marco teórico se explica de forma selectiva los conocimientos teóricos relacionados con el entendimiento del problema de investigación. El marco teórico da cuenta de la experiencia y conocimiento del formulador del proyecto en el tema de investigación.

¿Cómo construir el marco teórico? Existen diferentes métodos [5]. El método recomendado es el de vertebración por índices donde se incluyen temas y subtemas relacionados con el problema de investigación. Como ejemplo, un proyecto relacionado con la biorremediación de suelos incluirá como marco teórico los siguientes temas: tipos y características de los contaminantes en el suelo; características y propiedades de los suelos; tecnologías de biorremediación (subtemas: estrategias tecnológicas y microorganismos empleados en biorremediación). A continuación, se presenta un ejemplo de este método [5], indicando los subtítulos de la vertebración de índices, siendo clave que los subtítulos estén directamente relacionados con la investigación y aporten a su entendimiento. Se debe tener en cuenta que el ejemplo a continuación está incompleto, porque el marco teórico lleva una descripción en cada uno de los índices. Puede verse uno más completo en el Anexo 4.2. Finalmente, debemos tener presente que el estado del arte se escribe usualmente mediante párrafos, sin usar la vertebración.

- 3. Marco teórico
 - 3.1 Terpenos
 - 3.1.1 Definición
 - 3.1.2 Clasificación
 - 3.1.3 Obtención y aplicaciones de los terpenos
 - 3.2 Aceite de trementina
 - 3.2.1 Propiedades físicas
 - 3.2.2 Obtención del aceite de trementina
 - 3.2.3 Composición
 - 3.2.4 Fuentes principales de la trementina
 - 3.2.5 Aplicaciones
 - 3.3 β -pineno
 - 3.3.1 Propiedades
 - 3.4 Reacción de Prins
 - 3.4.1 Características

3.4.2 Mecanismo y productos de reacción

3.5 Nopol

3.6 MCM-41

3.7 SiO₂ gel

3.8 Deposición química de vapor (CVD)

Hipótesis

Es la propuesta de solución al problema, la cual se verifica a través de la investigación aplicando el método científico. Como ejemplo, en el caso de la reducción de la accidentalidad vial en un cruce, se puede plantear la siguiente hipótesis de trabajo: la instalación de un semáforo y la capacitación a conductores y peatones reducirá la accidentalidad en el cruce. Para comprobar esta hipótesis, aunque no es un problema científico, se deben implementar las soluciones (instalar el semáforo y llevar a cabo las capacitaciones), posteriormente tomar datos de la accidentalidad y finalmente extraer conclusiones sobre si las soluciones planteadas fueron acertadas.

La hipótesis de trabajo también se puede formular en forma de una pregunta de investigación. Para este caso tenemos: ¿La instalación de un semáforo y la capacitación a conductores y peatones reducirá la accidentalidad en el cruce?

Las hipótesis de trabajo son suposiciones racionales y fundamentadas, realizadas a partir del estado del arte, que sirven para relacionar variables dependientes con independientes, las cuales son fundamentales para iniciar una investigación. Deben ser pertinentes, plausibles, simples, negables y verificables. Algunos ejemplos de hipótesis, son [6]:

La productividad en la síntesis de nopol a partir de beta-pineno y paraformaldehído está influenciada por el tipo de soporte y las condiciones de reacción: temperatura, tiempo, cantidad de catalizador y cantidad de solvente.

El soporte influye en la actividad catalítica de los materiales de Sn soportado por deposición química de vapor en la condensación de β-pineno y paraformaldehído mediante la reacción de Prins.

El paraformaldehído reacciona selectivamente con el β-pineno del aceite de trementina, produciéndose nopol.

La producción de nopol varía con la temperatura, el tiempo, la cantidad de catalizador y la cantidad del solvente usados en la reacción.

Objetivos

Los objetivos son los componentes de la estrategia que el investigador plantea para verificar la hipótesis de trabajo o solucionar el problema o la pregunta de investigación. Son la sección central de la propuesta y presentan usualmente dificultades en su formulación. Se enfocará

la atención en la construcción, cuando se trata de objetivos de investigación que dependen de una hipótesis. Sin embargo, en proyectos de otra índole, como prácticas sociales, de emprendimiento, empresariales, etc., podríamos hablar de objetivos metodológicos, cuya construcción es mejor a partir del árbol de problemas y de objetivos. Estos se relacionan con acciones generales que corresponden a hitos dentro del proyecto, que no provienen necesariamente de la formulación de una hipótesis. No significa esto que ese tipo de proyectos no puedan contener objetivos de investigación, considerando que el árbol de problemas también puede tener causas basadas en el pensamiento hipotético.

Se sugiere que un proyecto de investigación contenga al menos un 70% de objetivos específicos de investigación. La clasificación de los proyectos con TRL (Technology Readiness Levels: niveles de madurez tecnológica) de 1 a 9, que va desde investigación básica hasta la innovación [8], conduce a proyectos con cierto grado de objetivos de investigación y objetivos metodológicos. Los objetivos metodológicos no deben confundirse con una metodología resumida; más bien, apuntan a la solución de problema o generación de valor para los involucrados en el proyecto. Algunos ejemplos de su construcción se discutirán más adelante.

Construcción de objetivos de investigación

El objetivo general se relaciona con la hipótesis de trabajo. En la construcción de los objetivos específicos se pueden emplear hipótesis específicas; esta forma de trabajo no se aplica usualmente en la práctica, pero es recomendable para evitar que los objetivos se confundan con las actividades. Veamos un ejemplo partiendo de las hipótesis planteadas [6]:

Objetivo general

Determinar las condiciones de reacción con las cuales se obtenga nopol selectivamente mediante la reacción de Prins, partiendo de aceite de trementina como fuente de β -pineno.

Objetivos específicos

Sintetizar los catalizadores de SnCl_4 soportados sobre SiO_2 y MCM-41, por deposición química al vapor, y comparar bajo las mismas condiciones de reacción de los catalizadores, la actividad en la reacción de β -pineno puro y paraformaldehído para producir nopol, con el fin de seleccionar el catalizador más activo.

Evaluar la actividad del catalizador seleccionado anteriormente con el aceite de trementina como fuente de β -pineno.

Determinar la influencia de la temperatura, cantidad de tolueno, cantidad de catalizador y el tiempo de reacción en la producción de nopol.

En su construcción debe tenerse en cuenta que los objetivos específicos contribuyan al objetivo general, es decir, el logro de los objetivos específicos debe permitir alcanzar el

objetivo general. Los objetivos deben ser medibles y alcanzables y deben responder a la pregunta ¿qué se espera lograr?

En la redacción de los objetivos de investigación cuantitativa se suelen emplear verbos como evaluar, *desarrollar, diseñar, transformar, establecer, demostrar, relacionar, calcular, predecir, identificar, estimar, generar.*

La Tabla 4.1 contiene elementos adicionales para entender la estructuración de los objetivos basados en redacciones en casos reales. Se debe tener muy presente que esta forma es para proyectos de investigación. Otros proyectos, por ejemplo, de emprendimiento o de investigación y desarrollo, no necesariamente tienen esta estructura, que está basada en el pensamiento hipotético, sino que son objetivos más del hacer, y se denominan objetivos metodológicos. Aun así, independiente de la naturaleza del proyecto, los objetivos deben ser, como se mencionó, cuantificables y alcanzables. Nótese en la Tabla 4.1 que la primera columna está muy asociada a actividades, más que a una verificación experimental por hacer a partir de una hipótesis. Ahora hay más elementos para analizar los objetivos del ejemplo anterior y del Anexo 4.2.

Tabla 4.1 Ejemplos prácticos y recomendaciones al estructurar los objetivos de un proyecto de investigación.

Objetivo específico original	Objetivo sugerido
Caso 1	
Obtener CoMo soportado en sílica mesoporosa.	<p>Evaluar el efecto del método de adición y condiciones de síntesis en la obtención de CoMo soportado en sílica mesoporosa.</p> <p>Comentario: implícitamente está la hipótesis de que el método de adición y condiciones influyen en la obtención del material.</p>
Determinar las propiedades químicas, texturales y superficiales del catalizador de CoMo soportado en sílica mesoporosa.	<p>Determinar las propiedades texturales y superficiales del catalizador CoMo soportado en sílica mesoporosa y su relación con las propiedades químicas en la oxidación de metano.</p> <p>Comentario: acá está encadenado a lo discutido en el objetivo anterior. El objetivo sugerido tiene implícito que las propiedades químicas dependen de esas propiedades texturales y superficiales (hipótesis).</p>
Evaluar la actividad y selectividad del catalizador soportado en la reacción de oxidación de metano.	<p>Evaluar el efecto de las condiciones de reacción en la actividad y selectividad del catalizador de CoMo soportado en sílica mesoporosa para la oxidación de metano.</p> <p>Comentario: acá nuevamente todo encadenado, es suficientemente claro que la actividad del catalizador depende de las condiciones de reacción tales como temperatura, tiempo espacial, presión, relación de reactivos, etc. Eso normalmente debe evaluarse mediante diseño experimental.</p>
Otros casos	

Objetivo específico original	Objetivo sugerido
Encontrar una alternativa no contaminante a los tintes textiles convencionales basado en productos orgánicos biodegradables.	<p>Determinar el efecto de tintes convencionales basado en productos biodegradables, en la reducción de la contaminación generada por la industria textil.</p> <p>Comentario: está implícito en la versión propuesta que deben evaluarse varios tintes biodegradables y que, dependiendo de cada uno de ellos, será la reducción de la contaminación (hipótesis).</p>
Objetivo general: analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de desarrollar PLA a partir de fermentación de aguas residuales generadas por la extracción de almidón de yuca en Colombia	Comentario: no hay una relación entre objetivos específicos y general porque los objetivos específicos no abordan aspectos de la evaluación económica y ambiental. Se recomienda reducir el alcance del objetivo general en lo económico y ambiental, o agregar objetivos específicos que se relacionen con estos aspectos.

Se sugiere la lectura del texto *Estrategias para mejorar el estilo de escritura*, recopiladas por Pajares [9]. Además, en el documento de Minciencias *Tipología de proyectos* se describen diferentes aspectos de la formulación de una propuesta, como la diferenciación entre objetivos de investigación, de desarrollo o de innovación, y en la parte de objetivos se incluyen errores frecuentes a la hora de formular los objetivos específicos, siendo frecuente su confusión con actividades; en el texto se indica que “los objetivos específicos definen los aspectos, fases y/o etapas principales que se necesitan para alcanzar el objetivo general” [10].

Construcción de objetivos metodológicos

En secciones previas se ha abordado la construcción del árbol de objetivos y la metodología de marco lógico para la selección de alternativas de solución. A partir de allí se definen el objetivo general y los objetivos específicos metodológicos. Retomando el caso 2, en el Capítulo 2, se tienen los objetivos de la Tabla 4.2. Se puede verificar que ellos son cuantificables y alcanzables. Obedecen más a acciones. También se incluyó una columna para verificar si con el logro del objetivo se resuelve el problema (implícito al definir los objetivos del árbol de objetivos), o en su defecto se aporta valor a los involucrados. No se incluye en qué magnitud pero, si fuera así, daría mucho más significado a estas definiciones. Así, en los casos citados se debe considerar que no se está juzgando la validez del objetivo del proyecto presentado, pues algunos casos parecen actividades y quizás otros verbos o una redacción diferente podrían mejorar el tema. Lo importante en la evaluación actual de la última columna, es que generan una solución parcial o total al problema base o valor para los involucrados.

En síntesis, podríamos tener proyectos con objetivos de investigación y metodológicos. Este suele ser el enfoque de muchos proyectos de práctica empresarial en Ingeniería Química. Similar al ejercicio desarrollado para redactar correctamente los objetivos en un proyecto social, se puede evaluar la consistencia de los objetivos para proyectos de emprendimiento

en un plan de negocio. Algunos ejemplos se incluyen en la Tabla 4.2, teniendo en cuenta que se hicieron aproximaciones y modificaciones para ajustarlos al contenido de la tabla. En otras palabras, a excepción del primero y el último ejemplo, se hizo una construcción inversa de objetivos del proyecto para ilustrar la relación con los árboles de objetivos discutidos en más detalle en la sección 2. Como recomendación final, si hay variables que pueden soportar una hipótesis se debe redactar el objetivo de investigación, de lo contrario, los objetivos serían metodológicos y preferiblemente deben extraerse del árbol de objetivos. Estos pueden ser aplicables a proyectos de desarrollo o innovación, o también en términos de los objetivos para TRL. En la Tabla 4.2 el último ejemplo es para resolver un problema en una empresa.

Consideraciones finales del capítulo

La Fig. 4.3 ilustra que la realización de un proyecto hasta los objetivos no es lineal. Está orientada a proyectos de investigación, es decir, incluyen objetivos de investigación. Otros proyectos pueden valerse de los objetivos metodológicos y la ruta cambia. Como hechos relevantes, tenemos que el planteamiento del problema se hace a la par con el estado del arte, porque las referencias consultadas pueden alimentar el planteamiento del problema. Después de tener claro el estado del arte, se puede redactar el marco teórico y luego las hipótesis. La hipótesis general da lugar al objetivo general. Los objetivos específicos, en algunas ocasiones, alimentan el marco teórico, es decir, resultan términos, redacción inconclusa o falta de ideas en los objetivos, por lo que es necesario ampliar el nivel del conocimiento mediante el marco teórico.

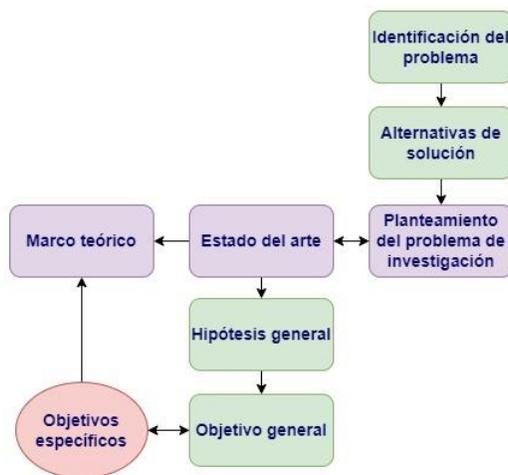


Figura 4.3 Flujograma de la construcción del proyecto hasta los objetivos específicos de investigación.

Tabla 4.2 Objetivos metodológicos.

Objetivo árbol de objetivos	Objetivos de proyecto social de innovación educativa [11]	Medible	Alcanzable	Valor*
El proceso de aprendizaje queda en un primer plano cuando se emplean metodologías de evaluación innovadoras.	Al finalizar el espacio de formación, el participante estará en capacidad de analizar su proceso de evaluación, el cual inicia con la planeación del curso y que debe considerar la promoción de las habilidades emocionales, el trabajo en equipo y las estrategias didácticas, como parte integral de su rol docente.	☑	☑	☑
Liderazgo para trabajo en equipo de los estudiantes	Promover las habilidades socio-emocionales para el trabajo en equipo por parte de los estudiantes.	☑	☑	☑
Conocimiento de nuevas estrategias de evaluación por parte del docente	Reconocer nuevas estrategias de evaluación por parte de los docentes.	☑	☑	☑
Planeación adecuada de los cursos por parte de los profesores	Brindar herramientas para la planeación integral de los cursos por parte de los docentes.	☑	☑	☑
Objetivo árbol de objetivos	Objetivos de plan de negocio [12]	Medible	Alcanzable	Valor*
Crecimiento de la empresa.	Desarrollar un estudio de la factibilidad en el oriente antioqueño para la creación de una nueva unidad de servicios, que permita determinar la viabilidad de su aplicación en los servicios de mantenimiento de frenos prestados por la empresa (General).	☑	☑	☑
Estudio de mercado actualizado.	Realizar el estudio de mercado por medio del cual se pueda alcanzar un diagnóstico en cuanto a la demanda, oferta, precios y comercialización de los servicios que se puedan ofrecer por la empresa.	☑	☑	☑
Estudios para nuevos productos.	Desarrollar un estudio técnico que permita detallar el proceso de prestación de servicios y costos asociados a ello.	☑	☑	☑
Análisis de la estructura actual de la empresa.	Analizar el sistema general de la prestación de servicios en mantenimiento de automotores, con el fin de conocer la estructura, tendencias y aspectos que caracterizan a los mismos.	☑	☑	☑
Estudios financieros actualizados.	Determinar la rentabilidad del proyecto realizando el estudio financiero necesario.	☑	☑	☑
Objetivo árbol de objetivos	Objetivos del proyecto de práctica empresarial [13]	Medible	Alcanzable	Valor*
Cumplimiento de la normativa vigente sobre residuos	Construir las matrices de compatibilidad química para el área de logística en la empresa (general).	☑	☑	☑
Matrices de compatibilidad química desactualizadas.	Actualizar las matrices de compatibilidad química de la empresa INVESA S.A.	☑	☑	☑

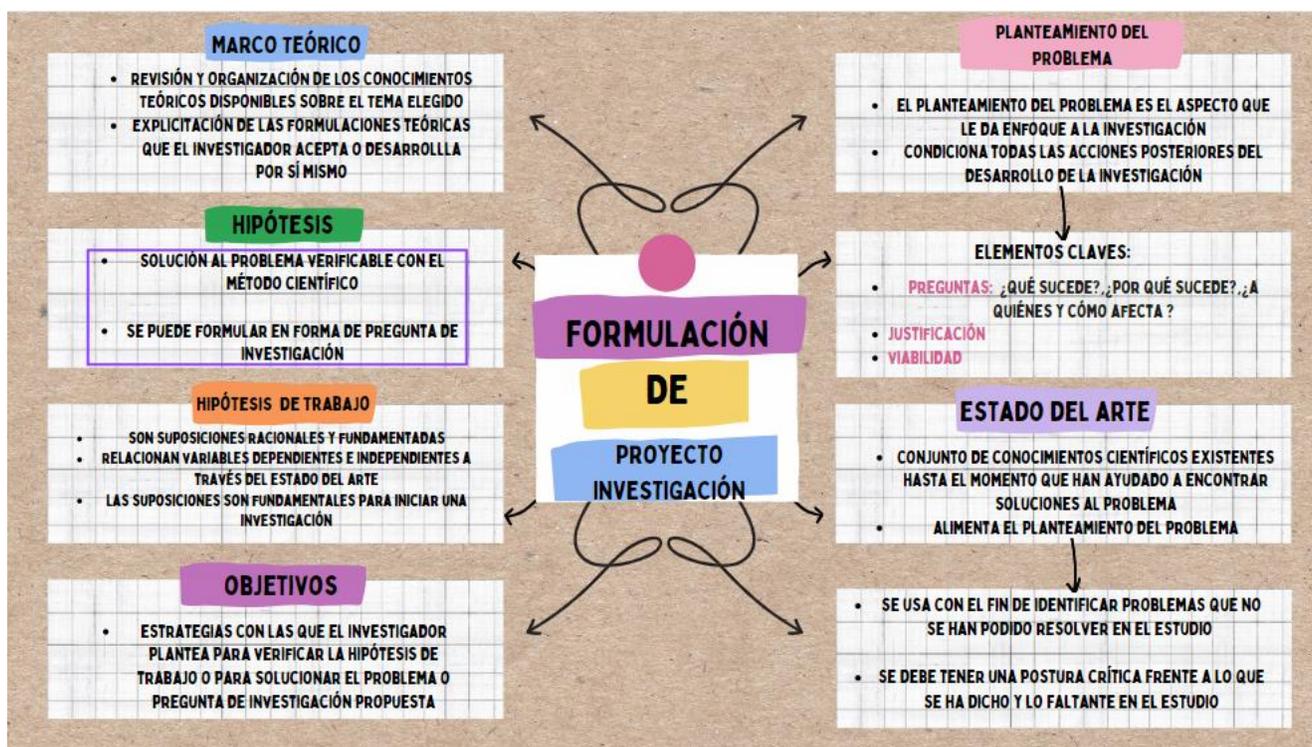
Capacitación del personal de logística.	Capacitar al personal de logística sobre el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Capacitación del personal de la planta sobre matrices de compatibilidad.	Capacitar al personal sobre el uso correcto y lectura de las matrices de compatibilidad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nuevas estrategias de verificación sobre cumplimiento de la normativa.	Evaluar cumplimiento de compatibilidad química y uso del SGA en todas las bodegas de logística, por medio de inspecciones denominadas Patrullas Logísticas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Objetivo árbol de objetivos	Objetivos práctica social [14]	Medible	Alcanzable	Valor*
Disminución de residuos en el restaurante escolar.	Identificar opciones de optimización del proceso de producción de alimentos y gestión de residuos, en el restaurante escolar de la institución educativa (General).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Proceso bien estructurado.	Describir el proceso de producción de alimentos y gestión de residuos (diagrama de flujo).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Alto conocimiento de la ingeniería de los procesos.	Analizar el proceso de producción de alimentos y gestión de residuos en el restaurante escolar, con base en los cálculos de balance de masa y la configuración planteada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Proceso optimizado.	Identificar opciones para optimizar el proceso de producción de alimentos y gestión de residuos orgánicos, y priorizarlas según el análisis sistemático realizado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Reducción de pérdidas de energía.	Conocer el consumo energético del proceso.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Objetivo árbol de objetivos	Objetivos de proyecto en problema de empresa**	Medible	Alcanzable	Valor*
Disminución de las quejas y reclamos hechas por los clientes.	Disminuir quejas y reclamos de los clientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Excelente servicio postventa.	Mejorar el servicio postventa a través de capacitaciones del personal y cambio de actitud de servicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mejoramiento de la calidad de los productos.	Aumentar la calidad de los productos.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Disminución de precios del producto	Disminuir precios del producto a través del aumento de la productividad y acuerdos con los proveedores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

*Resuelve el problema o, en su defecto, genera valor a los involucrados. **Se partió de los objetivos del árbol de objetivos, se usaron los medios directos e información de medios fundamentales en la construcción de los objetivos metodológicos específicos del proyecto, similar a metodología general ajustada (MGA).

Referencias

- [1] R. D. Gómez-Arias, *Manual de gestión de proyectos*. UdeA. 2009.
- [2] M. Tamayo, *El proceso de investigación científica*, 4th ed. Limusa, 2003.
- [3] C. R. Kothari, *Research methodology, methods and techniques*. New age international, 2004.
- [4] R. Ackoff. *The desing of social research*. Chicago, 1953.
- [5] R. Hernández-Sampieri, C. Fernández-Collado, and M. del P. Baptista-Lucio, *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill, 2010.
- [6] E. Alarcón, “Propuesta trabajo de grado «Síntesis de nopol a partir de aceite de trementina»,” Universidad de Antioquia, 2004.
- [7] O. L. Londoño-Palacio, L. F. Maldonado-Granados, and L. C. Calderón-Villafañez, *Guía para construir estados del arte*. Bogotá: International Corporation of Networks of Knowledge, ICONK, 2016.
- [8] Minciencias. Niveles de madurez tecnológica (TRL) y de manufactura (MRL). chrome-extension://efaidnbmnibpcjpcglclefindmkaj/https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_9_-_niveles_de_madurez_tecnologica_y_de_manufactura-_trl_y_mrl.pdf (accessed May 16, 2023).
- [9] F. Pajares. “Los elementos de una propuesta de investigación.” <https://www.uky.edu/~eushe2/Pajares/ElementsInSpanish.pdf> (accessed May 29, 2019).
- [10] Minciencias. "Tipología de proyectos". https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/documento_de_tipologia_de_proyecto_version_6.pdf (accessed march 23, 2022).
- [11] D. Betancur, E. Alarcón, J. Tobón. “MHENTI un espacio para pensar la evaluación Metodologías, Herramientas, Estrategias, Novedades, Técnicas e Instrumentos”. Vicerretoría de Docencia, Universidad de Antioquia, 2021.
- [12] S. Agudelo-Giraldo. “Plan de negocios para la creación de una nueva unidad de servicios para la empresa “Frenos LISANAT” en Rionegro Antioquia”. Informe de trabajo de empresarismo Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, 2020.
- [13] D. Fajardo-Gómez. “Construcción de matrices de compatibilidad química y capacitación del personal de la empresa INVESA S.A.”. Informe de práctica empresarial, Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, 2022.
- [14] M.C. Solorzano. “Uso de balances de materia y cálculo del consumo energético para identificar opciones de optimización en el proceso de producción de los alimentos y gestión de residuos, en el restaurante escolar de la institución educativa Antonio Derka Santo Domingo”. Informe de práctica social, Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, 2020.

Anexo 4.1 Resumen formulación proyecto de investigación parte I.



* Elaborado por Karina Andrea Vargas Moreno, Anteproyecto 2023-1.

Anexo 4.2 Proyecto de convocatoria interna
Convocatoria Programática CODI-2016. Área de Ciencias Exactas

"Síntesis de carbonato de glicerol con dióxido de carbono en presencia de alcoholes primarios"

Investigador principal y coinvestigadores

Edwin Alexis Alarcón Durango (IP)

Felipe Bustamante Londoño (Co-inv)

1. Línea de investigación en la que se desarrollará el proyecto: estrategias de mejoramiento energético y ambiental de procesos.

2. Planteamiento del problema

Las necesidades energéticas a nivel mundial y el eventual agotamiento de los combustibles fósiles, han impulsado la investigación, desarrollo e implementación de procesos para el aprovechamiento de recursos renovables y residuos en la producción de biocombustibles. Partiendo de la experiencia de países como Estados Unidos y Brasil, las políticas gubernamentales en Colombia también apuntan a minimizar la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar su calidad mediante el uso de aditivos. Colombia considera como mezclas de los combustibles el bioetanol y biodiesel al menos en un 5% [1]. Para ello se han realizado grandes inversiones para la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar y también se ha promovido la extracción de aceite de palma para obtener biodiesel.

Colombia sobresale como el quinto productor mundial de aceite de palma [2]. Según datos consolidados de la Federación Nacional de Biocombustibles, existen seis plantas productoras de biodiesel en el país con capacidad de generar alrededor de medio millón de toneladas anuales [1]. Sin embargo, se ha reportado la generación de 100 kg de glicerina por cada tonelada de biodiesel producido [1-3], lo cual se constituye en una problemática, pues se supera ampliamente la demanda de este producto, motivándose investigaciones paralelas hacia el aprovechamiento de esta sustancia.

Dentro de las posibilidades del glicerol como materia prima, el carbonato de glicerol es un producto con aplicaciones comerciales de interés, tales como precursor de solventes de baja

volatilidad y para la síntesis de polímeros [1-5]. Entre las diversas rutas para la síntesis del carbonato de glicerol, la transesterificación con glicerol de etilén (o propilén) carbonato o dimetil carbonato (DMC) han sido de interés industrial. Los rendimientos de 71% reportados recientemente en la producción de carbonato de glicerol mediante la reacción de dimetil carbonato con glicerol [4], resaltan la potencialidad de esta ruta sintética. Sin embargo, el uso de fosgeno es una seria desventaja en un análisis global de ciclo de vida para el carbonato de glicerol, puesto que es un compuesto de muy alta toxicidad, requiriéndose el tratamiento de los gases ácidos y de las sales cloradas generadas [6]. Por tanto, se han promovido investigaciones para reemplazar este proceso, destacándose como una buena alternativa la reacción entre urea y metanol [5,6].

De otra parte, dos completas revisiones publicadas recientemente sobre el tema [4,5], concluyen que la síntesis directa a partir de dióxido de carbono y glicerol es un proceso promisorio, de interés ecológico, que utiliza materias primas disponibles de bajo costo, pero que enfrenta el desafío de alcanzar mayores rendimientos que posibiliten su aplicación industrial. Así mismo, la síntesis directa de dimetil carbonato con dióxido de carbono y metanol, ofrece una ruta económica que aún requiere de optimización a nivel de laboratorio [6], puesto que, por las restricciones de equilibrio termodinámico y baja reactividad del CO₂, no se alcanzan altos rendimientos que la hagan competitiva frente a las demás opciones.

Este trabajo está orientado, entonces, hacia la producción de carbonato de glicerol usando materiales de bajo costo que, de otra forma, tendrían un fuerte impacto ambiental (glicerol y dióxido de carbono), con metanol o etanol como solventes, en presencia de catalizadores que estén en capacidad de generar *in situ* el dimetil carbonato como precursor para la transesterificación con glicerol. De esta forma se espera desplazar el equilibrio termodinámico de la síntesis de dimetil carbonato y generar una alternativa viable para la síntesis directa de carbonato de glicerol con CO₂.

3. Marco conceptual o estado del arte

3.1 Glicerol como materia prima

El glicerol es ampliamente usado en la industria farmacéutica, cosmética y de jabones, entre otras. Sin embargo, la creciente disponibilidad de esta sustancia, como subproducto de la transesterificación de ésteres de ácidos grasos con metanol en la producción de biodiesel, requiere la búsqueda y desarrollo de aplicaciones alternativas. Dos enfoques básicos se presentan para su valorización:

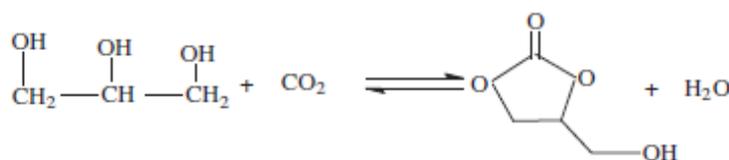
- i) Glicerol como vector energético: materia prima en procesos de combustión, o uso como fuente de hidrógeno [7] (mediante pirólisis, oxidación parcial, reformado de vapor, entre otros [8]). En ambos casos, aún deben implementarse procesos que sean más factibles económicamente [4].

ii) Glicerol como materia prima en la industria química: producción de compuestos como triacetil glicerol, éteres de glicerol, dihidroxiacetona, ácido glicérico, ácido pirúvico, 1,3-propanodiol, propilenglicol, glicerol carbonato, ácido láctico, epíclorhidrina, acroelina, entre otros [9,10], sobresaliendo por su importancia industrial 1,2-propanodiol, 1,3-propanodiol, epíclorhidrina y acrilonitrilo, que han sido producidos por la industria petroquímica tradicional, pero que encuentran en el glicerol un recurso de bajo costo que además permite el desarrollo de procesos ambientalmente más sostenibles [4].

Por otra parte, el carbonato de glicerol tiene un gran interés como material de partida versátil en la síntesis química [5], por ejemplo como precursor de la epíclorhidrina, de solventes de baja volatilidad y como fuente de materiales poliméricos. Una revisión más profunda de los potenciales de aplicaciones del carbonato de glicerol, se encuentra en los reportes de Yadav y Chandan [3] y Sonnati et al. [5].

3.2 Producción de carbonato de glicerol

Entre las diferentes rutas para la obtención de carbonato de glicerol, las más promisorias se enfocan en reacciones con materias primas de bajo costo, de fuentes renovables y ampliamente disponibles que contribuyan a la fijación química de CO₂ [5]. Desde este punto de vista, la carbonación (o carboxilación) de glicerol con dióxido de carbono, es la ruta de síntesis más directa, Ecuación 1. Esta reacción se ha estudiado con catalizadores basados en estaño, libre de solvente o usando metanol como solvente, obteniéndose rendimientos moderados debido a la desfavorable conversión de equilibrio (Tabla 1, ítems 1 y 2) [5].

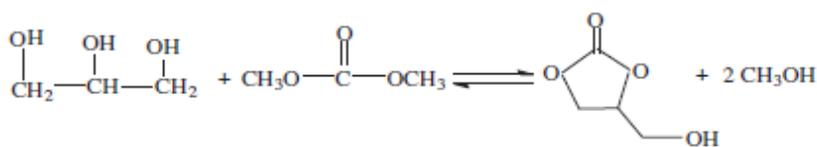


Ec. 1.

La transesterificación (también conocida como transcaponación) del glicerol con un dialquil carbonato, por ejemplo DMC, Ecuación 2, es otra ruta de síntesis del carbonato de glicerol [11]. Además, si el dialquil carbonato se obtiene directamente de alcohol y dióxido de carbono, se lograría también la fijación química del dióxido de carbono (Fig. 1). En la Tabla 1 se aprecia que la transesterificación del glicerol con dialquil carbonatos presenta rendimientos y condiciones de reacción mucho más favorables (ítems 3 a 14). Muy recientemente, Okoye y Hammed [11] resaltaron las ventajas de los catalizadores heterogéneos sobre sistemas homogéneos y con enzimas en la transesterificación de glicerol con dimetil carbonato. Sin embargo, existen desafíos importantes para reducir la formación de subproductos y la desactivación de los catalizadores, requiriendo la optimización de los parámetros de reacción. En particular, los autores hacen énfasis en la aplicación de catalizadores básicos como hidrotalcitas y óxido de calcio [11].

Tabla 1. Condiciones reportadas para la producción de carbonato de glicerol mediante carboxilación (CO_2) y transesterificación con dialquilcarbonatos (adaptado de la ref. [5]).

No	Solvente	Temp. (°C)	Presión (MPa)	Tiempo (h)	Rendimiento (%)	Catalizador	Proceso
1	Sin solvente	180	5	15	7	n-Bu ₂ Sn(OMe) ₂	CO ₂
2	Metanol	80	3.5	4	35	n-Bu ₂ SnO	CO ₂
3	Sin solvente	180	5	15	65	n-Bu ₂ Sn(OMe) ₂	DMC
4	Sin solvente	75	0.1	1.5	91	CaO	DMC
5	Sin solvente	120	0.1	6	92	Bromuro de tetra-n-butilamonio	DMC
6	Sin solvente	75	0.1	1.5	95	Mg/Al/Zr	DMC
7	Sin solvente	75	0.1	3	97	K ₂ CO ₃	DMC
8	Sin solvente	78	0.1	1	99	KF/hidroxiapatita	DMC
9	Benceno	100	0.1	1	75	Hidrotalcita Mg–Al sin calcinar	DMC
10	DMF	100	0.1	0.5	79	Hidrotalcita calcinada	DMC
11	DMF	60	0.1	2	95	CaO	DMC
12	Sin solvente	130	0.1	60	97	Material Mg/Al tipo hidrotalcita	DEC
13	Sin solvente	100	0.1	2	99	1,3-diclorodiestanoxanos	DEC
14	DMSO	nd	0.1	8	84	Hidrotalcita soportada en Al ₂ O ₃	DEC



Ec. 2

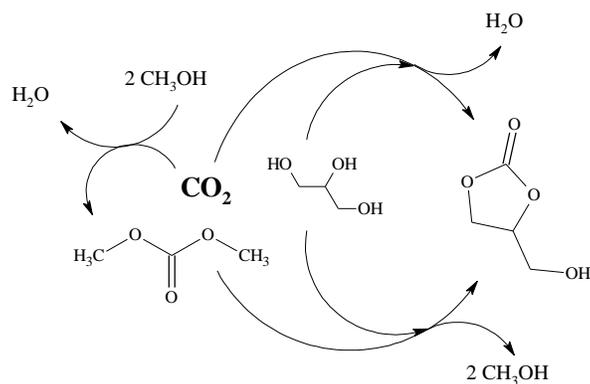
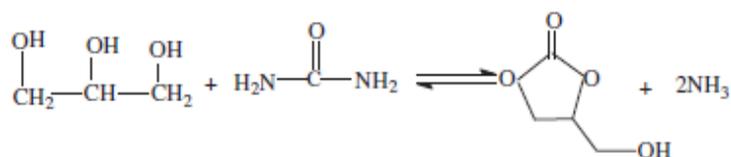


Figura 1. Rutas propuestas para la producción de carbonato de glicerol a partir de dióxido de carbono.

La producción de glicerol carbonato mediante la glicerólisis de urea, Ecuación 3, es un proceso emergente con un buen desempeño ambiental, ya que contribuiría a la fijación de CO₂ para la producción de la urea mediante la reacción con el amoníaco. Otras reacciones para la síntesis de carbonato de glicerol, incluyen la de glicerol con fosgeno, su transesterificación con etilén carbonato, la carbonilación oxidativa con monóxido de carbono y oxígeno, entre otras, que utilizan derivados del glicerol como reactivos [4,5]. Los rendimientos reportados en la metanólisis con urea no son tan altos como para la transesterificación del glicerol (54 y 90%, respectivamente, a las condiciones óptimas correspondientes). Los catalizadores usualmente empleados en estas reacciones han sido basados en zinc, y más eficientemente los basados en lantano [5,6].



Ec. 3

La factibilidad económica de producción de carbonato de glicerol a partir de la ruta de carboxilación directa con CO₂, ha sido comparada con el proceso de glicerólisis con urea [13]. Eventualmente, dados los rendimientos relativamente bajos para la carboxilación directa, la glicerólisis acoplada a la producción de biodiesel genera mayor rentabilidad a largo plazo. Esto podría cambiar si se obtuviera un proceso más eficiente a partir de la carboxilación directa. La síntesis directa con dióxido de carbono, además, es un proceso promisorio, de interés ecológico, que utiliza materias primas disponibles de bajo costo, el cual debe desarrollarse aún más para alcanzar mayores rendimientos que posibiliten su aplicación industrial [4,5].

Resumiendo los hallazgos anteriores, se ha destacado que uno de los procesos más interesantes para la síntesis de carbonato de glicerol es la síntesis directa con glicerol y CO₂. En efecto, aún con 32% de rendimiento en catalizadores de estaño, podría ser viable económicamente sobre la base de un precio constante del glicerol y 100% de selectividad [14]; no obstante, el proceso aún no resulta tan atractivo industrialmente por el relativo bajo rendimiento. De otra parte, los procesos con mayor potencial industrial parten de la síntesis indirecta, donde se obtienen derivados del CO₂ como dimetil carbonato para transesterificación en presencia de catalizadores básicos de CaO.

3.3 Síntesis de dialquil carbonatos

Los dialquil carbonatos se han producido comercialmente a partir de fosgeno, proceso que ha ido perdiendo terreno respecto a procesos de carbonilación oxidativa de metanol en fase

líquida o fase gaseosa [6]. Sin embargo, la reacción de CO₂ con un alcohol primario (metanol o etanol), Ecuación 4, puede producir en forma limpia el dialquil carbonato correspondiente (dimetil o dietil carbonato, respectivamente) a la par que contribuye a la fijación química del CO₂.



Ec. 4

Un número significativo de catalizadores han sido estudiados en la síntesis de DMC (o DEC) a partir de metanol (o etanol) y CO₂ [6]. Los primeros reportes de la síntesis de DMC se hicieron con catalizadores homogéneos basados en tetra-alcóxidos de Sn (IV) y Ti (IV) a finales de la década de 1970. La lista de materiales que se han evaluado desde entonces es extensa, incluyendo compuestos como Bu₂Sn(OMe)₂ y otros catalizadores a base de Estaño (n-R₂Sn(OMe)₂ (R = Me, Bu), n-butyl(alcoxi) estanos, etc.) Como resultado de la baja conversión de equilibrio, en todos los casos la reacción se llevó a cabo a presiones elevadas. En este sentido, se ha estudiado la alternativa de la remoción *in-situ* de agua del sistema de reacción, por ejemplo, llevando a cabo la reacción en presencia de agentes deshidratantes, tales como orto ésteres, acetales y adsorbentes hidrofílicos; sin embargo, estos materiales son de alto costo y su regeneración y reutilización es difícil. De otra parte, la reacción también se ha estudiado con catalizadores heterogéneos, tales como K₂CO₃, KOH, zirconia y zirconia modificada con óxido de cerio, ácido fosfórico o KCl. No obstante, al igual que en el caso de la síntesis en fase homogénea, altas presiones (por ejemplo, mayores a 4 MPa) son necesarias para mejorar la conversión de equilibrio. Algunos catalizadores que se han evaluado a presiones más moderadas (0.1–1.2 MPa) son los bimetálicos Ni-Cu (Cu–Ni/C, con C = grafito, MWCNTs, carbón activado, TEG, óxido de grafito o GNS; Cu-Ni/diatomita; Cu-Ni/malla molecular). En la Tabla 2 se resumen algunos de los sistemas catalíticos que mejor actividad han presentado, indicando las condiciones de operación.

Tabla 2. Sistemas catalíticos de interés en la producción de dimetilcarbonato a partir de CO₂ y metanol (adaptado de la ref. [15]).

Catalizador	Condiciones	Actividad*	Agente deshidratante
Bu ₂ Sn(OMe) ₂	100°C, 50 bar	TON: 0.98	Sin agente deshidratante
Bu ₂ Sn(OMe) ₂	180°C, 72 h, 300 bar	Y: 45%	Zeolita 3A
Bu ₂ Sn(OMe) ₂	180°C, 300 bar	Y: 45%	Acetal (2,2-dimetoxi propano)
Sn/SBA-15	183°C, 10 h, 200 bar	TON: 1.1	Sin agente deshidratante
ZrO ₂ + CeO ₂	110°C, relación MeOH:CO ₂ = 0.2:1	Y: 1.6%	Sin agente deshidratante

Catalizador	Condiciones	Actividad*	Agente deshidratante
ZrO ₂ + CeO ₂	130°C, 140 h, relación MeOH:CO ₂ = 0.99:1	Y: 4.3%	Acetal
Cu-Ni/AC	110°C, 12 bar	Y: 5.31%	Sin agente deshidratante
Cu-Ni/diatomita	120°C, 12 bar	Y: 5.93%	Sin agente deshidratante

*TON: de las siglas en inglés Turn over number; Y: Rendimiento a DMC basado en metanol.

Por otra parte, se ha reportado el uso de materiales de Sn en silicas mesoporosas como SBA-15 para la producción directa de dimetil carbonato [16,17]. Esta técnica permite estabilizar el complejo monomérico organometálico de estaño, alcanzándose mayor actividad respecto a procedimientos basados en catálisis homogénea. Así mismo, materiales basados en cerio o zirconio han recibido mucho interés recientemente para la síntesis directa de dimetil carbonato [18–20].

3.4 Consideraciones termodinámicas en la producción de carbonato de glicerol

En el esquema propuesto en la Fig. 1 para la obtención de carbonato de glicerol, es importante considerar la conversión de equilibrio químico en cada una de las etapas involucradas. En las Tablas 3 y 4 se resumen algunos resultados representativos [21,22]; para efectos de comparación, se incluyeron los datos para la glicerólisis con urea y transesterificación con etilén carbonato. Como puede observarse en la Tabla 3, la constante de equilibrio para la producción de carbonato de glicerol disminuye en el orden glicerólisis >> transcarbonación con DMC > transcarbonación con etilén carbonato >> carboxilación. En la obtención de dialquil carbonatos, de otra parte, la síntesis de dimetil carbonato es más favorable termodinámicamente (Tabla 4). Aunque los valores de las constantes de equilibrio en este caso son muy bajos, cabe esperarse que el DMC o DEC producidos en la reacción sean consumidos rápidamente en la reacción de transesterificación con glicerol, desplazándose el equilibrio hacia los productos y alcanzándose conversiones significativas.

Tabla 3. Constantes de equilibrio de las diferentes rutas de producción de carbonato de glicerol.

T (K)	Urea	Dimetil carbonato, DMC	CO ₂	Etilén carbonato
	@0.2 kPa	@0.1 MPa	@5 MPa (x10 ⁻³)	@0.1 MPa
298.15	51.6	2.34	3.27	1.981
313.15	575	2.607	2.723	1.704
333.15	9611	3.406	2.161	1.296
353.15	111000	4.205	1.769	0.917

Tabla 4. Constantes de equilibrio de la obtención de dialquil carbonatos a partir de CO₂ y alcoholes. Presión: 0.1 MPa.

T (K)	Dimetil carbonato (x10 ⁻⁶)	Dietil carbonato (x10 ⁻⁶)
323	85	--
353	10	0.189
373	2.5	0.142
423	0.8	0.0804
443	0.54	0.067
473	0.32	0.0529

3.5 Síntesis de glicerol carbonato a partir de glicerol y dialquil carbonatos preparados con CO₂ y alcoholes primarios

El uso de metanol como solvente juega un papel fundamental en la carboxilación directa de glicerol en fase homogénea con el catalizador dibutil óxido de estaño (Bu₂SnO) [23], pues forma un intermediario dimetoxi, que es particularmente eficiente en la formación del carbonato de glicerol. De hecho, estudios previos indican que este sistema es útil en la transesterificación de DMC con glicerol, pero a menor velocidad [24].

El metanol también se ha empleado como solvente en la reacción de transesterificación de DMC con glicerol, con un catalizador heterogéneo tipo hidrotalcita, buscando evitar, tanto la inmiscibilidad observada entre los dos reactivos, como las limitaciones por difusión [3]; sin embargo, no se estableció claramente el efecto del metanol en la reacción. Esto resalta la pertinencia y la necesidad de un mayor estudio de sistemas catalíticos para la producción de carbonato de glicerol, en presencia de solventes alcohólicos.

Por último, es interesante notar que los catalizadores del tipo Bu₂Sn(OMe)₂ o K₂CO₃ son activos, tanto para la transesterificación de DMC con glicerol, como para la síntesis directa de DMC a partir de CO₂ y metanol, lo cual apunta a su utilización en el sistema catalítico integrado.

3.6 Síntesis de catalizadores y carbonatos asistida por microondas

La tecnología de microondas se ha venido constituyendo en una alternativa valiosa para la síntesis de compuestos orgánicos, polímeros, materiales inorgánicos y nanomateriales [25]. Por ejemplo, la química asistida por microondas permite preparar catalizadores o nanomateriales y moléculas orgánicas con alta selectividad y rendimiento respecto al calentamiento convencional. Además, controlando los parámetros específicos del microondas (por ejemplo, temperatura y rampa de calentamiento) y, con la adecuada selección del solvente, es posible el diseño y desarrollo de materiales avanzados [25]. Recientemente Prakruthi et al. [26] reportaron el uso de microondas en la regeneración de

hidrotalcitas Zn-Al en la reacción de transesterificación de glicerol con dimetil carbonato, facilitando el proceso respecto a los procesos de calentamiento convencional.

Aunque la técnica de microondas se ha mostrado muy atractiva para la transformación de carbonato de glicerol a otros productos [27], son pocos los estudios enfocados en su utilización para la producción de DMC, DEC o glicerol carbonato. Por ejemplo, en el trabajo de Darman et al. (citado en [6]) se reportó un mayor rendimiento y selectividad en la transesterificación de etilén carbonato y metanol con líquidos iónicos asistida por microondas. Además, Chun et al. [28] reportaron un mejor rendimiento de la síntesis de DMC a partir de CO₂ y metanol usando calentamiento por microondas. Por lo tanto, es pertinente el estudio del uso de microondas en la producción de glicerol carbonato.

Aunque las ventajas del uso de la tecnología de calentamiento con microondas para la síntesis orgánica e inorgánica están bien comprobadas [25], su aplicación en la producción de carbonato de glicerol, ya sea en la síntesis de materiales catalíticos o durante la reacción de producción, es inexistente en la literatura. Por tanto, este campo sería novedoso y se espera que, frente al calentamiento convencional, los desempeños en la obtención del carbonato de glicerol sean mayores.

4. Objetivos

General

Evaluar la producción de carbonato de glicerol a partir de glicerol y dialquil carbonatos generados *in-situ* mediante la reacción de alcoholes primarios y CO₂, usando catalizadores heterogéneos.

Específicos

- Preparar, evaluar y caracterizar catalizadores para la síntesis de carbonato de glicerol a partir de glicerol y dimetil carbonato.
- Preparar, evaluar y caracterizar catalizadores para la síntesis de dialquil carbonatos a partir de alcoholes y CO₂.
- Modelar y simular el equilibrio químico y de fases del sistema, para estimar las mejores condiciones de reacción.
- Implementar un sistema de reacción que permita realizar las dos reacciones simultánea o secuencialmente.
- Evaluar el efecto del uso de microondas en las propiedades de los materiales catalíticos y extender su aplicación en las etapas de producción de carbonato de glicerol asistido por microondas.

5. Metodología

A continuación, se describen los aspectos metodológicos de cada actividad necesaria para desarrollar este proyecto.

1. Revisión bibliográfica

Durante la realización del proyecto, se revisarán los recursos disponibles en la Biblioteca Central y en fuentes de internet para acceder a bases de datos, proyectos de grado, libros, artículos, páginas web, en temas relacionados con la investigación.

2. Estandarización de los análisis cromatográficos

La identificación y cuantificación de los productos de reacción se realizará por cromatografía de gases con columna capilar y detectores de ionización de llama (FID) y espectrómetro de masas (MS), utilizando un estándar interno. La identificación de los compuestos se realizará con el detector de masas y se comprobará la identificación con los tiempos de retención de muestras puras disponibles en el mercado. Se usarán también métodos estandarizados en el Grupo de Catálisis Ambiental para reacciones de producción de carbonatos de etilo [29].

3. Síntesis de catalizadores heterogéneos

Los catalizadores que resultan potencialmente atractivos para la reacción de producción de carbonatos son los basados en estaño, zirconio y cerio. Adicionalmente, los catalizadores basados en hidrotalcitas y con propiedades básicas resultan importantes en ese tipo de reacciones. En los materiales de estaño se evaluarán materiales Sn-MCM-41 o Sn-SBA-15, según la experiencia previa del Grupo [30–32] que incluyen métodos post-síntesis como la impregnación húmeda incipiente, métodos de síntesis directa a temperatura ambiente o con tratamientos hidrotérmicos a temperaturas superiores a los 100 °C. Estos dos últimos se evaluarán en presencia de microondas en autoclaves diseñados para realizar el proceso (p.ej., en un equipo comercial marca Mars). La síntesis asistida por microondas es una técnica en desarrollo que puede traer ventajas, tanto en la preparación de los sistemas catalíticos heterogéneos, como en la actividad catalítica de los mismos. Muchos de los procesos de síntesis de catalizadores emplean condiciones hidrotérmicas a presión autógena, desde varias horas a días. La utilización de microondas puede reducir notablemente estos tiempos de cristalización. No obstante, se considerarán modificaciones propuestas en la síntesis de SBA-15 como soporte, que reducen los costos de preparación del soporte [33]. Por ejemplo, empleando el material mesoporoso KIT-6 [33], que se evaluará como una alternativa de menor costo respecto a los desarrollos previos en el Grupo.

Se prepararán hidrotalcitas dopadas con Sn (Sn-LDH) por intercambio, según procedimiento de la literatura [34]. No obstante, el Grupo ha trabajado particularmente en la síntesis de estos materiales por coprecipitación (resultados no publicados). Como una descripción de estos procedimientos, para obtener LDHs con aniones carbonato el nitrato de magnesio hexa-

hidratado (18 mmol), previamente disuelto en agua desionizada, se adiciona a una solución acuosa de nitrato de aluminio nona-hidratado (39 mmol); la solución obtenida se adiciona gota a gota a 100 mL de agua desionizada con 5 mmol de carbonato de sodio, el pH se controla con una solución de NaOH 3.4 M. En esta síntesis, es de particular interés evaluar el efecto de la relación Mg/Al y los tratamientos térmicos de los materiales para obtener catalizadores con propiedades diferentes en catálisis.

Finalmente, como otro material de interés se preparará óxido de estaño (SnO_2) por el método de precipitación con soluciones acuosas de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ como precursor, según la descripción de la literatura [35]. De forma alternativa y sujeto a la actividad de los catalizadores anteriores, se evaluará la factibilidad de emplear materiales basados en ceria y zirconia, que se pueden sintetizar según estudios previos del Grupo [36–38] o según reportes más recientes de la literatura [18,19,22].

4. Caracterización de catalizadores heterogéneos

Con el fin de evaluar el éxito en la síntesis de los materiales, y proponer las posibles especies activas para las reacciones de interés, los soportes y los materiales soportados se caracterizarán por DRX, absorción atómica, SEM, análisis BET, UV-vis y técnicas de temperatura programada, para comprobar la estructura del material, el contenido de metal, la morfología de los sólidos, el área superficial, el estado de los metales y la acidez de los sólidos, respectivamente.

5. Evaluación del desempeño de los sistemas catalíticos sintetizados

El trabajo de investigación evaluará la producción de carbonato de glicerol, usando como materias primas glicerol y dióxido de carbono, con metanol o etanol como solventes, y en presencia de catalizadores que estén en capacidad de generar *in situ* el dimetil carbonato como precursor para la transesterificación con glicerol. De esta forma, se espera desplazar el equilibrio termodinámico de la síntesis de dimetil carbonato y generar una alternativa viable para la síntesis directa de carbonato de glicerol con CO_2 .

Luego, es necesario mantener una revisión bibliográfica permanente acerca de los sistemas catalíticos heterogéneos que han sido útiles en las dos reacciones de interés que se desean acoplar: la reacción de metanol (o etanol) con CO_2 para obtener el dialquil carbonato, y la reacción de dialquil carbonato con glicerol, ambos en fase líquida. En concreto, es preciso determinar si alguno de los sistemas catalíticos reportados en los procesos independientes, comparte las propiedades necesarias para desempeñarse en el proceso tipo tándem de síntesis de carbonato de glicerol con CO_2 en presencia de solvente. Por otra parte, su utilización en las etapas de producción de carbonato de glicerol no es conocido.

6. Modelación del equilibrio químico y equilibrio de fases

Se modelará el equilibrio químico y de fases combinado para el sistema global, buscando las condiciones de operación que favorezcan la conversión del glicerol al carbonato de glicerol. En los cálculos, se usarán métodos basados en la minimización de la energía libre de Gibbs, mediante algoritmos propios desarrollados en Matlab. Se usarán datos disponibles en la literatura (ver Tablas 3 y 4). La información faltante para la modelación, se evaluará siguiendo métodos de contribución de grupos [39] y desarrollos previos del Grupo Catálisis Ambiental [40]. Para efectos comparativos, se utilizarán métodos disponibles en software comercial como ASPEN.

Impactos y resultados esperados

- Obtener nuevos materiales catalíticos basados en estaño con potenciales aplicaciones en otras reacciones.
- Establecer la viabilidad técnica de la producción de carbonato de glicerol a partir de glicerol, una sustancia que se produce actualmente en cantidades muy superiores a la demanda del país, y el CO₂, importante gas de efecto invernadero.
- Adecuar un montaje de reacción de la síntesis de catalizadores y ensayos de reacción de producción de carbonatos asistido por microondas, siendo novedosos en el estado del arte del tema.
- Contribuir a la formación de un estudiante de doctorado y al menos dos estudiantes de pregrado.
- Publicar dos artículos en revistas ISI o Scopus.
- Publicar un artículo en una revista no científica de circulación nacional.
- Fortalecer la línea de investigación del Grupo Catálisis Ambiental en Estrategias de mejoramiento energético y ambiental de procesos, proponiendo nuevos procesos el aprovechamiento de residuos agroindustriales.
- Participar al menos en un evento científico para presentar resultados del proyecto.
- Realizar al menos seis presentaciones en las reuniones del Grupo Catálisis Ambiental, para divulgar a la comunidad interesada los avances del proyecto y fundamentos teóricos de las áreas de la investigación.

Consideraciones éticas

En el proyecto no se realizarán investigaciones con seres vivos. En la elaboración de la propuesta de investigación y en la realización del proyecto se respetarán los derechos de autor. Los desechos que se generen de las diferentes etapas experimentales se tratarán de acuerdo con los protocolos establecidos en la SIU su eliminación.

Funciones del estudiante

El estudiante deberá apoyar las actividades que se requieran para alcanzar los objetivos del proyecto, a saber:

- Realizar revisión crítica y constante de literatura científica sobre temas relacionados con las áreas que se abarcan en el proyecto.
- Preparar catalizadores de Sn-MCM-41 (o Sn-SBA-15), SnO₂ y Sn-KIT-6, y analizar los resultados de caracterización.
- Preparar catalizadores alternativos como hidrotalcitas y modificaciones con estaño, u otros basados en ceria o zirconia, de acuerdo al desempeño de los otros sistemas.
- Usar la técnica de microondas en los procesos de síntesis de los catalizadores que requieren de tratamiento hidrotérmico.
- Evaluar la actividad de los catalizadores en un sistema de reacción Parr y sistema Mars para reacciones asistidas por microondas. La evaluación se realizará en las reacciones de carbonatación directa de metanol, etanol y glicerol, la transesterificación de glicerol con carbonatos de metilo o etilo, y el proceso acoplado de carbonatación directa de glicerol en presencia de metanol.
- Elaborar informes y borradores de artículos y trabajos a someter en eventos.
- Realizar seminarios en el Grupo en el que presente fundamentos teóricos y avances de su investigación.
- Asistir a las reuniones programadas con el asesor.
- Apoyar actividades adicionales que determine el asesor.

Describir activos de conocimiento que espera tener al final de la ejecución del proyecto.

- Procedimientos para la preparación de nuevos materiales catalíticos, tales como Sn-KIT-6, que no ha sido estudiado en Colombia.
- Se tendrá un nuevo accesorio del microondas marca Mars para efectuar reacciones a alta presión.
- Se fortalecerá la línea de investigación del Grupo Catálisis Ambiental en Estrategias de mejoramiento energético y ambiental de procesos.
- Artículos publicados como producto del proyecto.
- Resumen(es) o trabajo(s) completo(s) presentado en eventos científicos.
- Efecto de las condiciones de operación en la producción de carbonatos.
- Contribución del proyecto a la formación del estudiante de doctorado y los estudiantes de pregrado.
- Asistentes a las presentaciones que se realizarán sobre temas del proyecto.

Participantes

El proyecto se realizará en el Grupo Catálisis Ambiental de la Universidad de Antioquia. El grupo ha enmarcado en sus líneas de investigación la valorización de recursos renovables, ya sea biomasa o aceites esenciales. Ha trabajado en proyectos que permiten reducir impactos ambientales, mediante la captura de dióxido de carbono usándolo como reactivo en síntesis orgánica, por ejemplo, en la producción de dimetil y dietil carbonato. El Grupo tiene experiencia en la síntesis, caracterización y evaluación catalítica de catalizadores heterogéneos en diversas aplicaciones, y cuenta con la infraestructura apropiada para realizar reacciones en sistemas en fase líquida a alta presión y asistidos por microondas. Se detallan algunos resultados más específicos a continuación.

En el Grupo de Catálisis Ambiental se ha investigado la producción de dimetil (DMC) y dietil carbonato (DEC) a partir de CO_2 y metanol y etanol, respectivamente [41,42]. La reacción se ha estudiado en fase gaseosa a presiones y temperaturas moderadas (12 bar y 130°C , respectivamente), con catalizadores bimetalicos de Cu y Ni soportados en carbón activado. Puesto que la conversión de equilibrio es relativamente baja, el trabajo se ha direccionado hacia la intensificación de procesos, en primera instancia buscando la implementación de un reactor catalítico con membrana: con esta configuración puede desplazarse la reacción hacia el DMC o DEC mediante la remoción selectiva del agua producida desde el medio de reacción. En este sentido, se ha estimado la conversión de equilibrio de la reacción en fase gaseosa y la conversión esperada en presencia de la membrana [43]. Además, se han preparado y evaluado diferentes membranas selectivas al agua (zeolita A y sodalita) soportadas en acero inoxidable poroso [44]. Por último, el catalizador en polvo se ha peletizado, de forma que se pueda empacar un alto volumen de reactor con baja caída de presión. De otra parte, también se ha explorado la síntesis directa de DMC en presencia de agentes deshidratantes, específicamente con adsorbentes hidrofílicos (zeolita A) a condiciones moderadas de temperatura y presión [45], la cual es otra estrategia de intensificación de procesos.

Los resultados del trabajo han dado lugar las publicaciones [29,40]:

- Bustamante, Felipe; Orrego, Andrés F.; Villegas, Sebastián; Villa, Aída L. “Modeling of Chemical Equilibrium and Gas Phase Behavior for the Direct Synthesis of Dimethyl Carbonate from CO_2 and Methanol.” *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 51 (2012) 8945-8956.
- Arbelaez, Oscar; Orrego, Andrés; Bustamante, Felipe; Villa, Aída L. “Direct Synthesis of Diethyl Carbonate from CO_2 and $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ Over Cu-Ni/AC Catalyst.” *Topics in Catalysis*. 55 (2012) 668-672.

Cronograma

Actividad	Desde	Hasta
Búsqueda bibliográfica.	1	36
Selección de métodos de síntesis de catalizadores para evaluar.	1	2
Puesta a punto y validación del sistema de reacción.	6	18
Preparación, caracterización y evaluación de los catalizadores para la síntesis de carbonato de glicerol a partir de dialquil carbonatos y glicerol.	6	24
Preparación, caracterización y evaluación de los catalizadores para la síntesis de dialquil carbonatos a partir de alcoholes y CO ₂ .	6	18
Modelación termodinámica (equilibrio de fases y/o equilibrio químico) del sistema.	12	18
Elaboración de artículos y participación en eventos internacionales.	18	36
Elaboración del informe final.	32	36

Nota: el cronograma está especificado en meses.

Co-financiadores

El proyecto será financiado por el CODI con dinero fresco y en especie por parte de la misma universidad.

Presupuesto

El presupuesto general se incluye a continuación. El presupuesto detallado está en formato de Excel y no hace parte de este texto.

Rubros	FUENTES			
	CODI	ENTIDAD (ES) UDEA		TOTAL
		Rec. Fresco	Rec. Especie	
Personal	\$ 0	\$ 0	\$ 100 404 075	\$ 100 404 075
Joven Investigador U de A	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Joven Investigador Colciencias	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Pasajes, inscripciones y viáticos	\$ 2 000 000	\$ 0	\$ 0	\$ 2 000 000
Servicios técnicos	\$ 6 032 841	\$ 0	\$ 0	\$ 6 032 841
Equipos	\$ 42 000 000	\$ 0	\$ 59 000 000	\$ 101 000 000
Pago de matrícula estudiante de posgrado	\$ 36 205 253	\$ 0	\$ 0	\$ 36 205 253
Material fungible, insumos y reactivos	\$ 9 000 000	\$ 0	\$ 6 000 000	\$ 15 000 000
Telecomunicaciones	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Publicaciones	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0

Rubros	FUENTES			
	CODI	ENTIDAD (ES) UDEA		TOTAL
		Rec. Fresco	Rec. Especie	
Trabajo de campo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Bibliografía	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Software	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Trámite de patentamiento o licenciamiento	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Infraestructura	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Uso de espacios UdeA	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
SUBTOTAL	\$ 95 238 094	\$ 0	\$ 165 404 075	\$ 260 642 169
% de administración (hasta el 5%)	5.0%			5.0%
TOTAL	\$ 99 999 998	\$ 0	\$ 165 404 075	\$ 265 404 073

Referencias

- [1] Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, (n.d.). <http://www.fedebiocombustibles.com/> (accessed November 3, 2015).
- [2] Fedepalma, (n.d.). <http://web.fedepalma.org/> (accessed November 3, 2015).
- [3] G.D. Yadav, P.A. Chandan, A green process for glycerol valorization to glycerol carbonate over heterogeneous hydrotalcite catalyst, *Catal. Today*. 237 (2014) 47–53. doi:10.1016/j.cattod.2014.01.043.
- [4] C.H. Zhou, H. Zhao, D.S. Tong, L.M. Wu, W.H. Yu, Recent Advances in Catalytic Conversion of Glycerol, *Catal. Rev. Sci. Eng.* 55 (2013) 369–453. doi:10.1080/01614940.2013.816610.
- [5] M.O. Sonnati, S. Amigoni, E.P. Taffin de Givenchy, T. Darmanin, O. Choulet, F. Guittard, Glycerol carbonate as a versatile building block for tomorrow: synthesis, reactivity, properties and applications, *Green Chem.* 15 (2013) 283–306. doi:10.1039/C2GC36525A.
- [6] W. Peng, N. Zhao, F. Xiao, W. Wei, Y. Sun, Recent progress in phosgene-free methods for synthesis of dimethyl carbonate, *Pure Appl. Chem.* 84 (2011) 603–620. doi:10.1351/PAC-CON-11-06-02.
- [7] M. Gupta, N. Kumar, Scope and opportunities of using glycerol as an energy source, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16 (2012) 4551–4556. doi:10.1016/j.rser.2012.04.001.
- [8] Y. Lin, Catalytic valorization of glycerol to hydrogen and syngas, *Int. J. Hydrogen Energy*. (2013). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319912027498> (accessed November 3, 2015).
- [9] M. Aresta, A. Dibenedetto, F. Nocito, C. Ferragina, Valorization of bio-glycerol: New catalytic materials for the synthesis of glycerol carbonate via glycerolysis of urea, *J. Catal.* 268 (2009) 106–114. doi:10.1016/j.jcat.2009.09.008.
- [10] R.A. Sheldon, Green and sustainable manufacture of chemicals from biomass: state of the art, *Green Chem.* 16 (2014) 950–963. doi:10.1039/C3GC41935E.
- [11] P.U. Okoye, B.H. Hameed, Review on recent progress in catalytic carboxylation and acetylation of glycerol as a byproduct of biodiesel production, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 53 (2016) 558–574. doi:10.1016/j.rser.2015.08.064.
- [12] S. Nishimura, A. Takagaki, K. Ebitani, Characterization, synthesis and catalysis of hydrotalcite-related materials for highly efficient materials transformations, *Green Chem.* 15 (2013) 2026–2042. doi:10.1039/C3GC40405F.
- [13] N. Nguyen, Y. Demirel, Economic Analysis of Biodiesel and Glycerol Carbonate Production Plant by Glycerolysis, *J. Sustain. Bioenergy Syst.* 03 (2013) 209–216. doi:10.4236/jsbs.2013.33029.
- [14] J.R. Ochoa-Gómez, O. Gómez-Jiménez-Aberasturi, C. Ramírez-López, M. Belsué, A brief review on industrial alternatives for the manufacturing of glycerol carbonate, a green chemical, *Org. Process Res. Dev.* 16 (2012) 389–399. doi:10.1021/op200369v.
- [15] T. Sakakura, K. Kohno, The synthesis of organic carbonates from carbon dioxide., *Chem. Commun. (Camb)*. (2009) 1312–1330. doi:10.1039/b819997c.
- [16] D. Ballivet-Tkatchenko, F. Bernard, F. Demoisson, L. Plasseraud, S.R. Sanapureddy, Tin-Based Mesoporous Silica for the Conversion of CO(2) into Dimethyl Carbonate., *ChemSusChem*. 4 (2011) 1316–1322. doi:10.1002/cssc.201100034.
- [17] B. Fan, H. Li, W. Fan, J. Zhang, R. Li, Organotin compounds immobilized on mesoporous silicas

- as heterogeneous catalysts for direct synthesis of dimethyl carbonate from methanol and carbon dioxide, *Appl. Catal. A Gen.* 372 (2010) 94–102. doi:10.1016/j.apcata.2009.10.022.
- [18] P. Kumar, P. With, V.C. Srivastava, R. Gläser, I.M. Mishra, Conversion of carbon dioxide along with methanol to dimethyl carbonate over ceria catalyst, *J. Environ. Chem. Eng.* (2015). doi:10.1016/j.jece.2015.10.016.
- [19] B.A.V. Santos, C.S.M. Pereira, V.M.T.M. Silva, J.M. Loureiro, A.E. Rodrigues, Kinetic study for the direct synthesis of dimethyl carbonate from methanol and CO₂ over CeO₂ at high pressure conditions, *Appl. Catal. A Gen.* 455 (2013) 219–226. doi:10.1016/j.apcata.2013.02.003.
- [20] R. Saada, S. Kellici, T. Heil, D. Morgan, B. Saha, Greener synthesis of dimethyl carbonate using a novel ceria–zirconia oxide/graphene nanocomposite catalyst, *Appl. Catal. B Environ.* 168–169 (2015) 353–362. doi:10.1016/j.apcatb.2014.12.013.
- [21] J. Li, T. Wang, Chemical equilibrium of glycerol carbonate synthesis from glycerol, *J. Chem. Thermodyn.* 43 (2011) 731–736. doi:10.1016/j.jct.2010.12.013.
- [22] T.J.-P.M. V. Eta, P. Mäki-Arvela, D. Murzin, Y. Salmi, Activity of Zirconia and Other Metal Oxides in the Synthesis of Dimethyl Carbonate from Methanol and Carbon Dioxide, in: D.L. Marmaduke (Ed.), *Prog. Heterog. Catal.*, Nova Science Publishers, New York, 2008: pp. 135–155. https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=7822 (accessed November 3, 2015).
- [23] J. George, Y. Patel, S.M. Pillai, P. Munshi, Methanol assisted selective formation of 1,2-glycerol carbonate from glycerol and carbon dioxide using nBu₂SnO as a catalyst, *J. Mol. Catal. A Chem.* 304 (2009) 1–7. doi:10.1016/j.molcata.2009.01.010.
- [24] M. Aresta, A. Dibenedetto, F. Nocito, C. Pastore, A study on the carboxylation of glycerol to glycerol carbonate with carbon dioxide: The role of the catalyst, solvent and reaction conditions, *Atmos. Environ.* 41 (2007) 407–416. doi:10.1016/j.atmosenv.2006.07.033.
- [25] M.B. Gawande, S.N. Shelke, R. Zboril, R.S. Varma, Microwave-assisted chemistry: synthetic applications for rapid assembly of nanomaterials and organics., *Acc. Chem. Res.* 47 (2014) 1338–48. doi:10.1021/ar400309b.
- [26] H.R. Prakruthi, B.S. Jai Prakash, Y.S. Bhat, Microwave assisted synthesis of glycerol carbonate over LDH catalyst: Activity restoration through rehydration and reconstruction, *J. Mol. Catal. A Chem.* 408 (2015) 214–220. doi:10.1016/j.molcata.2015.07.036.
- [27] C.L. Bolívar-Díaz, V. Calvino-Casilda, F. Rubio-Marcos, J.F. Fernández, M. a. Bañares, New concepts for process intensification in the conversion of glycerol carbonate to glycidol, *Appl. Catal. B Environ.* 129 (2013) 575–579. doi:10.1016/j.apcatb.2012.10.004.
- [28] Y. Chun, Y.G. He, J.H. Zhu, Microwave-assisted synthesis of dimethyl carbonate, *React.Kinet.Catal.Lett.* 74 (2001) 23–27.
- [29] O. Arbeláez, A. Orrego, F. Bustamante, A.L. Villa, Direct Synthesis of Diethyl Carbonate from CO₂ and CH₃CH₂OH Over Cu–Ni/AC Catalyst, *Top. Catal.* 55 (2012) 668–672. doi:10.1007/s11244-012-9849-4.
- [30] E.A. Alarcón, A.L. Villa, C.M. de Correa, Characterization of Sn- and Zn-loaded MCM-41 catalysts for nopol synthesis, *Microporous Mesoporous Mater.* 122 (2009) 208–215. doi:10.1016/j.micromeso.2009.03.003.
- [31] L.F. Correa, E.A. Alarcón, A.L. Villa, Síntesis de nopol con Sn-SBA-15 y Sn-MCM-41, *Ing. Compet.* 14 (2012) 185–196.
- [32] E.A. Alarcón, L. Correa, C. Montes, A.L. Villa, Nopol production over Sn-MCM-41 synthesized

- by different procedures - Solvent effects, *Microporous Mesoporous Mater.* 136 (2010) 59–67. doi:10.1016/j.micromeso.2010.07.021.
- [33] C. Jo, K. Kim, R. Ryoo, Syntheses of high quality KIT-6 and SBA-15 mesoporous silicas using low-cost water glass, through rapid quenching of silicate structure in acidic solution, *Microporous Mesoporous Mater.* 124 (2009) 45–51. doi:10.1016/j.micromeso.2009.04.037.
- [34] U.R. Pillai, E. Sahle-Demessie, Sn-exchanged hydrotalcites as catalysts for clean and selective Baeyer-Villiger oxidation of ketones using hydrogen peroxide, *J. Mol. Catal. A Chem.* 191 (2003) 93–100. doi:10.1016/S1381-1169(02)00347-3.
- [35] J.D. Urresta, O. González, J.E. Rodríguez, Preparación y caracterización del óxido de estaño y su uso como catalizador en la reacción de epoxidación de esteres grasos insaturados Tin oxide preparation and characterization and use as a catalyst in the reaction of unsaturated fatty esters epoxidatio, *Ing. Y Compet.* 16 (2014) 49–59.
- [36] B.H. Aristizábal, C. Maya, C.M. de Correa, Ortho-dichlorobenzene oxidation over Pd/Co loaded sulfated zirconia and mordenite catalysts, *Appl. Catal. A Gen.* 335 (2008) 211–219. doi:10.1016/j.apcata.2007.11.026.
- [37] L.F. Córdoba, W.M.H. Sachtler, C. Montes de Correa, NO reduction by CH₄ over Pd/Co-sulfated zirconia catalysts, *Appl. Catal. B Environ.* 56 (2005) 269–277. doi:10.1016/j.apcatb.2004.09.012.
- [38] L.F. Córdoba, M. Flytzani-Stephanopoulos, C. Montes de Correa, Lean NO_x reduction with dodecane over cerium and palladium loaded mordenite, *Appl. Catal. B Environ.* 33 (2001) 25–33. doi:10.1016/S0926-3373(01)00154-0.
- [39] E.C. Carlson, Don't Gamble With Physical Properties, *Chem. Eng. Prog.* (1996) 35–46.
- [40] F. Bustamante, A.F. Orrego, S. Villegas, A.L. Villa, Modeling of Chemical Equilibrium and Gas Phase Behavior for the Direct Synthesis of Dimethyl Carbonate from CO₂ and Methanol, *Ind. Eng. Chem. Res.* 51 (2012) 8945–8956. doi:10.1021/ie300017r.
- [41] A. Orrego, Direct Synthesis of Dimethyl Carbonate from CO₂ and Methanol in gas-phase, Universidad de Antioquia, 2014.
- [42] O. Arbeláez, Síntesis directa de carbonato de dietilo a partir de dióxido de carbono y etanol utilizando un reactor catalítico de membrana, Universidad de Antioquia, 2015.
- [43] S. Villegas, Modelación y simulación de la síntesis directa de dimetil carbonato a partir de metanol y CO₂ con remoción in situ de agua mediante una membrana selectiva, Universidad de Antioquia, 2011.
- [44] C. Valderrama, Síntesis y caracterización de membranas hidrofílicas sobre soportes porosos para la obtención de aditivos oxigenantes para gasolina, Universidad de Antioquia, 2014.
- [45] I.E. Hernández, Effect of the water removal with molecular sieves in the yield of lineal carbonates produced from carbon dioxide and alcohols under mild conditions, Universidad de Antioquia, n.d.

Capítulo 5. Ética en la academia

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

Introducción

La ética en la investigación consiste en garantizar que las actividades de ciencia y tecnología “se realicen con honestidad, transparencia, rigor, justicia, veracidad, validez, confianza y, en general, conforme a los lineamientos éticos, bioéticos y de integridad científica” [1]. La Fig. 5.1 incluye los principales conceptos asociados a la ética, que se describen con detalle a continuación.

No es simple definir la ética, pues no existe un consenso al respecto. Se puede entender como la filosofía del comportamiento moral, es decir, es una parte de la filosofía que estudia las normas morales, su origen, desarrollo, naturaleza y las funciones que rigen la conducta de la persona en cualquier ámbito de la vida. Se afirma también que la ética es la ciencia específica de la conducta humana y la moral es su objeto [2]. La ética es entendida como aquella parte de la filosofía que se dedica a la reflexión sobre la moral [3].

Considerando la ética como la ciencia del comportamiento moral, conviene ahora definir el concepto de moral, la cual se entiende como una doctrina y conjunto de preceptos y principios referidos a la práctica de los valores que pretenden regular la conducta humana en la sociedad, en relación con el bien y el mal, y cuyo fin es lograr la felicidad humana como fin supremo del hombre. Esta definición implica el concepto de valores, que también debemos precisar.

Los valores se entienden como principios, virtudes o cualidades que dependen de la conciencia del hombre y la sociedad y, por tanto, varían con el tiempo y el lugar. Sus características [4] son: i) *Polaridad*: hace referencia a la manifestación del valor en positivo o negativo, es decir, que todo valor tiene su correspondiente antivalor (bueno-malo, justo-injusto, sabiduría-ignorancia, responsabilidad-irresponsabilidad, etc.); ii) *Gradación*: da cuenta del grado de intensidad o fuerza con que se presentan los valores, ya sea que se dirijan a lo positivo o a lo negativo; iii) *Jerarquía*: es la característica por la cual los valores se ordenan según su importancia, es decir, hay valores superiores e inferiores. La jerarquía de valores es una motivación permanente para la acción creadora y depende de la estimación que se tenga de ellos. Escalas de valores han sido propuestas por diversos filósofos, entre quienes se destacan el filósofo alemán Max Scheler y el filósofo español José Ortega y

Gasset. En la tabla 5.1 se presenta la clasificación de Ortega. iv) *Dependencia*: indica que los valores no existen por sí mismos, sino que necesitan un ser, un objeto o una situación a la cual referirse.



Figura 5.1 Resumen de la ética en la academia.

No debe confundirse la jerarquía de valores de Scheler u Ortega con la jerarquía de necesidades de Maslow que, en orden ascendente, corresponden a las necesidades fisiológicas, de seguridad, sociales, de autoestima y de autorrealización.

Tabla 5.1. Jerarquía de valores [4].

Espirituales		Orgánicos	
Intelectuales/Morales	Estéticos	Económicos	Vitales
Verdadero-Falso	Bello-Feo	Caro-Barato	Sano-Enfermo
Posible-Imposible	Sublime-Ridículo	Rico-Pobre	Fuerte-Débil
Lógico-Ilógico	Gracioso-Rudo	Abundante-Escaso	Enérgico-Agotado
Bueno-Malo	Armonioso-Desproporcionado	Útil-Inútil	Placentero-Repugnante
Justicia-Injusticia		Capaz-Incapaz	
Altruismo-Egoísmo			
Leal-Desleal			

El estudio de la ética en la investigación debe partir de unos presupuestos que permitan inscribir a la ética dentro de ellos [5]:

- 1) El ser humano es consciente de su excepcional capacidad para reflexionar sobre su propia existencia y su entorno, así como para percibir la injusticia, evitar el peligro, asumir responsabilidades, buscar la cooperación y dar muestras de un sentido moral que dé expresión a principios éticos.
- 2) El ser humano es consciente de los rápidos adelantos de la ciencia y la tecnología, que afectan cada vez más a nuestra concepción de la vida y a la vida propiamente dicha, y que han traído consigo una fuerte demanda para que se dé una respuesta universal a los problemas éticos que plantean esos adelantos.
- 3) El ser humano reconoce que los problemas éticos deben examinarse teniendo en cuenta no sólo el respeto debido a la dignidad de la persona humana, sino también el respeto y la observancia de los derechos humanos y las libertades fundamentales.

La declaración Universal de los Derechos Humanos, proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en París, el 10 de diciembre de 1948, es donde confluyen los valores más altos alcanzados por la humanidad. En ellos se recogen los derechos humanos fundamentales que deben protegerse en el mundo entero, como un ideal común para todos los pueblos y naciones. Son 30 artículos, y en su artículo primero señala que “Todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos y, dotados como están de razón y conciencia, deben comportarse fraternalmente los unos con los otros” [6]. El investigador, así como todo ciudadano, debe conocer y exhibir en su comportamiento estos valores, consagrados como derechos en esta declaración.

El fraude en la formación universitaria

El fraude estudiantil recoge un grupo de conductas inapropiadas por parte de los estudiantes, cometidas de forma consciente para usar ayudas o información prohibida en un examen o en un trabajo escrito [7]. También se ha definido como la deshonestidad académica, que le da a un estudiante una ventaja no ganada o merecida. El reglamento estudiantil de la Universidad de Antioquia, en su artículo 240, señala el fraude en la actividad evaluativa como la acción de “copiar o tratar de copiar en cualquier actividad evaluativa, a un compañero, usar o tratar de usar información sin autorización del profesor, o facilitar, en cualquier forma, que otros lo hagan” [8].

Un reciente estudio realizado en cuatro universidades colombianas [7] con 3300 estudiantes, encontró que más del 90% de los estudiantes encuestados admitieron haber cometido algún tipo de fraude en su vida universitaria. Otro estudio realizado con 6000 estudiantes de 15 universidades públicas y privadas de Antioquia (en el marco del programa de la gobernación de Antioquia “Antioquia Legal” en 2013) [9] encontró que 75 de cada 100 alumnos reconocieron que han cometido alguna trampa académica. Copiar o dejar copiar en un examen, bajar trabajos de internet y presentarlos como propios, incluir a compañeros en trabajos en los cuales no han aportado en su elaboración, o firmar una lista de asistencia a nombre de un compañero, son algunas de las más frecuentes.

De otro lado, considerando el tema del presente capítulo, relacionado con la ética en la investigación, a continuación, se expondrán los principales aspectos que se han identificado como conductas inapropiadas en el ámbito de la investigación.

El fraude en la investigación científica

La investigación se puede definir como una actividad encaminada a la solución de problemas y a la búsqueda del conocimiento. “Su objetivo consiste en hallar respuestas a las preguntas mediante el empleo del método científico. En esta búsqueda, el hombre es un factor importante, porque es quien realiza el proceso de la investigación y por tanto su conducta va a ser determinante” [10]. La Fig. 5.2 resume los principales aspectos que se describen con detalle a continuación.

Dentro de las recomendaciones generales para la conducta ética en la investigación científica, no se deben realizar investigaciones que puedan poner en riesgo a las personas, violar las normas del libre consentimiento informado, convertir los recursos públicos en ganancias privadas, dañar el ambiente, realizar investigaciones sesgadas [11].

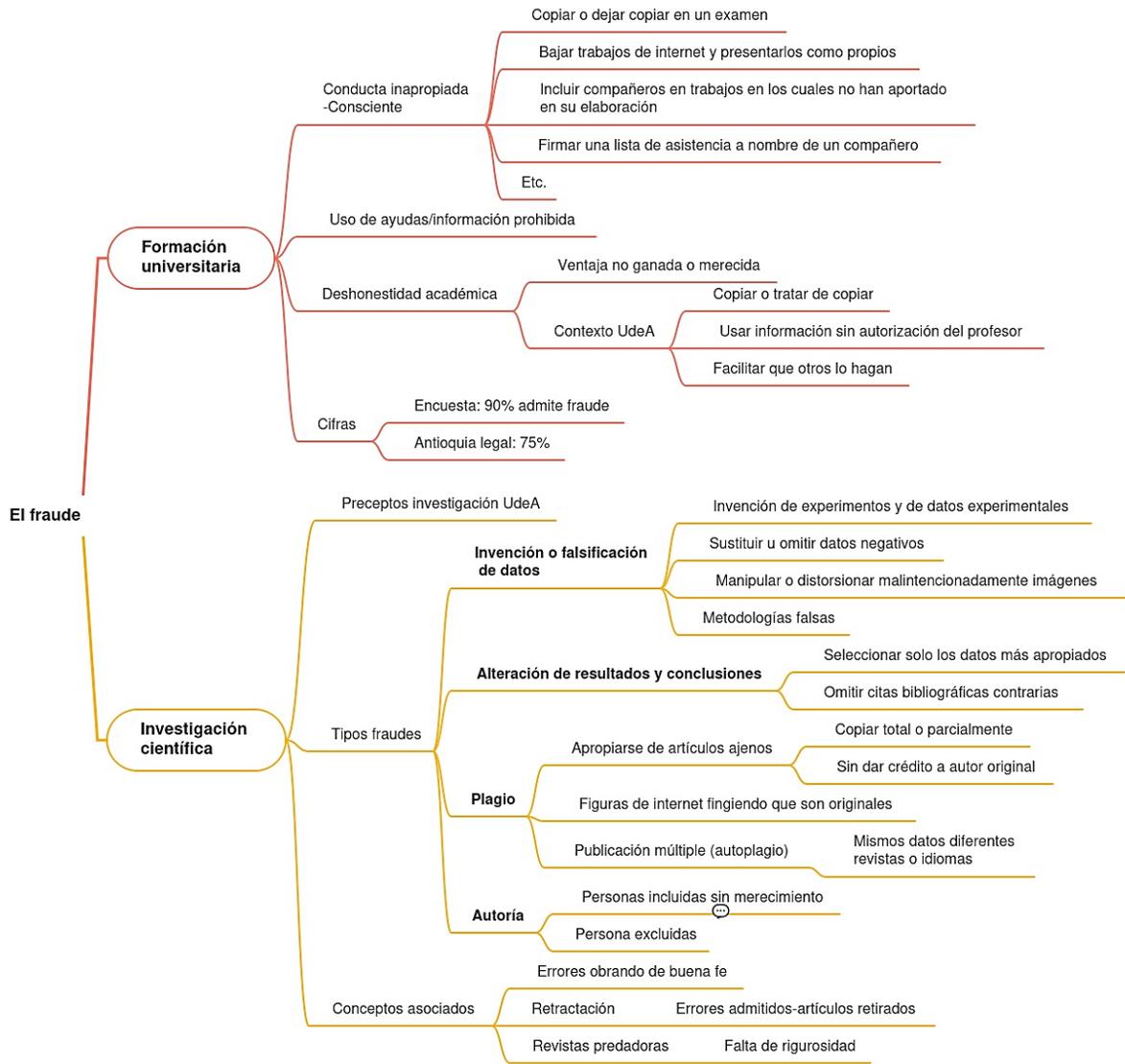


Figura 5.2. Descripción del fraude académico e investigativo.

El Código de Nüremberg fue publicado el 20 de agosto de 1947, como producto del juicio llevado a cabo en la ciudad de Nüremberg por un tribunal internacional, en el que, junto con la jerarquía nazi, resultaron condenados varios médicos por participar en investigaciones que indignaron a la humanidad. Este código, donde quedaron expresadas 10 normas básicas, es tomado como referente por la comunidad internacional para orientar la realización de experimentos médicos en humanos [12]:

1. El consentimiento del sujeto es esencial.

2. El experimento debe ser tal, que conduzca a resultados positivos para el bien de la sociedad, imposible de llevarse a cabo por otros métodos o medios de estudio que sean por naturaleza improvisados o innecesarios.
3. El experimento debe realizarse y basarse en los resultados de la experimentación animal y el conocimiento de la historia natural de la enfermedad o de otra en estudio, que permita anticipar los resultados y, por tanto, justificar la realización del mismo.
4. El experimento debe ser conducido de tal manera que evite toda lesión o sufrimiento mental o físico innecesario.
5. No debe realizarse un experimento cuando haya razones *a priori* para pensar en la posibilidad de lesiones mentales, o que incapaciten al sujeto, excepto quizá en aquellos donde los médicos e investigadores también sirven como sujetos de experimentación.
6. El grado de riesgo de un experimento nunca debe exceder a la importancia de lo que pretende demostrarse.
7. Se deben tomar todas las precauciones para proteger a los sujetos de experimentación, aun contra la más remota posibilidad de lesión, incapacidad o muerte.
8. El experimento sólo debe realizarse por personas altamente capacitadas. Se debe exigir siempre el mayor grado de habilidad y de cuidado a todas las personas que conducen o participan en todas las fases del mismo.
9. Durante el desarrollo del experimento, el sujeto podrá pedir que se suspenda, si se siente afectado mental o físicamente para continuarlo.
10. Durante el desarrollo del experimento, los científicos encargados deben estar dispuestos a darlo por terminado en cualquier momento, si consideran, en el ejercicio de su buena fe, de su gran preparación y de su juicio sereno, virtudes en ellos muy esperadas, que la continuación del mismo puede, muy posiblemente, resultar en lesión, incapacidad o muerte del sujeto en experimentación.

El gobierno de Colombia, a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, cuenta con una política pública de ética, bioética e integridad científica para Colombia donde se presentan lineamientos mínimos que orientan a todos los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI) para generar, transferir y aplicar conocimiento pertinente para el país [1]. De otro lado, en Colombia, la investigación en salud se rige por normas como la [Resolución 008430](#) de 1993, del Ministerio de Salud; la [Resolución 002378](#) de 2008, del Ministerio de la Protección Social; y la [Ley 1374 de 2010](#).

La Universidad de Antioquia cuenta con un referente ético donde se presentan los valores que orientan a los estudiantes, profesores y servidores públicos administrativos en sus actuaciones, con el fin de fortalecer la convivencia universitaria: justicia, equidad, libertad, responsabilidad, transparencia, tolerancia, confianza, respeto, solidaridad, lealtad (Resolución Rectoral 23477 del 13 de noviembre de 2014).

Así mismo, la Universidad de Antioquia cuenta con un código de ética en investigación en donde se señala que todo miembro de la Universidad que participe en la generación de nuevos conocimientos se compromete a seguir los 10 preceptos señalados en el código, a saber [13]:

1. Desarrollar actividades investigativas que respeten y protejan la biosfera y la biodiversidad con criterios de pertinencia y validez científica.
2. Respetar los derechos humanos y el valor de los demás seres vivos.
3. Considerar el marco ético-jurídico –institucional, local, nacional e internacional – para la toma de decisiones en la investigación; incluyendo acuerdos, convenios y términos de referencia.
4. Respetar la propiedad intelectual con el debido reconocimiento según las contribuciones de los actores que llevan a cabo la investigación; verbigracia, coinvestigadores, estudiantes, técnicos y personal auxiliar.
5. Referenciar correctamente el trabajo de otras personas, entidades u organizaciones. El investigador se compromete a no plagiar, copiar o usurpar otras investigaciones y publicaciones.
6. Gestionar el proceso investigativo -desde el protocolo hasta la obtención de los datos y los resultados- como la evaluación ético–científica, con responsabilidad, seguridad, transparencia y veracidad.
7. Difundir los hallazgos de la investigación de manera abierta, completa, oportuna y razonable a la comunidad científica y a la sociedad en general, sin perjuicio de observar la debida reserva frente a información confidencial.
8. Cumplir a cabalidad su papel en la investigación sin abrogarse logros que no se correspondan con las responsabilidades asumidas, ni incurrir en prácticas de suplantación o encubrimiento con el fin de obtener un beneficio para sí o para un tercero.
9. Contar con el aval de uno o más comités de ética y de las autoridades competentes antes de iniciar las investigaciones, acogiendo el protocolo de seguimiento.
10. Administrar, destinar y usar con responsabilidad, moralidad, transparencia, racionalidad y eficiencia, recursos como: instalaciones, equipos de laboratorio, materiales e insumos.

A pesar de la existencia de códigos de ética institucionales, nacionales e internacionales, se ha evidenciado a nivel internacional la existencia de prácticas inadecuadas o fraudes en el ejercicio de la investigación científica. Por fraude entendemos toda “acción contraria a la verdad y a la rectitud, que perjudica a la persona contra quien se comete”, tal como lo define el Diccionario de la Lengua Española.

A continuación, se enuncian los principales tipos de fraudes detectados en las prácticas científicas [14,15]:

1. Invención o falsificación de datos: incluye la invención de experimentos y de datos experimentales, sustituir u omitir datos negativos, incluyendo efectos secundarios, manipular o distorsionar malintencionadamente imágenes (gráficas, fotografías, etc.), describir metodologías falsas.
2. Alteración de resultados y conclusiones: seleccionar solo los datos más apropiados, eliminar datos, sesgar la selección de pruebas estadísticas, omitir citas bibliográficas contrarias a la posición del autor, interpretar los datos a conveniencia.
3. Plagio: apropiarse de artículos ajenos; copiar total o parcialmente experimentos, datos o imágenes; copiar conclusiones, ideas o partes de artículos sin dar crédito al autor original; utilizar imágenes o figuras de otros autores, incluso obtenidas de internet, fingiendo que son originales; publicación múltiple (auto plagio), que consiste en publicar los mismos datos en diferentes revistas y a veces en diferentes idiomas.
4. Autoría: autores fantasmas, personas que no cumplen los criterios para figurar como autores, pero que son incluidos como tales, como personas que ocupan cargos de jefaturas y que presionan para que sean incluidos como coautores, o aquellos que, por ser investigadores reconocidos, son invitados a participar como coautores, por considerar que así se facilita la aceptación de los artículos. El caso contrario de fraudes por autoría consiste en excluir a personas que deberían figurar como coautores.

Sin embargo, hay que considerar que las equivocaciones y malinterpretaciones en la presentación de resultados son frecuentes, y en un número importante de estos casos se trata de errores cometidos de buena fe, puesto que las personas que hacen Ciencia (es decir, ¡que generan nuevos conocimientos!) nunca estarán exentos de error, bien sea por falta de conocimientos o por descuido en el tratamiento o análisis de los datos. Esto explica por qué es cada vez más común que en las investigaciones se incluya a expertos, por ejemplo, en estadística, y que los informes de investigación sean revisados por muchos antes de ser publicados (los integrantes del equipo de investigación; expertos a quienes se les pide leer el informe antes de someterlo a una revista; el editor, los árbitros, el corrector de estilo de la revista). Incluso después de publicado el informe, usualmente son los lectores quienes reportan a los autores o a los editores las inconsistencias que detectan.

Los casos de fraude y de errores admitidos por los autores, generan que los artículos aceptados en revistas científicas sean retirados de las mismas, hecho que se denomina *retractación*. En la Tabla 5.2 se presentan los resultados del análisis de 1373 artículos de libre acceso retractados entre 1959 y 2015, indicando los motivos de las retractaciones [16].

Con el fin de evitar el uso de artículos retractados cuando se realiza una revisión bibliográfica, se han desarrollado plataformas web que permiten identificar este tipo de artículos. Algunos de ellos son:

- 1) The Retraction Watch Database: <http://retractiondatabase.org/RetractionSearch.aspx>
- 2) U.S. National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

3) Citations for intelligent research: <https://scite.ai/>

Tabla 5.2. Porcentaje y categoría de retractación en artículos científicos [16].

Categoría de la retractación	%
Error admitido	32.8
Plagio o autoplagio	23.7
Falsificación o fabricación	20.0
Influencia de los autores sobre los revisores	2.8
Fallas bioéticas	2.3
Autoría ficticia	1.6
Conflicto entre autores	1.2
Error de los editores	1.1
Indeterminadas	14.5
Total	100

Finalmente, es importante mencionar también la creciente práctica de las denominadas *predatory journals* que, por medio de estrategias de marketing, invitan y engañan a los investigadores para que publiquen en sus revistas, las cuales no tienen procedimientos rigurosos de revisión por pares, causando un perjuicio a los investigadores, ya que los artículos publicados no cumplen con los criterios de confiabilidad necesarios para ser considerados publicaciones científicas. Algunas prácticas que utilizan estas *predatory journals* [17] son:

- Cobran cifras elevadas por publicar un artículo.
- Carecen de revisión por pares o supervisión editorial.
- Notifican la necesidad de pago al autor únicamente tras la aceptación del manuscrito.
- Se dirigen a investigadores a través de *mailings* masivos tipo *spam*, en un intento de que publiquen trabajos o actúen como miembros de comités editoriales.
- Aceptan muy rápidamente manuscritos de baja calidad, incluyendo manuscritos falsos o fraudulentos.
- Incluyen a investigadores en listas como miembros de comités editoriales sin su permiso o no les permiten renunciar a ello.
- Utilizan investigadores falsos como miembros de comités editoriales o como autores.
- Simulan el diseño visual y el lenguaje de *marketing* de las páginas web de las revistas lícitas.
- Usan inadecuada o fraudulentamente el ISSN.
- Proporcionan información falsa respecto a la ubicación operativa de la publicación.
- Presentan factores de impacto falsos, inexistentes o falsificados.

Efecto de las IA para la educación, paradoja ¿potenciadoras o limitantes?

Finalmente, ante la liberación de sistemas de chat operados por inteligencias artificiales (IA), por ejemplo, ChatGPT o perplexity IA, entre otros, y el fenómeno de masificación del uso de este tipo de IA entre 2022 y 2023, es pertinente reflexionar sobre la paradoja que se presenta sobre su uso como potenciadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje o como limitantes del mismo [18],[19],[20].

Cuando no se hace un buen uso de las IA, nos enfrentamos a un dilema ético profundamente preocupante. Por un lado, la automatización y la personalización impulsadas por la IA pueden mejorar la calidad de la educación al adaptar los contenidos y métodos de enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes. Sin embargo, esto también plantea preocupaciones sobre la privacidad de los estudiantes, ya que la recopilación masiva de datos puede vulnerar su intimidad [21].

Además, la dependencia excesiva de la tecnología en el aula puede marginar a aquellos que no tienen acceso o habilidades para utilizarla, ampliando las brechas educativas. A nivel individual la dependencia excesiva puede derivar en el deterioro de los procesos cognitivos y de aprendizaje [22], [23]. Para abordar este dilema, es esencial establecer políticas y prácticas educativas que protejan la privacidad de los estudiantes, que garanticen la equidad en el acceso a la educación digital y que promuevan una cultura del aprendizaje.

Por otra parte, la IA en la educación ofrece una oportunidad de desarrollo y potenciación humana, puede ayudar a los docentes a identificar las fortalezas y debilidades de cada estudiante de manera más precisa, permitiendo una enseñanza más personalizada y efectiva. Además, puede facilitar el aprendizaje en línea y el acceso a la educación en lugares remotos o desfavorecidos [21].

Cuando se implementa de manera ética y con un compromiso firme de mejorar la calidad de la educación, la IA puede empoderar a los estudiantes y educadores, ampliando las fronteras del conocimiento y preparando a las futuras generaciones para un mundo cada vez más digitalizado, reconocer su existencia es el primer paso [19]. La clave radica en equilibrar el potencial transformador de la IA con preocupaciones legítimas sobre la privacidad, la equidad educativa y la cultura del aprendizaje.

Referencias

- [1] Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias. “Política de Ética, Bioética e Integridad Científica.” Documento 1501. 2017. Disponible: <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/politica-etica.pdf>
- [2] J. Ramirez-Lozano. “La ética y la moral.” Universidad del Quindío. Disponible: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aulasvirtuales.uniquindio.edu.co/RecDigital/EticaProfesional/recursos/u1/LecturaLaMoralyLaEtica.pdf (Consultado en 9/6/23)
- [3] A. Cortina, E. Martínez-Navarro. Ética. Akal. 2001.
- [4] R. Marín-Ibáñez. “La Jerarquía Axiológica y su Proyección Educativa.” Revista Española de Pedagogía. 26 (102). 1968.
- [5] UNESCO. “Declaración universal sobre Bioética y Derechos Humanos.” Disponible: http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=31058&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (Consultado 17/12/2020)
- [6] ONU. “Declaración universal de derechos humanos.” https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf. Consultado el 28-01-21
- [7] L. Martínez y E. Ramírez. “Fraude académico en universitarios en Colombia: ¿Qué tan crónica es la enfermedad?” Educ. Pesqui., São Paulo, v. 44, e157079, 2018.

- [8] n.d. “Reglamento estudiantil Univesidad de Antioquia.” Disponible: http://avido.udea.edu.co/autoevaluacion/documentos/vicedoce/16_reglamento_estudiantil_y_nor_mas_academicas_de_pregrado.pdf. Consultado el 11-08-23.
- [9] n.d. (2013). “El 80 % de los universitarios de Antioquia admite haber hecho trampa.” Disponible: https://caracol.com.co/radio/2013/10/09/regional/1381295340_991231.html
- [10] J. Ojeda de López, J. Quintero, I. Machado. “La ética en la investigación.” Telos, vol. 9, núm. 2, , pp. 345-357. 2007
- [11] E. Babbie. Fundamentos de la investigación social. Editorial Thomson S.A, España. 2000
- [12] M. Thieren and A. Mauron. “Nuremberg code turns 60.” Bull World Health Organ. 85(8): 573. 2007.
- [13] Vicerrectoría de Investigación. “Código de Ética en Investigación de la Universidad de Antioquia.” Disponible: <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/e79da6b4-1402-496b-88bc-0dc0321ba827/codigo-etica-udea.pdf?MOD=AJPERES>
- [14] J. Tudela, y J. Aznar. “¿Publicar o morir? El fraude en la investigación y las publicaciones científicas.” Persona y Bioética, vol. 17, núm. 1, enero-junio, pp. 12-27. 2013.
- [15] F. Hernández-Chavarría. “Fraude en la autoría de artículos científicos.” Rev Biomed 2007; 18:127-140
- [16] S.A. Gutiérrez, H.J. Barbosa, M.S. Cuero, et al. “La retractación y la corrección de la literatura científica para conservar la integridad y la confianza en la ciencia: un análisis de retractaciones de publicaciones biomédicas de libre acceso en PubMed, 1959-2015.” Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 40(157):568-579, octubre-diciembre de 2016
- [17] P.D. Delgado-López y E.M. Corrales. “Predatory journals: una amenaza emergente para autores y editores de publicaciones biomédicas.” Neurocirugía. Volume 29, Issue 1, Pages 39-43. 2018.
- [18] UNESCO (2023). “Guidance for generative AI in education and research.” Disponible: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693?posInSet=12&queryId=N-EXPLORE-6fed9f3e-c4a3-45b1-bdc7-7f49e8293335>
- [19] n.d. (2023). “Chat GPT[1] en la educación: usos, herramientas y consideraciones éticas.” Disponible: <https://micomunidadvirtual.uexternado.edu.co/chat-gpt-en-la-educacion-usos-herramientas-y-consideraciones-eticas/>
- [20] B. González. (2023). “ChatGPT, ¿aliado o enemigo de las aulas?” Disponible: <https://www.uoc.edu/portal/es/news/actualitat/2023/042-chatGPT-aliado-o-enemigo-aulas.html>
- [21] D. Melchor (2023). “Los límites del Chat GPT en la educación.” Disponible: <https://tecscience.tec.mx/es/tecnologia/chat-gpt-en-la-educacion/>
- [22] J. Giraldo. (2023). “Inteligencia artificial y el Chat GPT: retos en la educación.” Disponible: <https://www.javerianacali.edu.co/noticias/inteligencia-artificial-y-el-chat-gpt-retos-en-la-educacion>
- [23] C.E. Díaz-Rincón (2023). “Inteligencia artificial: ¿Para aprender o para hacer copia en clase?” Disponible: <https://www.elespectador.com/educacion/inteligencia-artificial-para-aprender-o-para-hacer-copia-en-clase-noticias-educacion/>

Capítulo 6. Derecho de autor y plagio en el contexto académico

Carlos Mario Arroyave Álvarez

6.1. Aspectos básicos sobre el derecho de autor

El ámbito universitario es, por excelencia, el escenario propicio para la creación de nuevo conocimiento y para el fomento de la innovación; a través de las actividades de docencia, investigación y extensión, la universidad busca aportar al desarrollo científico y cultural de la sociedad, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población en general. En este proceso, todos los actores de la comunidad universitaria, estudiantes, docentes, investigadores, personal administrativo, contratistas y egresados, cumplen una función de doble vía: son tanto productores como usuarios de obras susceptibles de ser protegidas por las normas de propiedad intelectual. Es importante conocer esta normatividad para garantizar que la sociedad se pueda beneficiar del conocimiento que se genera en la universidad, y que, al mismo tiempo, los autores de las obras encuentren un espacio que garantice la protección del fruto de su intelecto. La Fig. 6.1 resume los principales elementos del derecho de autor. Una información más detallada se discute a continuación.

6.1.1 Propiedad intelectual

La propiedad intelectual es un área del derecho que busca **proteger todas las creaciones del intelecto humano**. En Colombia, el sistema de propiedad intelectual está compuesto por tres áreas, que se describen en la Tabla 6.1; incluye el derecho de autor y derechos conexos, la propiedad industrial y las variedades vegetales. En este capítulo sólo se abordará una aproximación al **derecho de autor**, el cual está regulado por diferentes normas, que son la base del presente escrito. Entre las principales, están: a nivel internacional, el Convenio de Berna de 1886 para la Protección de las Obras Literarias y Artísticas y las disposiciones de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI). A nivel regional, la **Decisión Andina 351 de 1993** [1]. En el orden nacional, las principales son: la **Ley 23 de 1982 sobre los derechos de autor** [2]; la **Ley 44 de 1993**, por la cual se modifica y adiciona la ley 23 de 1982 y se modifica la ley 29 de 1944 [3]; y la **Ley 1915 de 2018**, por la cual se modifica la ley 23 de 1982 [4].

A continuación, se abordan los conceptos más importantes para la comprensión del tema sobre el derecho de autor en el ámbito académico.

6.1.2 La obra

El derecho de autor hace alusión a la protección de una creación intelectual, la cual se denomina **obra**, y constituye el **objeto del derecho** de autor. La Decisión Andina 351 la define como **“toda creación intelectual original de naturaleza literaria, artística o científica, susceptible de ser divulgada o reproducida por cualquier forma”** [1]. En el ámbito universitario, las obras pueden tomar multitud de formas, como ensayos, pinturas, artículos científicos, trabajos de grado, libros, partituras, esculturas, trabajos de clase, coreografías, fotografías, traducciones, obras de teatro, cuentos, ponencias, juegos, tesis, obras audiovisuales y programas de computador, entre muchos otros.

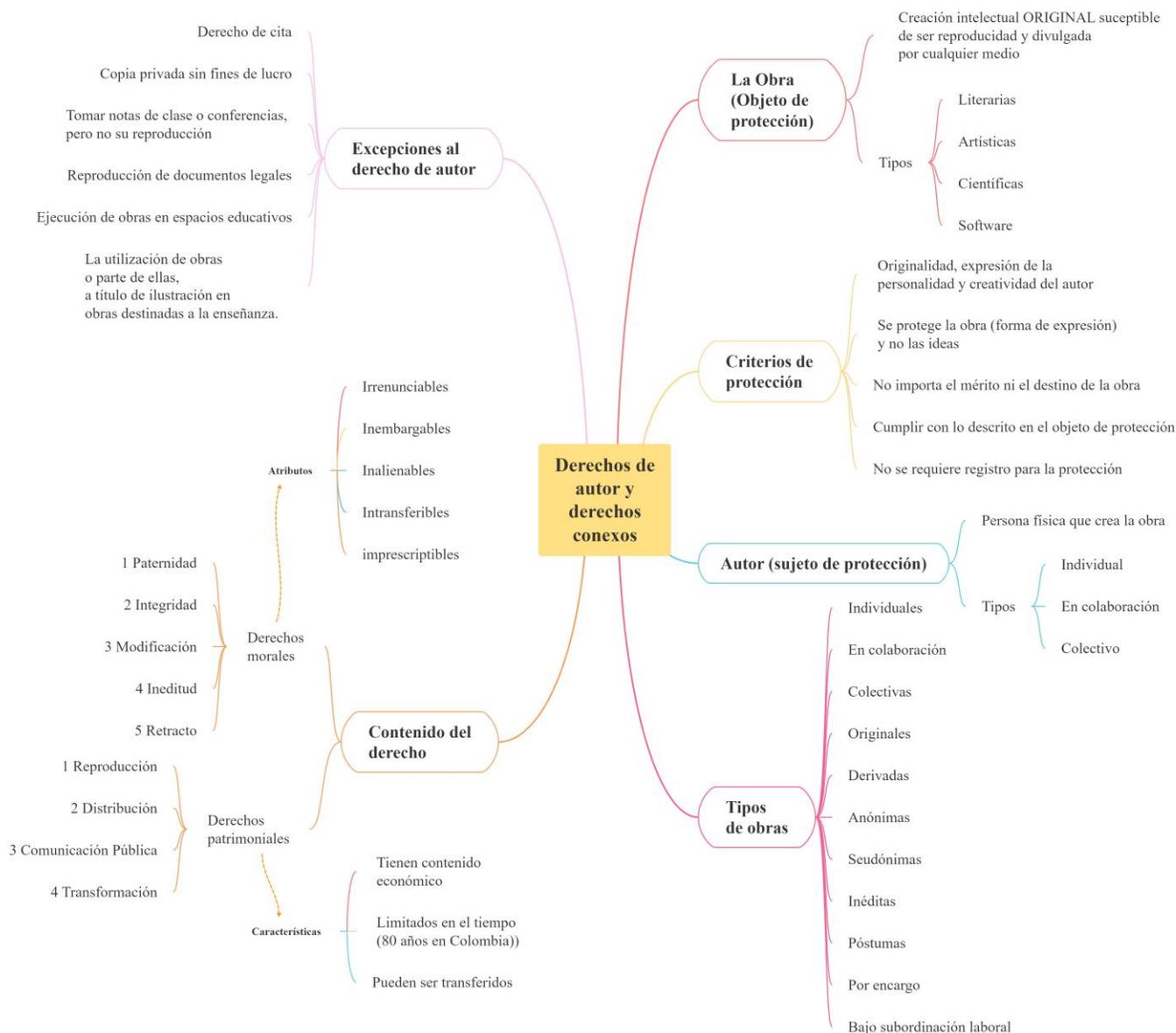


Figura 6.1 Aspectos generales sobre el derecho de autor.

Tabla 6.1. Sistema de propiedad intelectual en Colombia.

Sistema de propiedad intelectual (PI) en Colombia			
Áreas de la PI	Derecho de autor y derechos conexos	Propiedad industrial	Variedades vegetales
Objeto de protección	Obras científicas, artísticas, literarias y el software	*Signos Distintivos (Marcas, lemas, denominaciones de origen, nombres comerciales) *Nuevas creaciones (Inventos, modelos de utilidad y diseños industriales) *Secretos Industriales	Variedades vegetales
Sujeto de protección	Autor / Titular	Inventor / Titular	Obtentor
Entidad responsable	DNDA - Dirección Nacional de Derechos de Autor	SIC - Superintendencia de Industria y comercio	ICA - Instituto Colombiano Agropecuario
Ministerio asociado	Ministerio del Interior	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	Ministerio de Agricultura

6.1.3 Criterios de protección

En la misma definición, se contemplan los **criterios de protección** que debe cumplir la obra; el más importante es la **originalidad**: la obra debe expresar la personalidad y creatividad del autor, es aquello que lo diferencia de otros; la obra debe ser **de carácter literario, artístico o científico** y, por último, que **sea susceptible de ser divulgada o reproducida** por cualquier medio. Es fundamental tener presente que **NO se protegen las ideas en sí mismas**, sino la materialización de las ideas, expresadas por el autor mediante líneas, letras, colores, notas musicales o formas en un soporte material cualquiera. Esto permite que, sobre una misma idea, pueda haber obras con expresiones distintas y se enriquezca la cultura y la ciencia. Para la protección **no importa el mérito o destino de la obra**, es decir, su calidad literaria, artística o científica, o que la obra vaya a ser publicada o no; tampoco es necesario hacer un trámite o registro de la obra ante la DNDA, ya que el derecho de autor se ejerce desde el momento mismo de la creación de la obra, aunque se recomienda el **registro** para efectos probatorios, en caso de litigio. De lo anterior, se puede afirmar que la protección aplica en igualdad de condiciones, tanto para un trabajo de clase que realiza un estudiante de primer semestre, como para un artículo científico escrito por un investigador consumado.

6.1.4 Sujeto de protección

El autor es el sujeto de protección, entendido como **la persona física que crea la obra** y sólo puede ser autor una **persona natural**, aquella que usa su intelecto para la creación de las obras; en ningún caso, una institución podrá ser autor. Las obras pueden ser creadas de manera **individual** o **en colaboración**, cuando es escrita por dos o más personas; en este

caso, los aportes de los autores no pueden ser separados sin afectar la obra, como es el caso de las coautorías o trabajo en grupo. También están las **obras colectivas**, producidas por un grupo de autores bajo la orientación de una o varias personas (natural o jurídica) que coordinan y tiene todos los derechos patrimoniales, salvo que las partes establezcan lo contrario.

6.1.5 Tipos de obras

Existen otras categorías de obras, como las **originales**, creadas directamente por el autor; obras **derivadas**, aquellas que resultan de una obra original, como una traducción, adaptación o versión en formato diferente; obras **anónimas**, en las que no se menciona el nombre del autor, ya sea porque no se conoce o por disposición de este; obras **seudónimas**, donde el autor se identifica con un seudónimo; obras **inéditas**, aquellas que no se han dado a conocer al público; obras **póstumas**, las que se publican posterior a la muerte del autor; por último, las obras **por encargo o bajo subordinación laboral**, cuando se crea una obra como fruto de un contrato de prestación de servicios o un contrato laboral. En estos casos, el autor conserva los derechos morales de paternidad e integridad, pero cede o transfiere los derechos patrimoniales a la persona natural o jurídica que encarga la obra, o al empleador respectivamente. En este último caso, se recomienda que, cada vez que se cree una nueva obra, se realicen los **contratos para la cesión de derechos**, a pesar de la presunción general supuesta por el contrato laboral.

6.1.6 Contenido del derecho

El contenido del derecho de autor se divide en derechos morales y derechos patrimoniales. Los **DERECHOS MORALES** están en cabeza del autor y buscan resguardar su **personalidad** expresada en la obra, no tienen limitación en el tiempo, se consideran como derechos fundamentales y tienen los **atributos de imprescriptibles, inembargables, irrenunciables e intransferibles**. Estos derechos son:

- **Derecho de Paternidad:** derecho a reivindicar al creador como autor de la obra en cualquier momento y lugar que se utilice. Este es el derecho que se reconoce cuando se cita al autor y su obra en un trabajo de grado o artículo científico.
- **Derecho de Integridad:** derecho a oponerse a la modificación que atente contra el decoro de la obra o la reputación del autor.
- **Derecho de Ineditud:** derecho a conservar la obra inédita o dar a conocer la obra.
- **Derecho de Modificación:** derecho a realizar cambios a la obra por parte del autor en cualquier momento.
- **Derecho de Retracto:** derecho a retirar la obra del acceso al público o suspender su utilización por cambios en las convicciones del autor. Si el ejercicio del derecho de

modificación o retracto llega a ocasionar perjuicios a terceros, el autor deberá indemnizarlos.

Los **DERECHOS PATRIMONIALES** se relacionan con la **explotación económica** de la obra, son ejercidos por el autor, sus derechohabientes o por el titular del derecho. Estos derechos son transferibles, renunciables, embargables y están limitados en el tiempo; el titular de estos derechos es quien puede realizar, autorizar o prohibir los actos de:

- **Reproducción:** realización de uno o más ejemplares o copias de una obra, parcial o totalmente, y por cualquier medio o procedimiento (análogos o digitales). Son actos de reproducción las fotocopias, escaneos, tomar fotografías, inclusión en audiovisual, grabaciones de audio o video y descargas de archivos de internet en múltiples formatos.
- **Distribución:** de ejemplares o copias mediante la venta, préstamo o alquiler.
- **Transformación:** creación de obras derivadas como la traducción, adaptación, arreglo, dramatización u otra transformación de la obra.
- **Comunicación pública:** dar a conocer o brindar acceso a la obra a un grupo de personas sin entrega de ejemplares, por ejemplo: una interpretación o ejecución pública (cine, teatro, concierto, narración, declamación, proyección, etc.) o hacer radiodifusión. En últimas, es el autor quien determina dónde, cómo y cuándo hacer la comunicación pública.
- **Puesta a disposición:** es una modalidad de comunicación pública en la que se da a conocer la obra mediante el uso de tecnologías de la información y la comunicación, tal como se disponen en internet en las plataformas de Netflix, Spotify y YouTube, entre otras.

Es necesario tener presente que, para utilizar una obra, siempre se debe tener **la autorización previa y expresa** del autor o titular de ésta. La autorización del autor para el uso de su obra se limita al alcance de esa autorización y no permite un segundo uso. Por ejemplo, cuando un autor autoriza la traducción de su obra, esa autorización no incluye una adaptación para teatro u obra multimedia, para lo que se requiere una nueva autorización.

6.1.7 Titularidad del derecho

El autor es el **titular originario** del derecho; sin embargo, los derechos patrimoniales, a diferencia de los derechos morales, sí pueden ser objeto de **transferencia**; esto es muy común cuando se publica un libro o artículo en una revista, donde el autor cede estos derechos al editor mediante un contrato de cesión de derechos. Estos derechos también pueden ser heredados.

6.1.8 Tiempo de protección

La protección de los derechos morales **nunca caduca**, el autor siempre debe ser reconocido como el creador de su obra, mientras que la protección de los derechos patrimoniales, en Colombia, dura la vida del autor, mas **80 años** después de su muerte, tiempo durante el cual la obra puede ser explotada por sus derechohabientes. Cuando el titular de los derechos es una persona jurídica, el tiempo de protección es de **70 años** contados a partir de la publicación de la obra, este tiempo de protección varía dependiendo de cada país y, una vez pasado este periodo, la obra pasa a ser de **dominio público**, es decir, no se requiere autorización alguna para su utilización. Ejemplo de ello son las obras del escritor William Shakespeare.

6.1.9 Estatuto de propiedad intelectual

El anterior es el panorama que cobija la producción intelectual de todos los miembros de la comunidad universitaria sin distinción alguna y, en ese sentido, cada universidad establece un **estatuto o reglamento de propiedad intelectual**, con el cual regula la producción intelectual de su comunidad y las relaciones o procesos necesarios para el reconocimiento y explotación de las obras; su consulta es fundamental para todos los estamentos universitarios, ya que define la titularidad de las obras protegidas, los tipos de obras y las sanciones por la violación a estos derechos. Algunos estatutos son claros en definir aspectos que pueden resultar confusos y que se pueden prestar para malas prácticas en las actividades académicas y de investigación. Por ejemplo, definen que el autor de un trabajo de grado o tesis es el estudiante; el asesor no debe aparecer como autor, salvo que demuestre la contribución que haya hecho al cuerpo de la tesis; si el estudiante utiliza recursos de la universidad, como laboratorios, equipos e insumos, la universidad podrá participar de los derechos patrimoniales de la obra en acuerdo con el estudiante; igualmente, si el estudiante participa de manera evidente con grupos de investigación, también podrá recibir los beneficios de las obras que se deriven de esta actividad.

6.1.10 Excepciones al derecho de autor

Finalmente, con el ánimo de garantizar el **acceso a la información** para fines personales, culturales, educativos o de investigación, la Ley 23 de 1982 establece unas excepciones o limitaciones al derecho de autor; para estos casos especiales, se permite reproducir o utilizar obras, o parte de estas, sin pedir autorización previa al autor. Entre las excepciones más importantes están:

- Es permitido **citar** a un autor transcribiendo los pasajes necesarios de manera razonable, mencionando el nombre del autor de la obra citada y el título de dicha obra.
- La utilización de obras literarias o artísticas o parte de ellas, a título de **ilustración en obras destinadas a la enseñanza**.

- La **copia privada** o reproducción por cualquier medio, de una obra literaria o científica, ordenada u obtenida por el interesado en un solo ejemplar para su uso privado y sin fines de lucro.
- **Tomar notas** de clase o de conferencias, pero es prohibida su publicación o reproducción integral o parcial, sin la autorización escrita de quien las pronunció.
- Reproducir la Constitución, leyes, decretos, ordenanzas, acuerdos, reglamentos, demás actos administrativos y decisiones judiciales.
- Ejecución o representaciones de obras dentro de instalaciones educativas.

Hasta aquí, en términos generales se describe el alcance de la protección que tienen las obras creadas por cualquier miembro de la comunidad universitaria amparadas por el derecho de autor. Sin embargo, se presentan con frecuencia casos donde estos derechos son **vulnerados** por parte de los usuarios de las obras, entre los cuales está el plagio académico.

6.2 Plagio académico

El plagio es un fenómeno que se da en diferentes ámbitos de la sociedad. En el contexto educativo toma el nombre de **plagio académico** y es practicado tanto por alumnos como por docentes, llegando a invadir incluso el ámbito de la investigación. Si bien el plagio no es un fenómeno reciente, su estudio ha tomado mucha relevancia por el aumento de casos a nivel global, debido al impacto que tiene en la producción de conocimiento y por los cuestionamientos que trae para el sistema educativo, como lo expresan Belduma et al. [5]

Definitivamente, esta **es una práctica deshonesta** que afecta en primer lugar al contexto educativo y todos sus miembros, especialmente a los estudiantes, limitando el desarrollo de las competencias que ellos necesitan para ejercer en un futuro su profesión y aportar beneficios a la sociedad.

Diversas investigaciones citadas por Morato [6] arrojan que, al menos un **50%** de los estudiantes, admiten haber cometido plagio en algún momento de su formación, lo que evidencia un deficiente manejo de la información, pero también la responsabilidad del sistema educativo para desarrollar esta habilidad en los estudiantes. El plagio afecta directamente los derechos morales y patrimoniales del autor, desfavorece la imagen de quien plagia en su credibilidad o reputación, lo mismo que al grupo de investigación con el que trabaja y a la institución a la que está adscrito; por otro lado, limita el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes. Algunos aspectos claves del plagio académico se presentan en la Fig. 6.2.

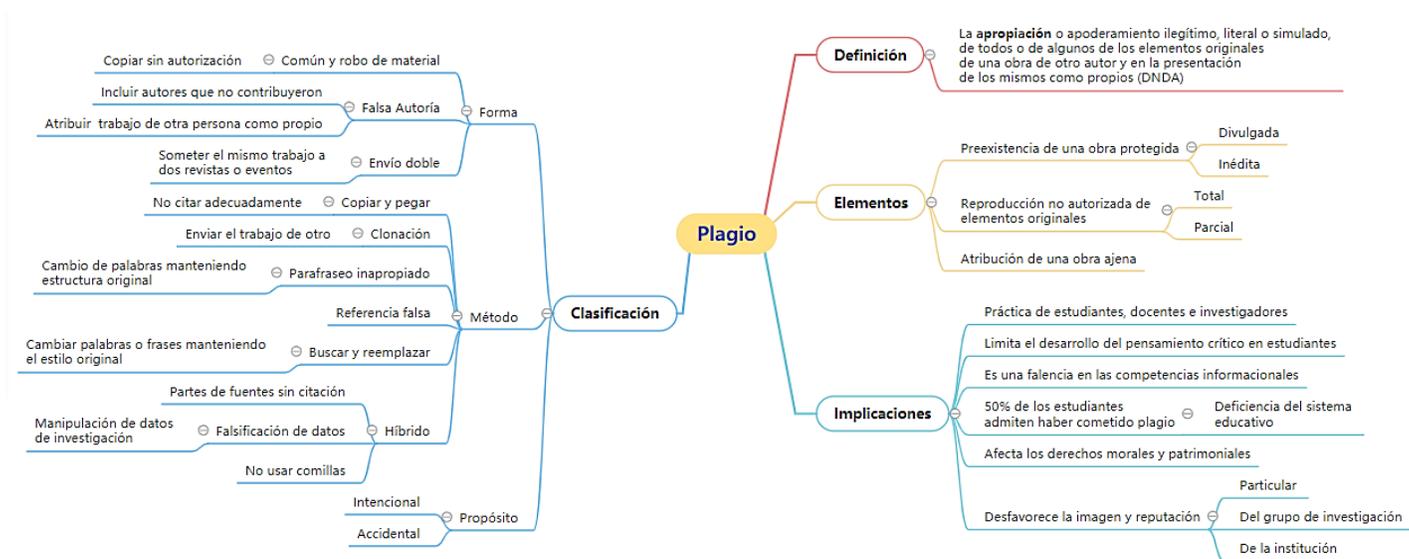


Figura 6.2 Aspectos relevantes sobre el plagio académico.

6.2.1 Definición

El diccionario de la RAE [7], define el plagio como “la acción y efecto de plagiar; copiar en lo substancial obras ajenas, dándolas como propias”; por su parte, la Dirección Nacional de Derecho de Autor en Colombia [8] lo define como **“la apropiación o apoderamiento ilegítimo, literal o simulado, de todos o de algunos de los elementos originales de una obra de otro autor y en la presentación de los mismos como propios”**. Por último, en el glosario de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [9] se define como “el acto de ofrecer o presentar como propia, en su totalidad o en parte, la obra de otra persona, en una forma o contexto más menos alterados”. Se resalta que el acto de copiar una obra puede ser parcial o total, y puede incluir cualquier elemento de la obra, como palabras, imágenes, dibujos, expresiones, diagramas, notas musicales, tablas, elementos del diseño, etc.

6.2.2 Ciberplagio

Si bien el acto de plagiar es el mismo, independientemente del ámbito y los medios utilizados para ello, algunos autores hablan de un tipo especial de plagio, al que denominan ciberplagio, que Urbina [10] define como “aquellos materiales presentados como fruto del trabajo personal que, en realidad, han sido copiados parcial o totalmente mediante procedimientos informáticos, sin mencionar su autoría original”.

6.2.3 Elementos del plagio

Son tres los elementos que configuran el plagio: 1) la **preexistencia de una obra protegida** por derechos de autor, que puede estar divulgada o inédita; 2) la **reproducción** total o parcial

no autorizada de elementos originales de dicha obra, por ejemplo, los textos de las citas sin la referencia correspondiente; y 3) la **atribución** de una obra ajena, suplantando al autor, caso que ocurre, por ejemplo, cuando se entrega un trabajo de clase o un artículo a una revista sin reconocer la autoría ajena; al respecto, Abad [11] señala que “la intencionalidad del plagio implica fraude y tiene una doble vertiente: el engaño sobre la verdadera contribución de los autores y sobre la originalidad y novedad de la información”.

6.2.4 Tipología o clasificación

En los estudios sobre plagio de Morató [6], Moreno y Carrillo [12] y Turnitin [13], se identifican varios casos de plagios. Soto [14] lo clasifica en tres tipos: forma, método y propósito y, dentro de cada uno, describe una serie de casos particulares. Al respecto, veamos a continuación una síntesis:

Forma

- **Común:** copiar sin autorización la propiedad intelectual de otra persona.
- **Falsa autoría:** cuando se incluyen como autores a personas que no han aportado de forma real a la elaboración del escrito, como asesores, financiadores, directores institucionales, colegas, amigos, entre otros. También se incluye aquí entregar un trabajo creado por otra persona como si fuera propio, en algunos casos pagando por su elaboración, lo mismo que descargar un trabajo de internet y cambiarle el nombre del autor por el propio.
- **Envío doble:** cuando se envía el mismo artículo a dos eventos o revistas diferentes para su divulgación.
- **Robo de material:** copiar sin autorización, material perteneciente a otra persona.

Método (como se ejecuta)

- **Copiar y pegar:** se da al copiar texto de una fuente de otro autor y luego pegarlo en un trabajo propio, sin citarlo adecuadamente.
- **Clonación:** el acto de enviar el trabajo de otro, palabra por palabra, como si fuera de uno mismo.
- **Parfraseo inapropiado:** cuando simplemente se intercambian palabras de una oración o un párrafo, o cuando se sigue el mismo estilo dado en la fuente original.
- **Referencia falsa:** poner una referencia en un párrafo u oración que no corresponde a la fuente original donde se obtuvo dicha información.
- **Híbrido:** combinar partes de fuentes citadas con partes copiadas de fuentes sin citación.
- **Fabricación o falsificación de datos:** cuando se manipulan los datos de una investigación para tratar de ocultar el plagio.
- **No usar las comillas** al citar el material de referenciado.

Propósito (motivos que llevan a cometerlo)

- **Intencional o deliberado:** independiente de los motivos, ocurre cuando se tiene conciencia de estar tomando sin autorización o el debido reconocimiento, partes o la totalidad de una obra ajena, pretendiendo presentarlo como producción propia.
- **Accidental o sin intención:** se atribuye al desconocimiento de las normas y técnicas para realizar la citación de las obras utilizadas, o al descuido en el momento de recopilar la información de las fuentes consultadas y la elaboración de las citas y referencias. No obstante, a pesar de no haber intención no se puede eximir de la responsabilidad y las consecuencias que se puedan generar de esta práctica.

6.2.5 Autoplagio

Ocurre cuando un autor **reutiliza** una parte o la totalidad de una obra que ha publicado previamente, para crear otra obra que presenta como nueva. El problema radica en presentar la obra como novedosa y no hacerle saber al lector, mediante una **auto citación**, que el texto realmente procede de una obra previa del autor. Si bien no hay un robo de ideas propiamente que lo configuren como plagio, este acto de **engaño** se categoriza como una **falta ética** en la publicación. En la academia, ocurre cuando un estudiante presenta el mismo trabajo a varios profesores; en la investigación ocurre con las “publicaciones salami”, cuando, de una misma investigación, se derivan varios artículos con contenidos similares.

Si bien un trabajo puede tener todas las citas y referencias perfectamente elaboradas, pero estos textos conforman la mayor parte del trabajo, se falla con relación a **la originalidad o la novedad** del trabajo que se presenta.

6.2.6 Causas del plagio

Son frecuentes las acusaciones al uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como la principal causa del plagio, debido a la gran cantidad de información disponible en internet y a la facilidad con que ésta puede ser reproducida y editada; no obstante [15], inculpar a “las TIC como fuente principal de los males no sirve para entender, ni atender, de forma adecuada el fenómeno del plagio entre los estudiantes”, afirmación que apunta a que son múltiples las causas del plagio académico y, así mismo, deben ser múltiples las estrategias para afrontarlo. La mayoría de las causas se atribuyen al **sistema educativo** y se encuentran responsabilidades tanto en **docentes** como en **estudiantes**. Los estudios de Morató [6], Moreno y Carrillo [12] y Comas et al. [16], permiten identificar varias causas que se pueden agrupar en dos enfoques.

Enfoque desde el estudiante

- Creencia de que todo lo que está en Internet se puede copiar.

- Desconocimiento de las normas o los sistemas para citación y elaboración de la bibliografía en los trabajos escritos.
- Ahorrar tiempo y salvar una calificación.
- Percepción de que el profesorado no lee los trabajos en profundidad (escasa supervisión).
- Por sensación de impunidad (difícilmente el profesor podrá averiguar que se ha copiado).
- Creencia de que los trabajos solicitados no aportan nada a su formación.
- El tipo y el exceso de trabajos que asignan los docentes los desbordan.
- Se sienten incapaces por la complejidad de la tarea.
- Creer que no serán descubiertos o que si lo hacen no tendrá mayores repercusiones.
- Considerar que los beneficios son mayores que los riesgos que asumen.
- Necesidad de obtener promedios altos para mantener beneficios.
- Desinterés por la materia o los trabajos no son significativos.

Enfoque desde el docente

- Pereza o mala gestión del tiempo dedicado al estudio y elaboración de los trabajos.
- Por comodidad.
- Para obtener mejores calificaciones y resultados académicos en forma rápida.
- Deficiencias de la formación en valores, que comienza en el hogar.
- Ley del menor esfuerzo.
- Dejar todo para última hora.
- Descuido al momento de tomar los datos de las fuentes consultadas.
- Por desconocimiento de las pautas básicas para la elaboración de un trabajo académico.

6.2.7 Sanciones del plagio

El plagio vulnera, en primer lugar, el derecho moral de paternidad del autor, al no ser reconocido como el autor original de la obra. De igual forma, atenta contra la integridad de la obra y contra los derechos patrimoniales de reproducción, modificación y distribución o comunicación pública de la obra.

Según Soto [14] y Echavarría [17], en las legislaciones de muchos países, incluyendo Colombia, **el plagio no está debidamente tipificado como delito o infracción** de los derechos morales y patrimoniales del autor. Este vacío puede llevar a que los infractores no

reciban las sanciones que merecen, o a que se sancione a personas inocentes. Sin embargo, el plagio, como acto de **deshonestidad académica**, es una falta grave, las sanciones que se imponen al respecto son variadas y su alcance depende del contexto en que se aplique. Se pueden identificar varios tipos de sanciones:

Académicas: son establecidas por las instituciones educativas y pueden ir desde un llamado de atención, una anulación del trabajo, una calificación negativa, una suspensión temporal de la matrícula o, incluso, la **expulsión** de la institución.

Civiles o económicas: son aquellas en las que se establece una demanda por parte del plagiado, y generalmente se resuelven por actos de mutuo acuerdo entre las partes, llegando a una **indemnización** económica por los perjuicios causados.

Penales: estas sanciones son más extremas y están consignadas en el Código Penal Colombiano, en el capítulo viii relativo a los delitos contra los derechos de autor. En el art. 271 se afirma que, frente a la defraudación de los derechos patrimoniales de autor, como en el caso de la reproducción no autorizada de la obra, se podrá incurrir en **prisión** de dos (2) a cinco (5) años y **multa** de veinte (20) a mil (1.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes. En Colombia, la DNDA tiene competencias para cumplir funciones jurisdiccionales en los procesos relacionados con el derecho de autor y los derechos conexos.

Disciplinarias: se aplica a aquellos funcionarios públicos que, en ejercicio de sus funciones, cometen plagio, lo cual da lugar a destitución del cargo, independientemente de las sanciones penales que también podrían enfrentar.

Para que el plagio sea penalmente relevante, Echavarría [17] señala que el plagiario debe realizar tres conductas, resumidas así: 1) la copia, al incorporar de manera parcial o total, elementos originales de una obra preexistente en la obra del plagiario; 2) la apropiación de los elementos originales de la obra ajena, al omitir el autor original e indicar un autor diferente a este, como, por ejemplo, el plagiario; y 3) la utilización, a través del uso o explotación de la obra mediante su publicación o a facilitar a alguien el acceso a una copia de ésta.

6.2.8 Casos de plagio

A manera de ilustración, se pueden nombrar algunos casos de importantes personajes de la vida pública a quienes se les ha descubierto plagio en sus tesis de grado: el senador estadounidense John Walsh, en 2014; el presidente de Hungría, Pál Schmitt, en 2012; el ministro de defensa de, Alemania, Karl Theodor Zu Guttenberg, en 2011; la ministra de educación alemana, Annette Schavan, en 2011; y el ministro de educación de Brasil, Carlos Alberto Decotelli da Silva, en 2020. Todos ellos, por razones éticas, han debido renunciar a sus cargos y, en algunos casos, las respectivas universidades les han retirado sus títulos de maestría o doctorado.

6.2.9 ¿Cómo evitarlo?

El primer abordaje de este asunto recae en las instituciones educativas, quienes deben promover la creación de **programas de formación** sobre este tema, y que incluya por igual a docentes y estudiantes. En este sentido, muchas bibliotecas universitarias apoyan este proceso, ofreciendo programas para el desarrollo y fortalecimiento de las **competencias informacionales** de la comunidad universitaria.

El segundo abordaje es **personal**, respecto al cual planteamos las siguientes recomendaciones:

- Organizar el tiempo que dedica al trabajo de investigación.
- Realizar la búsqueda de información de manera metódica y atenta. Se recomienda el uso de gestores bibliográficos como Mendeley, Endnote o Zotero para almacenar las referencias bibliográficas seleccionadas y para facilitar la posterior citación desde Word.
- Crear un sistema para el almacenamiento y la clasificación temática de la información que se usará en el escrito; pueden ser etiquetas para los registros en el caso de los gestores bibliográficos o una estructura de almacenamiento de archivos en el PC. Esto permitirá recuperar la información más fácil.
- Tomar el tiempo necesario para leer de manera crítica los documentos, seleccionar las citas o datos a citar de la obra consultada y registrar las referencias correspondientes. Aquí es de gran utilidad hacer una ficha bibliográfica de cada documento, en la cual, a medida que se va analizando el documento, se van consignando los datos y las páginas donde se encuentran, para ir agregando esta información al texto en construcción e ir citando la fuente. Los gestores bibliográficos brindan esta opción.
- Al escribir, evite ir copiando y pegando datos o fragmentos de los documentos que lee, sin citar la información, pues esta es la manera más común en la que se comete plagio involuntario (piensa que luego lo va a citar e inmediatamente olvida hacerlo) y muchas veces toma demasiado tiempo, o es imposible, ubicar la fuente de la que se tomó un dato valioso, pero que no fue citado al momento de redactar.
- Dedicar el tiempo necesario para aprender a citar correctamente según las normas que utilice en su campo, lo que le evitará cometer errores en el trabajo. Es importante reconocer el tipo de documento y la estructura de la referencia que le corresponde, para poder diligenciar correctamente el respectivo formulario en el gestor bibliográfico. Así la referencia se importe al gestor bibliográfico, y se genere automáticamente en este, siempre se debe verificar que haya quedado bien.
- En lo posible, someter el trabajo a análisis en un programa antiplagio antes de publicarlo, para verificar que no haya problemas de *similitud*.

- Cerciorarse de que los recursos encontrados en internet, como imágenes, videos, textos, audios, etc., tengan licencias de libre utilización y, en todo caso, hacer una correcta citación en el escrito.

6.2.10 Herramientas antiplagio

La función de estas herramientas es **comparar** un texto y su nivel de **coincidencia** con otros textos que ya han sido publicados, generando lo que se denomina un **reporte de similitud**. Este reporte identifica las citas o partes del documento analizado que coincidan con otros textos, de manera que se puede establecer si hay una correcta citación o un plagio de las obras utilizadas.

Existen herramientas de **libre acceso** y otras **comerciales**. De éstas últimas, las más conocidas son Turnitin, Ithenticate, Urkund y Ouriginal, con las cuales las universidades suscriben licencias institucionales con acceso a un número determinado de usuarios, dependiendo del presupuesto disponible. Las herramientas de libre acceso no tienen la robustez de análisis que tienen las comerciales y son limitadas en la cantidad de texto que se puede analizar, ya que no permiten cargar el archivo completo del trabajo en formato Word o pdf, pero siguen siendo una buena opción; en la actualidad de las muchas opciones existentes las más recomendadas son **Plagscan y Plagium**, que permiten analizar 2000 y 1000 palabras respectivamente, por medio de una interfaz de fácil uso. Algunas de estas herramientas permiten ampliar el servicio mediante una suscripción individual. Si bien la metodología de trabajo es muy similar, algunas herramientas resultan más fáciles de usar y generan un mejor reporte en cuanto a interpretación que otras.

Una práctica muy frecuente por parte de los docentes es usar **Google** para analizar los trabajos de sus alumnos, pero es muy limitada en su alcance, aunque este mismo ejercicio resulta muy útil para los estudiantes, cuando al escribir un texto usan una cita de la cual no recuerdan el autor o la fuente de donde se tomó.

6.2.11 Citación de fuentes

El conocimiento avanza, en gran medida, con base en lo que otros han hallado. Así, para que un escrito científico o académico tenga validez, siempre debe citar fuentes válidas y relevantes sobre el tema. Además, el sistema de referenciación bibliográfica tiene como función **mostrar al lector las fuentes que consultó** el autor para elaborar el texto, de manera que el lector pueda ir a esas fuentes para corroborar o profundizar en lo expuesto por el autor.

Las citas son las ideas, expresiones o datos que un autor toma de obras de otros autores para definir, ampliar, enfatizar, contextualizar, argumentar o contrastar las propias ideas respecto a un tema determinado. Las citas permiten **diferenciar las ideas y pensamientos propios** de las de otros autores, ofrecen un panorama de la revisión bibliográfica que se realizó para

saber cuáles son las bases conceptuales de partida y cuál es el **aporte del autor** al asunto tratado; por tanto, las citas ayudan a evitar el plagio.

El sistema de citación o referenciación está compuesto por las **citas** y las **referencias bibliográficas**.

Citas

Las citas van en el cuerpo del trabajo. Según el [manual de estilo APA](#), las citas pueden ser:

a) **Indirecta o paráfrasis**: consiste en expresar o resumir en palabras propias lo que otro autor dice, sin alterar la idea original. **Este es el tipo de cita que más se debe usar en un trabajo**, porque indica originalidad y compromiso por parte del autor. b) **Directa o textual**: es un fragmento literal o textual de una obra, que se incorpora en otro texto; hay cita *corta* (tiene menos de 40 palabras, se encierra entre comillas y va incluida en el párrafo), y cita *larga* (tiene más de 40 palabras, se escribe sin comillas, va en párrafo aparte, con sangría izquierda). Un trabajo no debe tener muchas citas directas, porque le resta originalidad, por lo que no se debe abusar de su uso. c) **Secundaria o cita de cita**: se usa cuando no se tiene acceso a la fuente primaria sino a la fuente secundaria, es decir, a un documento en el que se cita a otro. Este tipo de cita sólo se debe usar cuando verdaderamente no se tiene acceso a la fuente primaria (el texto citado), algo que hoy en día resulta cada vez más inusual, debido a las múltiples posibilidades que hay para obtener un documento, como ya se indicó. Tampoco se debe abusar de este tipo de cita, porque indica desidia del autor. En los tres tipos de cita, preferiblemente se debe agregar el número de la página. Las citas deben estar acompañadas del **apellido del autor** que se cita y el **año de publicación** de la obra citada.

Referencias bibliográficas

Es el listado de las fuentes que se han citado en el texto, es decir, no se deben incluir fuentes que no se hayan citado en el texto. La lista de referencias se ubica al final del documento. La estructura de las referencias es diferente según el estilo que se utilice. Los estilos de citación más comunes son APA, MLA, Vancouver, IEEE y Chicago, entre otros, y están incluidos en los gestores bibliográficos. Así, en un documento en el cual la citación se haya realizado usando un gestor bibliográfico, el cambio de un estilo a otro solo requiere un clic, algo que de forma manual (no automatizada) tomaría demasiado tiempo.

Las nuevas creaciones intelectuales renuevan el cúmulo de conocimientos y enriquecen la cultura de toda la humanidad, este proceso se alimenta de las obras que nuestros antecesores han aportado en el proceso de evolución colectiva. Valorar estas contribuciones abre al camino para que se puedan realizar nuevos aportes en un ambiente de creatividad y respeto.

Referencias

[1] Comisión de la Comunidad Andina - CAN, “Decisión andina 351 de 1993 régimen común sobre

- derecho de autor y derechos conexos”. CAN, 1993.
- [2] Colombia. Congreso de la República, “Ley 23 de 1982 del 28 de enero de 1982, sobre los derechos de autor”. Diario Oficial de la República de Colombia, 1982.
- [3] Colombia. Congreso de la República, “Ley 44 de 1993 por la cual se modifica y adiciona la ley 23 de 1982 y se modifica la ley 29 de 1944”. 1993.
- [4] Colombia. Congreso de la República, “Ley 1915 de 2018 por la cual se modifica la ley 23 de 1982”. may 01, 2018.
- [5] E. A. Belduma Murillo, C. M. Castillo León, G. A. Cely Campoverde, J. C. Ordoñez Pardo, S. M. Toledo Apolo, y R. E. Vivanco Calderón, “Reflexiones sobre el plagio académico”, *Soc. Technol.*, vol. 1, núm. 2, pp. 35–45, 2021, doi: 10.51247/st.v1i1.28.
- [6] Y. Morató Agrafojo, “Una reflexión necesaria sobre el plagio en el EEES”, *Innova*, vol. 1, pp. 361–368, 2012.
- [7] Real Academia Española, “Diccionario de la Real Academia Española”, 2014. <http://dle.rae.es/>.
- [8] J. C. Monroy Rodríguez, *Derecho de autor y derechos conexos: legislación, doctrina y jurisprudencia concordada y comentada*. Bogotá: RRA, 2013.
- [9] W. I. P. O. WIPO, *WIPO glossary of terms of the law of copyright and neighboring rights*. 1980.
- [10] S. Urbina-Ramírez, “Ciberplagio: construyendo trabajos universitarios”, en *Edutec*, 2004, pp. 1–7.
- [11] M. F. Abad-García, “El plagio y las revistas depredadoras como amenaza a la integridad científica”, *An. Pediatria*, vol. 90, núm. 1, 2019, doi: 10.1016/j.anpedi.2018.11.003.
- [12] P. M. Moreno Jimenez y F. Carrillo Martin, *Guía para prevenir, detectar y responder al plagio académico en la universidad*. Universidad del Claustro de Sor Juana, 2019.
- [13] Turnitin, *Los 12 tipos de trabajo no original más comunes*. 2020.
- [14] A. Soto Rodríguez, “El plagio y su impacto a nivel académico y profesional”, *e-Ciencias la Inf.*, vol. 2, núm. 1, pp. 1–13, 2012.
- [15] J. Sureda, R. Comas, y M. Morey, “Las causas del plagio académico entre el alumnado universitario según el profesorado”, *Rev. Iberoam. Educ.*, vol. 50, pp. 197–220, 2009, doi: 10.35362/rie500669.
- [16] R. Comas Forgas, J. Sureda Negre, y M. Oliver Trobat, “Prácticas de citación y plagio académico en la elaboración textual del alumnado universitario”, *Teoría la Educ. Educ. y Cult. en la Soc. la Inf.*, vol. 12, núm. 1, 2011, doi: 10.14201/eks.7837.
- [17] M. A. Echavarría Arcila, *Plagio: ¿Qué es y cómo se regula penalmente? : análisis del plagio como infracción a los derechos de autor y como delito*. Bogota: Grupo Editorial Ibañez ; Universidad Pontificia Bolivariana, 2017.

Capítulo 7. Metodología, cronograma y presupuesto

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

Metodología

La metodología indica cómo se aborda la solución al problema de investigación. Comprende las actividades, donde se incluyen elementos como el diseño de experimentos y la metodología experimental. Con la metodología propuesta se deben cubrir los objetivos, seleccionando métodos para aplicarlos en el contexto particular del proyecto [1].

¿Cómo redactar la metodología?

Una forma sencilla de construir la metodología es a partir de las actividades. Para definir las, puede usarse un diagrama de estructura de desglose de trabajo (EDT) (WBS, Work Breakdown Structure) para cada objetivo específico del proyecto (Fig. 7.1, con objetivos del capítulo 4). Posteriormente estas actividades se listan con subtítulos, como se ejemplifica a continuación [2]. Las *actividades* deben ser descritas con el máximo de *detalles* posible, y la *continuidad* entre ellas debe ser coherente.

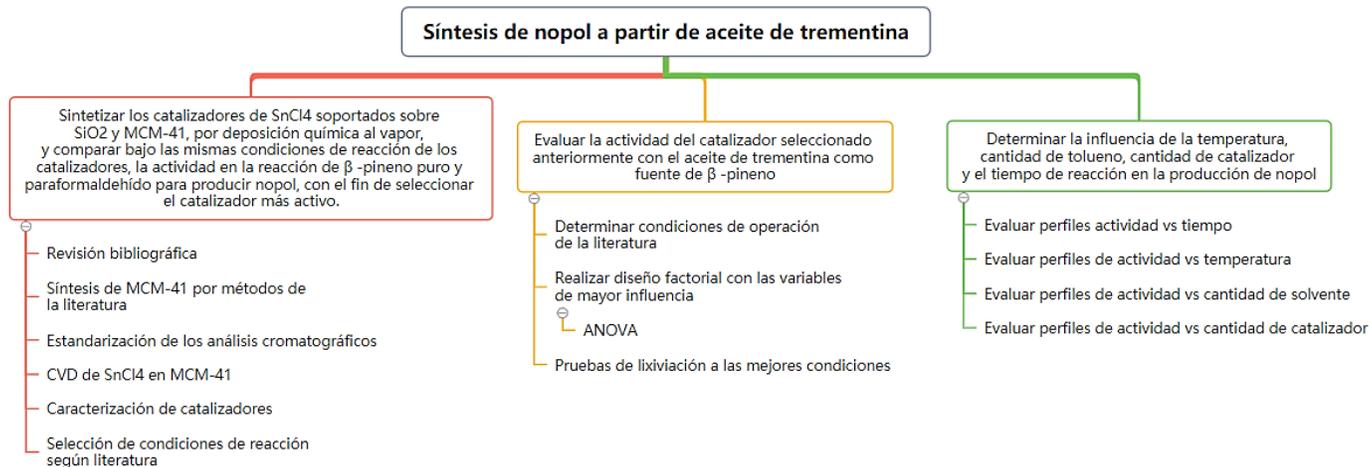


Figura 7.1 Ejemplo diagrama estructura de desglose de trabajo (EDT) caso en ref. [3]. (Elaboración propia con Gitmind. Alternativamente se recomienda Draw.io).

Ejemplo de metodología (de forma parcial, pues solamente tiene en cuenta actividades de la EDT hasta la caracterización de catalizadores):

A continuación, se describen los aspectos metodológicos de cada actividad necesaria para desarrollar este proyecto

1. Revisión bibliográfica

Durante la realización del proyecto se actualizará la información relacionada con los temas de la investigación...

3. Síntesis de MCM-41

El procedimiento de síntesis del soporte, MCM-41, se basa en el método reportado por Grün y colaboradores [24]. Brevemente, en un recipiente de teflón se disuelven 2.2203 g de bromuro de miristiltrimetilamonio, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$, en 120 ml de agua desionizada. Luego, se adicionan 10.6 ml de hidróxido de amonio al 28%. A la mezcla homogénea obtenida se agrega gota a gota 10 g de tetraetilortosilicato (TEOS). Después de agitar una hora, el sólido insoluble se separa por filtración, se lava con abundante agua desionizada, se seca en estufa por una noche a 100°C y se calcina a 550 °C por 5 horas en una mufla.

3. Estandarización de los análisis cromatográficos

La identificación y la cuantificación de los productos de reacción se realizarán por cromatografía de gases con detectores de ionización de llama (FID) y espectrómetro de masas (MS), utilizando muestras puras cuando sea posible...

4. CVD de SnCl_4 en MCM-41

El catalizador Sn-MCM-41 (Sn-SiO_2) se sintetizará por deposición química de vapor (CVD) de SnCl_4 en MCM-41 (SiO_2). En un reactor DGC (dry gel conversion) se agregarán 9.4 μl de SnCl_4 y 0.5 g de MCM-41 (SiO_2) tratada previamente a 100°C por una noche (figura 8); el autoclave se dejará al horno a 100 °C bajo condiciones estáticas por 8 horas. Posteriormente, se enfriará el autoclave con agua, se lavará el catalizador con agua destilada, con el fin de remover los iones cloruro remanentes en la muestra sólida, se secará a 100°C por una noche y se calcinará a 550 °C por 5 horas en una mufla.

5. Caracterización de catalizadores heterogéneos

Con el fin de evaluar el éxito en la síntesis de los materiales y proponer las posibles especies activas para las reacciones de interés, los soportes y los materiales soportados se caracterizarán por ...

En el caso anterior se suelen aplicar análisis estadísticos en la evaluación catalítica de los materiales. Una propuesta común es el diseño a un solo factor con diferentes niveles y réplicas en cada uno de los mismos [4]. Bajo este esquema, se pueden evaluar perfiles de tiempo o temperatura. En el Anexo 7.1 se simplifica la teoría detrás de los diseños experimentales. Se recomienda consultar la referencia [4].

En síntesis, la metodología contiene: diseño y análisis de experimentos y procedimientos experimentales con descripción de técnicas analíticas. También se pueden incluir instrumentos como encuestas, protocolos de entrevistas, procedimientos como etnografía y estudio de casos [5].

Cronograma

La elaboración del cronograma es relativamente sencilla, si la metodología se elabora con base en la EDT, la cual enmarca las actividades principales que se incluyen en él. También pueden resultar otras actividades que no quedaron definidas en el EDT, como la escritura de artículos e informes. Hay varias formas de presentar los cronogramas. En la Tabla 7.1 se

presenta una bastante sencilla y se emplea, por ejemplo, en proyectos de MINCIENCIAS y en proyectos CODI. Otra forma más amigable de presentar el cronograma se muestra en la Tabla 7.2, similar al diagrama de Gantt. La duración de los proyectos usualmente dependerá de los entes financiadores. Por ejemplo, para las prácticas académicas se pueden proponer extensiones de 24 semanas. Como los proyectos de investigación están sujetos a incertidumbres, usualmente se pueden solicitar prórrogas justificadas sin adiciones presupuestales, a diferencia de los proyectos de inversión.

La estimación de la duración de las actividades del proyecto puede determinarse con base en la experiencia previa de los investigadores, asesores u otros expertos en el desarrollo de ese tipo de actividad; además, es recomendable incluir un tiempo de adicional de holgura para prever cualquier contingencia que se pueda presentar. Hay una dependencia del diseño de experimento: número de experimentos y tiempo para desarrollar cada uno de ellos.

Tabla 7.1 Actividades y cronograma del proyecto en meses por rangos de tiempo [2].

Actividad	desde	hasta
Búsqueda bibliográfica	1	36
Identificación de plantas cultivadas en Colombia para la obtención de los aceites esenciales	1	6
Extracción de los aceites esenciales con contenidos mayoritarios de los compuestos de interés en el proyecto	2	8
Caracterización de los aceites esenciales extraídos	5	8
Gestión para la adquisición de reactivos	1	15
Síntesis y caracterización de catalizadores sólidos	3	20
Evaluación catalítica de los materiales sintetizados con los monoterpenos puros	3	15
Evaluación catalítica de los materiales sintetizados con los aceites esenciales de plantas cultivadas en Colombia	13	30
Separación del alcohol homoalílico de uno de los aceites esenciales oxifuncionalizado	29	34
Interpretación y análisis de resultados	1	32
Preparación y publicación de productos de investigación	6	36
Elaboración del informe final	32	36

La visualización del cronograma del proyecto a través de un diagrama de Gantt, es útil para trazar la ruta crítica del proyecto y realizar un seguimiento al mismo, cuando hay cambios en las fechas de ejecución ([GanttProject](#) es una herramienta gratuita). Se puede exportar contenido similar a la Tabla 7.1, pero con fechas y duración, lo cual no resulta del todo amigable para su visualización en la propuesta.

Tabla 7.2 Actividades y cronograma del proyecto en meses por duración de la actividad.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Búsqueda bibliográfica																																						
Identificación de plantas cultivadas en Colombia para obtención de AE																																						
Extracción de aceites esenciales																																						
Caracterización aceites extraídos																																						
Adquisición de reactivos																																						
Síntesis y caracterización de catalizadores																																						
Evaluación catalítica monoterpenos puros																																						
Evaluación catalítica con AE																																						
Separación de alcohol homoalílico de AE oxifuncionalizado																																						
Interpretación y análisis de resultados																																						
Preparación y publicación de productos de investigación																																						
Elaboración de informe final																																						

¿Qué es el diagrama de Gantt y para que se utiliza? [7]

El diagrama de Gantt es una herramienta para *programar, ejecutar y controlar las actividades* de un proyecto mediante una interfaz gráfica. A través de él, se puede redefinir las actividades de un proyecto y los tiempos de finalización (Fig. 7.2). Un caso práctico es el plan de estudios de cualquier carrera; con los prerrequisitos (antecesor fin-inicio en GanttProject) y correquisitos (antecesor inicio-inicio en GanttProject) puedes definir los cursos que no debes aplazar porque hacen parte de la ruta crítica; también podrías definir si adelantar un curso adelantaría la finalización de carrera o si perder alguno cambia la ruta crítica de tu proyecto de universidad.

El primer paso para elaborar un diagrama de Gantt consiste en hacer una lista de todas las actividades (según la EDT) para cumplir cada objetivo específico. A partir de estas actividades, se definen tiempos para realizar cada tarea, prioridades y orden de consecución.

El diagrama de Gantt es útil para determinar la ruta crítica. Para su correcta visualización, es necesario definir los antecesores para cada actividad.

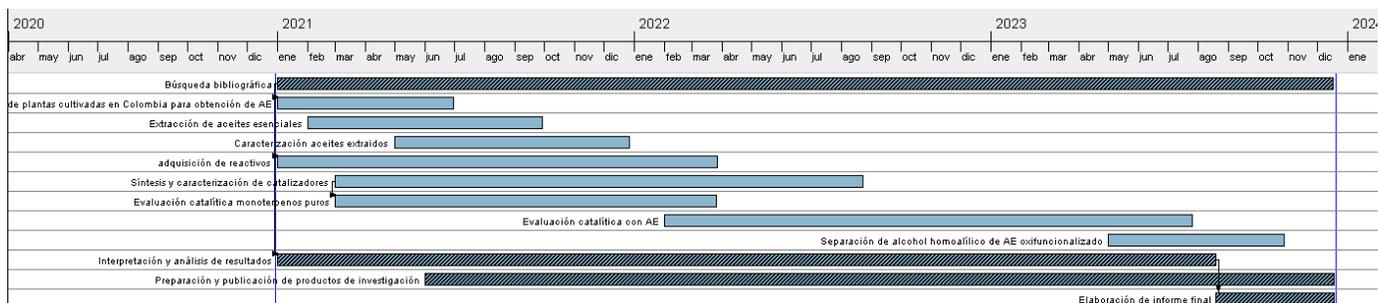


Figura 7.2. Ejemplo de diagrama de Gantt del cronograma anterior. La ruta crítica se destaca con sombreado.

Elaboración del presupuesto del proyecto

Con el presupuesto se estiman los costos del proyecto. Cada entidad financiadora o cofinanciadora define los rubros para el presupuesto. Además, en los términos de referencia se suelen indicar los rubros no financiables. Estos últimos también se deben costear y considerarse como aportes en especie. Los recursos frescos (aportes en dinero) son destinados a rubros financiables y los recursos en especie a rubros no financiables, por ejemplo, uso de espacios de laboratorio, costos de algunos investigadores del proyecto, uso de equipos existentes, etc. Los recursos en especie, normalmente, hacen parte de la contrapartida de las entidades ejecutoras o coejecutoras. Los presupuestos de diferentes entidades comparten algunos elementos en común, como se muestra en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3 Rubros según tipo de proyecto.

Proyecto BUPPE (Banco universitario de programas y proyectos de extensión)	Proyecto MINCIENCIAS
Personal	Personal
Servicios técnicos	Bibliografía
Viáticos	Equipos
Pasajes	Eventos académicos
Transporte	Materiales
Eventos	Publicaciones
Seguros y pólizas	Salidas del campo
Publicaciones	Servicios técnicos
Telecomunicaciones y acceso a internet	Uso de espacios
Servicios de apoyo para el funcionamiento de laboratorios	Software
Mantenimiento reparación de equipos	Viajes y gastos de viaje
Material fungible	Gastos de operación (7%)
Materiales insumos y reactivos	Seguimiento y evaluación (3%)
Infraestructura	
Bibliografía	
Software	
Equipos	

* En negrilla, algunos rubros que suelen usarse en trabajos de grado.

Según los proyectos BUPPE, algunos rubros son:

- Viáticos: recursos para el alojamiento, alimentación y transporte de los servidores públicos, contratistas, invitados y participantes cuando deban desempeñar funciones en lugar diferente a su sede habitual de trabajo.
- Eventos: gastos para la realización de eventos oficialmente aprobados por la Universidad en el desarrollo de su misión y para atender los convenios suscritos para tal fin, como congresos, conferencias, seminarios, foros, conciertos, presentaciones teatrales, artísticas y culturales; incluye todos los elementos logísticos requeridos en la actividad.
- Material fungible: adquisición de bienes tangibles e intangibles de consumo final o fungible, que no se deben inventariar, ni son objeto de devolución, como papel y útiles de escritorio, formas continuas, memorias para computador, mouse, tóner de impresora, materiales didácticos, elementos de aseo, entre otros

* En eventos, se debe tener en cuenta si se trata de la realización o asistencia a uno.

Para elaborar el presupuesto, se recomienda tabular los costos por cada rubro y una tabla de presupuesto general, que se presenta inicialmente (Tabla 7.4), pero se elabora al final después de tener las tablas de los presupuestos de cada rubro. Se debe agregar una columna adicional si el proyecto incluye una contrapartida en dinero o especie. En todo caso, las entidades financiadoras tienen sus propias plantillas para elaborar los presupuestos. Se debe tener en cuenta que el presupuesto depende del cronograma y la metodología (Fig. 7.3); uno debe establecer el costo de personal, pagos mensuales y demás por la duración del proyecto. Si en la metodología se establece el uso de equipos, se define su pago a través de servicios, pero si se requiere comprar algún equipo descrito en la metodología, obviamente este hará parte del proyecto. En el Anexo 4.2 se presenta un ejemplo de presupuesto para proyecto CODI. A continuación, un ejemplo basado en [3]:

Tabla 7.4. Presupuesto global del proyecto.

Rubros	Recursos frescos	Recursos en especie	Total (miles de pesos)
Personal	0	480	480
Equipos	0	3500	3500
Materiales y reactivos	2583	0	2583
Servicios técnicos	206	0	206
Total	2789	3980	6769

Tabla 7.5. Descripción gastos de personal.

Nombre	Formación	Función	Dedicación (horas/semana)	Costo (\$/h)	Total (miles de pesos)
Asesor 1 (contrapartida)	PhD	Asesor	20	15000	480
Estudiante 1	Estudiante	Aux. investigación	20	*---	*---
Estudiante 2	Estudiante	Aux. investigación	20	*---	*---
TOTAL					480

*Podría valorar el aporte en especie de su tiempo de dedicación el proyecto.

Tabla 7.6. Descripción de equipos.

Equipo	Costo (miles de pesos)
Cromatógrafo de gases (mantenimiento y alquiler) (contrapartida)	2000
Otros (hornos, planchas de calentamiento, bomba, campana, vidriería, etc.) (contrapartida)	1500
TOTAL	3500

Tabla 7.7. Descripción de materiales y reactivos.

Material/Reactivo (pureza)	Cantidad	Costo (miles de pesos)
Paraformaldehído (95%)	100 g	67
Aceite de Trementina	500 ml	4
Tolueno (99.5%)	500 ml	66
Gases cromatógrafo (Cilindros)	2xN ₂ , 2xaire, 4xHe, 1xH ₂	1200
Bolsa atmósfera Inerte	1	200
Guantes de Látex	100 pares	20
Viales y septas	100 unidades	204
Agujas micropipetas	1000	100
TOTAL		2583

Tabla 7.8. Descripción de servicios técnicos.

Servicio	Cantidad	Costo (miles de pesos)
DRX	3	36
Área superficial	2	130
Absorción Atómica de Sn	2	40
TOTAL		206

Consideraciones finales

En la Fig. 4.1 se muestra la secuencia de una construcción lineal de la propuesta de investigación; sin embargo, hay algunas interrelaciones que se ilustran en la Fig. 7.3. La *semilla* del proyecto es la identificación del problema. En el esquema se resaltan los objetivos específicos, ya que se plantean de forma bidireccional con el objetivo general y alimentan la construcción de la metodología y el marco teórico. Este último, usualmente se desarrolla después del estado del arte, pero se dejan al mismo nivel, porque en ciertas propuestas se unifican. El estado del arte alimenta el planteamiento del problema y viceversa, y en ciertas propuestas se combinan en forma de una introducción. Aunque se resalta su dependencia, los productos, impactos y riesgos se resaltan con el mismo color, ya que no se incluyen en todos los tipos de propuestas. Finalmente, se resalta que, implícitamente, los productos e impactos también dependen de los resultados esperados; una vez se ha ejecutado el proyecto, los resultados obtenidos permiten verificar la hipótesis.

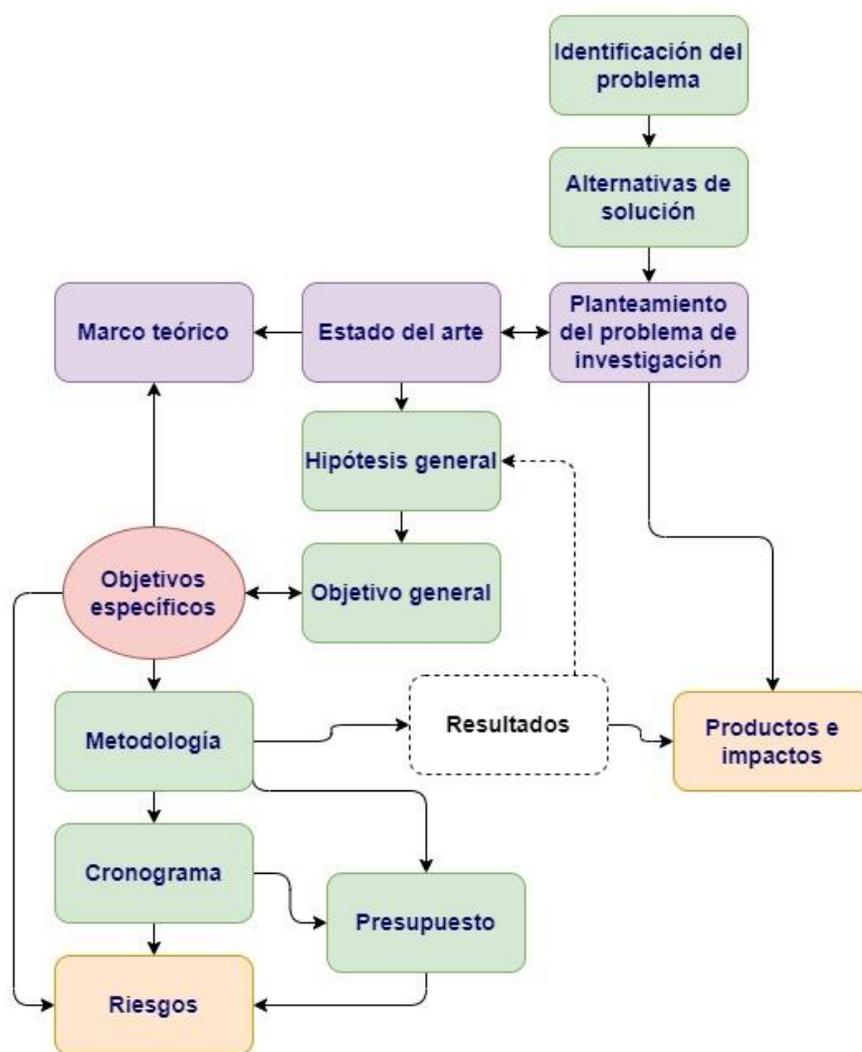


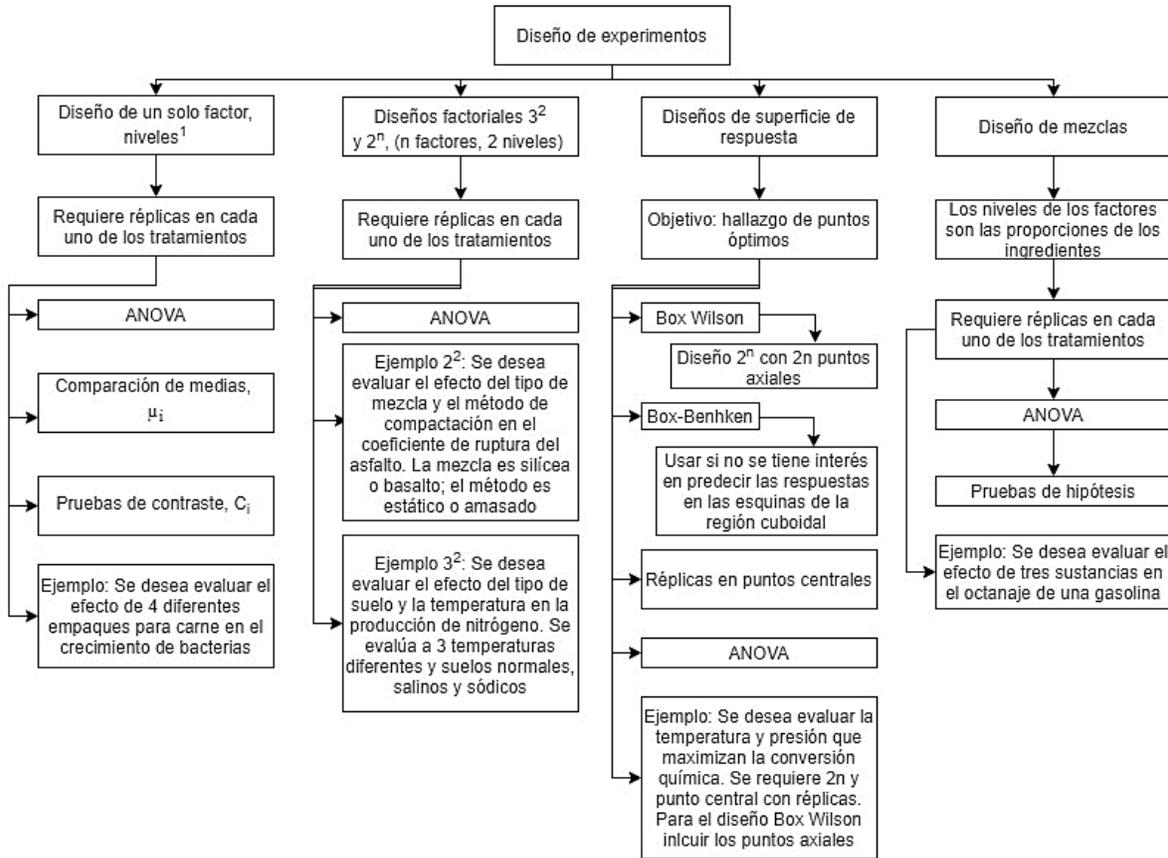
Figura 7.3 Secuencia e interrelación para la formulación de la propuesta de proyecto.
(Elaboración propia en Draw.io).

El Anexo 4.2 contiene un proyecto completo, como ejemplo para el desarrollo de los ítems de la propuesta, el cual complementa los ejemplos parciales en cada una de las secciones. Para finalizar, en el Anexo 7.2 se propone una rúbrica de evaluación de los ítems del proyecto discutidos hasta acá. En ella se observa de forma resumida los principales elementos de cada ítem de la propuesta y, por tanto, sirve como guía rápida de conceptos.

Referencias

- [1] R. Hernández-Sampieri, C. Fernández-Collado, and M. del P. Baptista-Lucio, *Metodología de la investigación*. Mc. Graw Hill, 2010.
- [2] E. Alarcón, A. Villa, J. Martínez, and E. Stashenko, “Apartes del proyecto COLCIENCIAS elaborado por Edwin Alarcón, IP,” 2016.
- [3] E. Alarcón, “propuesta trabajo de grado «Síntesis de nopol a partir de aceite de trementina»,” Universidad de Antioquia, 2004.
- [4] R. O. Kuehl, *Diseño de experimentos*. Thomson Learning, 2000.
- [5] F. Pajares, “Los elementos de una propuesta de investigación.” <https://www.uky.edu/~eushe2/Pajares/ElementsInSpanish.pdf> (accessed May 29, 2019).
- [6] “Técnicas y herramientas para la gestión de proyectos,” *Universidad de Sevilla*. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70193/fichero/4.+TÉCNICAS+Y+HERRAMIENTAS+PARA+LA+GESTIÓN+DE+PROYECTOS.pdf> (accessed May 30, 2019).
- [7] “¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?,” *OBS Business School*. <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve> (accessed May 30, 2019).

Anexo 7.1 Resumen de tipos de diseño de experimental.



Elaboración propia con Draw.io.

Anexo 7.2 Rúbrica para valorar los ítems de la propuesta de un proyecto de investigación.

	Claramente definido	Bien definido	Regularmente definido	Insuficientemente definido	Pobremente definido
Ítem	5	4	3	2	1
Planteamiento del problema	El problema está bien justificado y es viable para iniciar una investigación. Es clara su justificación desde lo social o científico. Se identifican preguntas de investigación o hipótesis.	El problema está bien justificado y es viable para iniciar una investigación. Es clara su justificación desde lo social o científico.	El problema requiere de ajustes menores para que en su justificación y viabilidad haya suficiencia para iniciar una investigación.	El problema está débilmente justificado para iniciar una investigación.	El problema no está adecuadamente justificado.
Estado del arte	Se basa en referencias actualizadas y pertinentes con respecto al problema. Se asume postura crítica frente a lo que se ha hecho y falta por hacer.	Se basa en referencias actualizadas y pertinentes con respecto al problema.	Se basa en referencias actualizadas y pertinentes con respecto al problema, pero requieren ampliar la revisión.	Se basa en algunas referencias poco actualizadas y pertinentes con respecto al problema.	Se basa en referencias desactualizadas y no pertinentes con respecto al problema.

	Claramente definido	Bien definido	Regularmente definido	Insuficientemente definido	Pobremente definido
Ítem	5	4	3	2	1
Marco teórico	Se incluye información suficiente para comprender la investigación. Utiliza vertebración de índices o método de mapeo; si usa este último, incluye mapa conceptual o mental como anexo.	Se incluye información suficiente necesario para comprender la investigación. No se identifica entre vertebración de índices o método de mapeo.	Se requiere ajustes mínimos para incluir la información necesaria para comprender la investigación.	La información incluida requiere ampliarse para comprender la investigación.	No se incluye información necesaria para comprender la investigación.
Hipótesis	Se enuncia adecuadamente una hipótesis general que sirve para iniciar una investigación. Los enunciados están en forma de suposición o pregunta de investigación. Está sustentado por el estado del arte. En caso de que incluya hipótesis específicas, se relacionan con los objetivos específicos. Es verificable con los medios tecnológicos disponibles.	Se enuncia adecuadamente una hipótesis general que sirve para iniciar una investigación. No está adecuadamente sustentado por el estado del arte.	La hipótesis general requiere de ajustes menores como insumo para iniciar una investigación.	La hipótesis no se relaciona con la investigación.	No plantea hipótesis.
Objetivos	El objetivo general está relacionado con la hipótesis. Los objetivos específicos son alcanzables, claros y medibles. Existe relación entre el objetivo general y los específicos. Es coherente con el árbol de objetivos (para el caso de los proyectos sociales), las hipótesis específicas están relacionadas con los objetivos específicos o se puede deducir implícita o explícitamente una hipótesis general (en caso de incluir los objetivos específicos).	El objetivo general está relacionado con la hipótesis. Los objetivos específicos son alcanzables, claros y medibles. Existe débil relación entre el objetivo general y los específicos.	El objetivo general está relacionado con la hipótesis. Los objetivos específicos requieren ajustes menores para ser alcanzables, claros y medibles.	El objetivo general está débilmente relacionado con la hipótesis.	Los objetivos no se relacionan con las hipótesis.
Metodología	Los métodos de investigación son claros y pertinentes para lograr los objetivos. Presenta un desglose de actividades a través de una EDT (Anexo). Incluye diseño experimental (si aplica). En caso de que aplique incluye instrumentos (encuestas, etc.).	Los métodos de investigación son claros y pertinentes para lograr los objetivos. No presenta un desglose de actividades a través de una EDT.	Los métodos de investigación requieren ajustes menores con el fin de ser claros y pertinentes para lograr los objetivos.	Los métodos de investigación no son claros ni pertinentes para lograr los objetivos.	No presenta una metodología completa y con una estructura coherente.
Cronograma	Las actividades señaladas se corresponden con los objetivos y la metodología. El tiempo y la secuencia de ejecución de cada actividad es coherente. Incluye presentación de informes y búsqueda bibliográfica.	Las actividades señaladas se corresponden con los objetivos y la metodología. El tiempo y la secuencia de ejecución de cada actividad requiere de	Hay actividades de la EDT que no están incluidas en el cronograma.	Se presentan actividades sin asignarles tiempo de ejecución.	El cronograma de actividades no se presenta.

	Claramente definido	Bien definido	Regularmente definido	Insuficientemente definido	Pobremente definido
Ítem	5	4	3	2	1
		ajustes.			
Presupuesto	Se presentan todas las tablas de presupuesto con rubros y sub-rubros y los costos debidamente asignados. Se diferencian entre fuentes de financiación, y si son recursos frescos o en especie. Los rubros y costos asignados se corresponden con la metodología, cronograma y alcance del proyecto.	Se presentan todas las tablas de presupuesto con rubros y sub-rubros y los costos debidamente asignados. Se diferencian entre fuentes de financiación, y si son recursos frescos o en especie.	Se presentan todas las tablas de presupuesto con rubros y sub-rubros, pero los costos no están debidamente asignados.	No se presentan todas las tablas de presupuesto.	No se incluyen las tablas de presupuesto del proyecto.
Bibliografía (se sugiere un gestor de referencias)	Se citan las fuentes apropiadamente en el texto. Son actualizadas y acordes con la temática del proyecto. Se evidencia el uso de diferentes fuentes de información: artículos, patentes, informes técnicos, libros, etc.	Se citan las fuentes apropiadamente en el texto. Son actualizadas y acordes a la temática del proyecto. No se evidencia el uso de diferentes fuentes de información.	No se citan las fuentes apropiadamente en el texto o no están presentadas de manera uniforme en la bibliografía.	No se presentan citas en el texto. Información no actualizada.	No se citan las referencias en el texto, ni se incluye la bibliografía.

Capítulo 8. Productos, impactos y riesgos

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

Hasta el capítulo anterior, muchos proyectos tendrán sus ítems completos, pues no siempre se exige enunciar sus impactos y riesgos. Sin embargo, así no se soliciten, se recomienda formularlos e incluirlos en el proyecto. Como se ha planteado, los proyectos son una solución sistemática a un problema u oportunidad, motivo por el cual, en su formulación se debe tener la seguridad de aplicarlos en ámbitos de la vida personal y profesional. No nos enfocamos únicamente en proyectos de investigación, sino también a proyectos de emprendimiento, que se discuten posteriormente.

Productos

El producto es el bien o servicio concreto y observable, con proyección social, derivado del desarrollo de actividades del proyecto. Los productos finales sirven como medida para confirmar que se han cumplido los objetivos. En la matriz de marco lógico, *los componentes son los productos o servicios que el programa o proyecto entrega para resolver el problema* [1]. A continuación, se listan productos de proyectos de investigación de la Universidad de Antioquia; cabe mencionar que no están en la lista otros productos, como nuevos servicios, patentes, modelos de utilidad y prototipos; incluso, por ejemplo, en un proyecto en el que se evalúa una nueva formulación de un producto cosmético, dicha formulación, o su artículo terminado, también serán productos de ese proyecto.

Productos de formación:

- Formación de estudiantes de doctorado/maestría.
- Formación de estudiantes de pregrado.
- Formación de jóvenes investigadores.
- Pasantías en el exterior.

Producto de nuevo conocimiento:

- Publicación en revista nacional o internacional (indexada en ISI, Scopus, etc., clasificada en Q1, Q2, Q3).

Producto de apropiación social del conocimiento:

- Presentación de ponencia o póster en un evento de divulgación científica nacional o internacional.
- Divulgación de los resultados en un evento de carácter no científico.

- Publicación de artículos en revistas no científicas, de circulación nacional o internacional
- Diseño y dictado de cursos de extensión universitaria.

Impactos

Los impactos del proyecto se derivan de la utilización de los productos del proyecto. Se evidencian una vez finalizado el proyecto, en el corto o largo plazo. Se determinan a través de una evaluación del proyecto, denominada evaluación *ex-post*.

Para determinar el impacto, se hace una comparación entre una *situación “con proyecto”* vs. otra *“sin proyecto”* [1]. “El impacto está compuesto por los fines a mediano y largo plazo que tiene un proyecto o programa para la población objetivo y para el entorno, sean estos fines o consecuencias deseados (planificados) o no deseados” [2]. En el árbol de objetivos, los impactos se pueden evidenciar en los fines del proyecto.

Se deben prever los impactos durante la etapa de formulación del proyecto. Por ejemplo, en los impactos para un proyecto de MINCIENCIAS, se debe evaluar si aplican, o no, para el proyecto y, por supuesto, se debe hacer una descripción detallada de ellos mismos. La tarea es identificar, en cada proyecto, cuáles de estos impactos aplican. Si hay afectaciones negativas, en aspectos como la población y el ambiente, se deben hacer ajustes al proyecto para disminuir tales las afectaciones, lo que guarda estrecha relación con la definición de los riesgos y su gestión. Los tipos de impactos para un proyecto de MINCIENCIAS son:

- Impactos regionales: son los productos del proyecto que están relacionados con el área de influencia del proyecto.
- Impactos en las políticas públicas: con los productos del proyecto hay posibilidad de cambios en las políticas del Estado.
- Impactos sobre la productividad y competitividad: los productos del proyecto ayudan a un mejor clima para el emprendimiento, mejorando la productividad y competitividad de los ya establecidos.
- Impactos en la calidad de vida de la población: los productos del proyecto pueden mejorar diversos aspectos de la calidad de vida de la población. También se debe identificar si las afectaciones por el desarrollo del proyecto pueden ser negativas para la calidad de vida de la población.
- Impactos en el desarrollo de un campo de estudio: los productos pueden aumentar los conocimientos en un campo de estudio y generar nuevos desarrollos.
- Impactos ambientales: desde el planteamiento del problema, se puede prever si hay soluciones ambientales a alguna problemática de la sociedad. También se debe

identificar si las afectaciones por el desarrollo del proyecto pueden ser negativas para el medio ambiente.

Riesgos

Un riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un evento o situación, y si ocurriera, tendría un impacto en el presupuesto, el cronograma o el alcance. Todos los proyectos son susceptibles a los riesgos, que se deben identificar previamente puesto que pueden poner en peligro la capacidad para alcanzar los objetivos o resultados del proyecto. Los riesgos que no pueden ser identificados, entran en el campo de la incertidumbre y también pueden afectar el desarrollo de un proyecto. Por ejemplo, uno puede prever alguna enfermedad general de un miembro del equipo investigador, pero seguramente no una situación de pandemia global que afecte negativamente el desarrollo total de un proyecto. El impacto suele ser negativo, pero a veces puede ser positivo en el sentido de que puede surgir una oportunidad del riesgo que permite la optimización, como un avance imprevisto en el cronograma, una solución de menor costo o un avance técnico [3]. Los riesgos identificados se evalúan en función de su probabilidad de ocurrencia y del posible impacto generado en el proyecto.

A menudo, un proyecto (no de investigación) tendrá una cantidad de su presupuesto como una contingencia para cubrir los riesgos. El presupuesto de contingencia se mantiene por separado del presupuesto del proyecto. La reserva a menudo es del 10 % para un proyecto tradicional o del 30 % o más para proyectos más riesgosos [3].

MINCIENCIAS sugiere redactar los riesgos con base en la siguiente estructura: “Como consecuencia de (ingrese la causa), existe la posibilidad de que (evento posible futuro) ocasionando (ingresar el efecto)” [4]. Ejemplo: como consecuencia de un aumento de la tasa de cambio, existe la posibilidad de que no se puedan adquirir equipos robustos, ocasionando un aumento del presupuesto del proyecto y del cronograma por la necesidad de gestionar nuevos recursos; la compra fallida del equipo ocasionaría el incumplimiento del objetivo específico 1.

Gestión del riesgo

La gestión de riesgos es el proceso de identificación y priorización de los mismos, para que la administración del proyecto enfoque recursos hacia su mitigación, para evitar que se materialicen y en caso de que llegaran a materializarse.

La evaluación del riesgo incluye medidas tanto cualitativas como cuantitativas. Las medidas cualitativas identifican los factores de riesgo y los tipos de riesgos, mientras que las medidas cuantitativas caracterizan la magnitud del riesgo. Dichas medidas se pueden utilizar para desarrollar aportes para programar y evaluar los costos de los riesgos, lo que ayuda al líder del proyecto a lidiar adecuadamente con los riesgos del proyecto.

Los pasos básicos en la gestión del riesgo son:

Identificación del riesgo

Para la identificación del riesgo, se recomienda trabajar en equipo listando tantos problemas potenciales como se puedan, usando técnicas de lluvia de ideas. Es recomendable la consulta a expertos y el estudio de otros proyectos terminados, de donde se pueden obtener lecciones aprendidas que permitan identificar algunos riesgos potenciales. En la Fig. 8.1 se presenta un listado de potenciales problemas identificados para proyectos de investigación o emprendimiento [5-7].

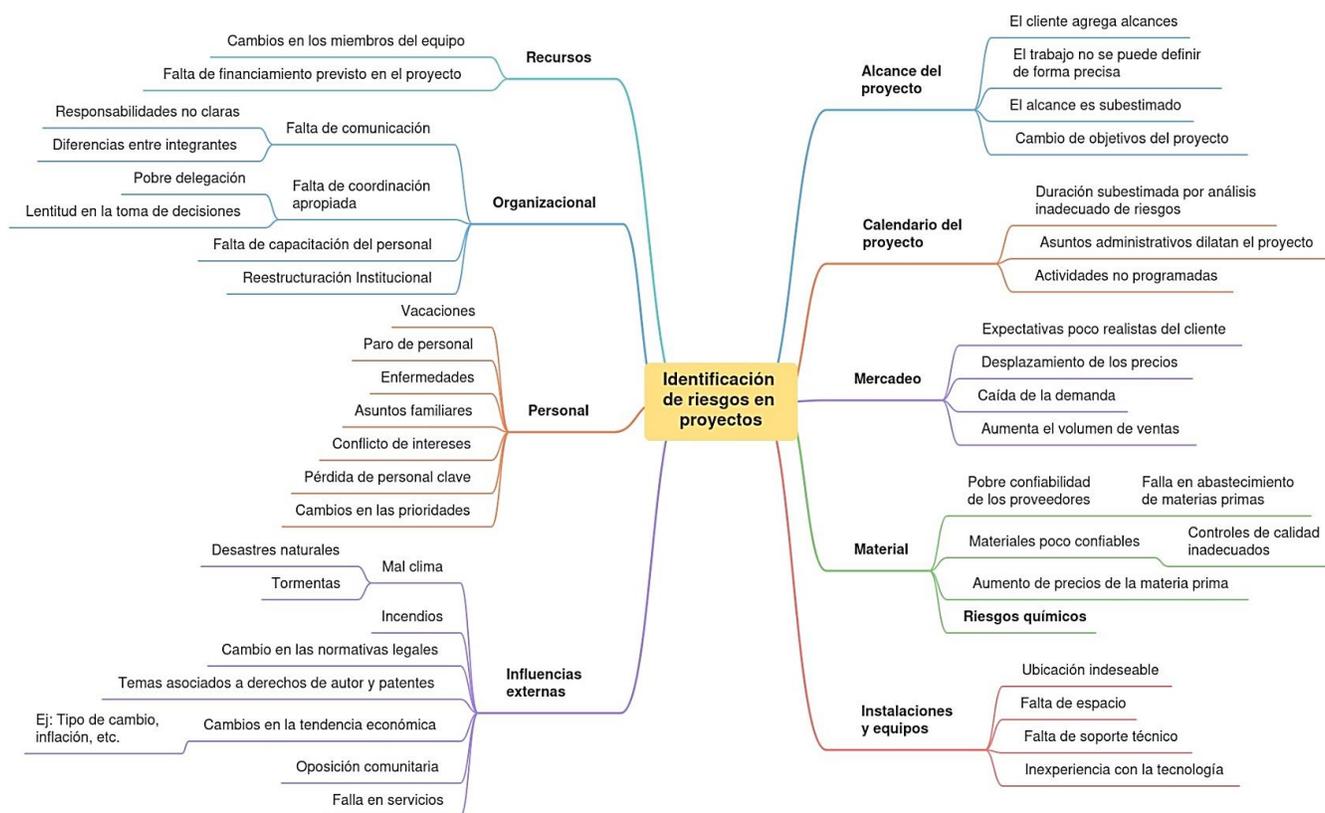


Figura 8.1 Riesgos potenciales en proyectos de investigación y emprendimiento.

Cuantificación y análisis del riesgo [8]

Para cuantificar el riesgo, se evalúa su probabilidad y su impacto. Se recomienda hacerla de forma cualitativa, mediante una escala alfabética o numérica. Como método para evaluar su probabilidad, se sugiere usar una escala de 5 categorías, asignando un valor de *muy alto* (MA), *alto* (A), *medio* (M), *bajo* (B) o *muy bajo* (MB) para cada riesgo, según la probabilidad de 0 a 100%. Para los datos numéricos, las categorías se pueden combinar en el rango de probabilidad de 1 a 5, como se ilustra en la Tabla 8.1.

- Muy alto: 80% o mayor (Muy probable)
- Alto: Entre 50 y 79% (Probable)
- Medio: Entre 20 y 49% (Probabilidad media)
- Bajo: 10 y 19% (Improbable)
- Muy bajo: 9% o menos (Muy improbable)

Tabla 8.1 Gestión del riesgo en construcción y operación planta de NOPCO (ejemplo hipotético).

Riesgo	Probabilidad* (MA/A/M/B/MB)	Impacto* (MA/A/M/B/MB)	Riesgo global	Prioridad**	Acción
Oposición comunitaria	MA (5)	MA (10)	50	Muy alta (25-50)	Evitar
Enfermedades del personal	A (4)	A (5)	20	Alta (11-24)	Transferir/ Mitigar
Riesgos químicos	B (2)	M (3)	6	Medio (5-10)	Mitigar/ Prevenir
Cambio en normatividad	M (3)	MB (1)	3	Baja (3-4)	Presumir
Desastre natural	MB (1)	B (2)	2	Muy baja (1-2)	Presumir

*Para los datos numéricos, las categorías se pueden combinar en el rango de probabilidad de 1 a 5, e impacto de 1 a 10). **Se indica entre paréntesis los rangos numéricos para definir la prioridad. Se podría incluir una columna adicional para describir las acciones. Adaptada de [6].

El mínimo *impacto del riesgo* es cero, pero tanto las unidades, como el valor máximo, son específicos del riesgo (alcance, cronograma, costo, calidad, etc.). Un método común para la evaluación cualitativa utiliza 5 categorías, asignando valores de *muy alto (MA)*, *alto (A)*, *medio (M)*, *bajo (B)* o *muy bajo (MB)* para cada riesgo, con valores numéricos en escala de 1 a 10 según se muestra en la Tabla 8.1. Comúnmente se relacionan con el objetivo y el plan del proyecto de la siguiente manera:

- Muy alto/Alto: el objetivo del proyecto está en riesgo (cambio obligatorio a uno o más ítems del alcance, cronograma y recursos).
- Medio: los objetivos del proyecto están bien, pero se requiere una replanificación significativa.
- Muy Bajo/Bajo: no hay grandes cambios en el plan; el riesgo no es molestia o se manejará a través de un trabajo extra.

Con cinco niveles en la probabilidad, y en el impacto una evaluación cualitativa del riesgo, se muestra en la Tabla 8.1. Allí se indican dos columnas adicionales relacionadas con la respuesta del riesgo, según se describe a continuación. Tenga presente que, a excepción de *Evitar*, las acciones planteadas en la Tabla 8.1 podrían ser otras.

Respuesta al riesgo [5]

Para abordar cada riesgo potencial, se puede incluir la evaluación y elección entre las diferentes alternativas, y crear planes de acción específicos. Algunas estrategias son:

- **Evitar (prioridad de 25 a 50):** aquí se elige un curso de acción que elimine su exposición a la amenaza. Retrasar el despegue de una aeronave, debido a una amenaza climática, es un buen ejemplo perfecto sobre cómo evitar el riesgo. En el proyecto no se debería avanzar hasta no disminuir el puntaje.
- **Transferir (prioridad de 11 a 24):** consiste en trasladar, delegar o responsabilizar a otro de asumir el riesgo. El ejemplo más común es adquirir un seguro, donde se traslada el riesgo a un tercero. La transferencia del riesgo no lo elimina, sino que, simplemente, hace responsable a otra parte por el impacto del riesgo. Si un riesgo no se puede transferir, se puede optar por evitarlo o mitigarlo.
- **Prevenir (prioridad de 5 a 24):** se refiere a las medidas adoptadas para *reducir la probabilidad de que ocurra un problema potencial*. Por lo general, es el primer curso de acción para tratar los riesgos. La prevención comienza con identificar las causas de los problemas potenciales y determinar la causa raíz. Ejemplo: ante riesgo de incendio, una medida preventiva es capacitar previamente al personal del proyecto.
- **Mitigar (prioridad de 5 a 24):** el objetivo es *reducir los efectos negativos de un riesgo que llegue a ocurrir*. En este caso, se toman medidas para disminuir su impacto. Por ejemplo, instalar bolsas de aire en automóviles no reduce la probabilidad de accidentes, sino que reduce significativamente sus efectos.
- **Presumir (prioridad de 1 a 4):** esto significa que se conoce el riesgo, pero, debido a su baja prioridad, se decide no tomar ninguna medida al respecto. Es también una estrategia válida, donde las consecuencias del riesgo son menos costosas que el esfuerzo requerido para prevenirlo.
- **Planificar contingencias (prioridad de 5 a 24):** los planes de contingencia *son un registro de acciones específicas que se deben tomar frente a los diferentes tipos de riesgos, de media hasta alta prioridad*. Aunque están destinados a tratar los riesgos solo después de que ocurrieron, los planes de contingencia se deben desarrollar con anticipación. La planificación de contingencia se debe hacer para los *problemas que quedan después de haber tomado medidas preventivas*.

Referencias

- [1] E. Ortegón, J. F. Pacheco, and A. Prieto, *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Naciones Unidas, 2013.
- [2] R. Bello, “Curso/taller. Modulo 3. Evaluación del impacto. CEPAL,” 2009. https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/impacto_rbcbpoy.pdf (accessed May 31, 2019).
- [3] L. Wingate, *Project Management for Research and Development. _ Guiding Innovation for Positive R&D Outcomes*. CRC Press, 1995.
- [4] MINCIENCIAS, Documento de tipología de proyectos, Sexta versión.
- [5] G. R. Heerkens, *Project management*. Mc. Graw Hill, 2001.
- [6] P. Lledo, *Técnico en Gestión de Proyectos: Claves para aprobar el examen CAPM®*, 2nd ed. 2013.
- [7] J. Sterkin, “21 riesgos típicos en proyectos,” 2007. <https://iaap.wordpress.com/2007/09/26/21-riesgos-tipicos-en-proyectos/> (accessed Jun. 06, 2019).
- [8] T. Kendrick, *Identifying and managing project risk: essential tools for failure-proofing your project*. AMACOM books, 2003.

Capítulo 9. Presentación de resultados de investigación

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

Una vez ejecutado un proyecto de investigación, se debe generar un informe de resultados, que se suele presentar en eventos mediante exposición oral o cartel (póster), o de forma escrita como reporte de investigación o artículo científico. Algunos eventos en los que se realizan presentaciones orales, o se exponen carteles, son:

- Workshop (taller): taller o evento para formarse en un tema de manera intensiva acerca de un tópico. Usualmente dura uno o dos días.
- Coloquio: reunión en la que se expone y se discute acerca de un tema determinado.
- Seminario: reunión especializada de naturaleza técnica y académica, cuyo objetivo es llevar a cabo un estudio profundo sobre determinadas cuestiones o asuntos. Usualmente se desarrolla en un entorno universitario, con un grupo reducido de personas (decenas) y en corto tiempo (hasta 2 horas).
- Encuentro anual: reunión periódica de miembros de una sociedad.
- Congreso: reunión periódica para debatir y divulgar trabajos de investigación.
- Simposio: reunión de especialistas en una materia, para tratar y discutir sobre algo concreto relacionado con su especialidad.
- Conferencia: es el evento de mayor tamaño en asistentes. Dura desde pocos días hasta una semana.

Características de un informe de investigación

Según las entidades financiadoras, hay formatos para presentar informes de investigación. Para realizar una comparación, a continuación se incluyen los contenidos de los formatos para *propuestas* e *informes* (excepto empresarismo) en la facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia:

Tabla 9.1 Comparativo del contenido de la propuesta y del informe final de práctica académica (excepto empresarismo) en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

Ítem	Propuesta	Informe final
Título		
Resumen	No aplica.	Se describen en pasado y de manera sucinta el problema y los resultados obtenidos del proyecto. Máximo 500 palabras.
Introducción	Debe hacerse una descripción del problema a abordar, la justificación, sus antecedentes (breve estado del arte) y la formulación de la hipótesis o pregunta de investigación.	Incluye los elementos de la propuesta, pero se puede presentar de forma más extensa y detallada. Si incluye aspectos metodológicos, se recomienda redactarlos en pasado.
Objetivos	Se detallan el objetivo general y los objetivos y específicos	
Marco Teórico	Se exponen los conceptos teóricos que sustentan el desarrollo del trabajo, debidamente referenciados.	Incluye los elementos de la propuesta, pero se puede presentar de forma más extensa y detallada.
Metodología	Se describen las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados. Se redacta en futuro.	Se describe cada paso realizado y las técnicas empleadas para el desarrollo del proyecto. Se redacta en pasado.
Cronograma	Se escriben las diferentes actividades a realizar según la metodología, indicando el tiempo programado para su ejecución.	No aplica.
Resultados Esperados	Se describe lo que se espera alcanzar con la ejecución de la propuesta.	No aplica.
Resultados y análisis	No aplica.	Se describen los resultados obtenidos y el análisis de su validez. Como herramientas, pueden emplearse gráficas, tablas, técnicas de análisis de datos, resultados de estudios previos, entre otros.
Conclusiones	No aplica.	Se presentan en forma concreta y lógica las conclusiones del trabajo. Las conclusiones deben ser la respuesta a los objetivos o propósitos.
Presupuesto	Se escriben los recursos necesarios para la realización del proyecto.	No aplica.
Referencias bibliográficas	Citar y referenciar adecuadamente	
Anexos	Podría aplicar.	Se incluya anexos, si estos son necesarios.

El artículo científico

Un artículo científico corresponde a una de las formas de comunicar los resultados de una investigación. A grandes rasgos, se distinguen tres tipos de artículos científicos: investigación original, comunicación corta y revisión. El contenido de un artículo científico podría variar de una revista a otra. Por lo general, su estructura es la siguiente:

- Título
- Resumen y palabras clave
- Introducción
- Materiales y métodos
- Resultados (o Resultados y discusión)
- Discusión
- Conclusiones
- Agradecimientos
- Referencias
- Material suplementario

En la Fig. 9.1 se propone un orden (adaptado de [1]) para construir un artículo, incluyendo algunas pautas de interés, y se describen las principales recomendaciones para su construcción. A continuación, se definen lineamientos adicionales. Se debe tener en cuenta que la lectura previa de artículos relacionados, ayuda a definir el estilo para elaborar el informe.

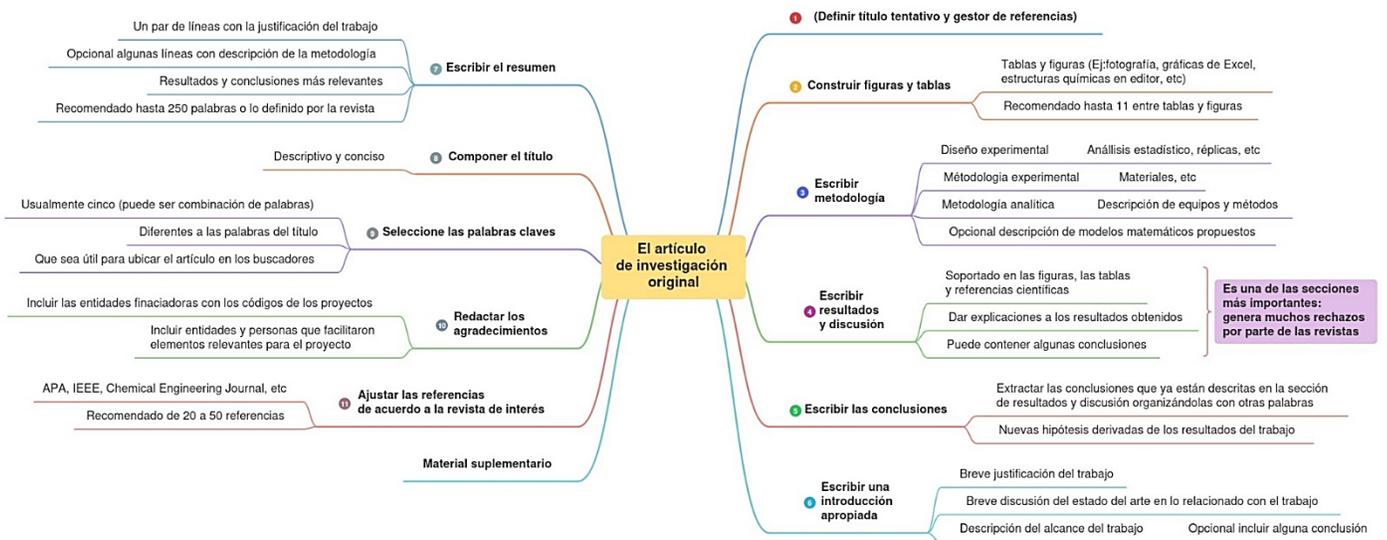


Figura 9.1. Orden recomendado para redactar el artículo científico, con aspectos relevantes.

El título tentativo del artículo es una forma de guiar al escritor en el desarrollo de las siguientes etapas del artículo. Como título tentativo, se puede describir el tema que fue desarrollado en el trabajo. Más adelante se definen pautas para redactar un título definitivo.

Gestor bibliográfico Es importante elegir y usar un gestor de referencias para gestionar la información bibliográfica de las fuentes consultadas que se citarán en el artículo. Los más comunes son Zotero y Mendeley, ambos gratuitos. Se debe seleccionar una revista a la cual someter el manuscrito, y redactarlo siguiendo sus instrucciones para los autores. Algunas revistas exigen que las citas y las referencias del manuscrito se hayan realizado en un gestor bibliográfico específico. El uso del gestor bibliográfico ayuda a cambiar fácilmente el estilo de las normas de citación (por ejemplo, de APA a MLA), en caso de que se decida cambiar de revista, o que el artículo haya sido rechazado por una revista, algo que ocurre con mucha frecuencia, muchas veces sin razones objetivas para el rechazo, una práctica editorial falta de ética que se hace cada vez más común.

Elaboración de figuras y tablas

Las figuras y las tablas son una forma efectiva para presentar los resultados, permitiendo que el lector pueda hacerse a una idea global y ágil de los principales resultados del trabajo. Además de datos numéricos, como figuras se pueden incluir fotografías y esquemas que ilustren parte del proceso investigativo realizado, como la metodología aplicada. La información debe ser legible y clara. Se recomienda incluir alguna medida del error de las mediciones; en general, se incluyen en los diagramas de barras y los diagramas en coordenadas cartesianas. Se debe tener en cuenta que los artículos se suelen publicar en hojas tamaño carta o menores, de modo que las gráficas y tablas se deben elaborar ajustadas a esa dimensión. No se recomienda usar directamente gráficos obtenidos, por ejemplo, de Matlab.

Por otra parte, la escritura académica y científica se rige por el principio de economía del lenguaje, donde se considera erróneo duplicar o redundar en información. Como parte del propósito de las gráficas y las tablas es sintetizar, se debe evitar repetir de forma narrativa la información contenida en ellas. Un error que se comete con bastante frecuencia, es que la información expresada en una tabla, es igual a la de la gráfica que la sigue y que luego se describe de forma narrativa. Dado que las revistas establecen el número máximo de palabras que puede tener el artículo, esta redundancia, además de errónea, en caso de ser admitida le resta palabras valiosas al artículo. Información más detallada del aspecto de las figuras y las tablas se encuentra en la referencia [1].

Metodología (materiales y métodos)

Lo fundamental de la metodología es que con ella el lector tenga la posibilidad de reproducir, dentro de los límites estadísticos, los resultados obtenidos, aspecto comprendido dentro de la ética de la investigación. De esta forma, se puede lograr alcanzar mayor credibilidad en la comunidad científica. En su estructura, se recomienda no repetir detalles de métodos establecidos, lo que se puede evitar citando fuentes. Normalmente se redacta en tiempo pasado.

Resultados y discusión

Muchas revistas adoptan una sección de resultados y discusión, mientras otras optan por presentar los resultados y la discusión como secciones independientes. La sección de resultados, generalmente, debe comenzar con un párrafo que describa su enfoque, en términos generales. Este párrafo debe brindar las herramientas conceptuales para entender el trabajo, sin entrar en demasiados detalles. Como se mencionó, los resultados se suelen presentar en forma de tablas y figuras, y se describen de manera detallada en el texto de dicha sección. Seguidamente se inicia con el análisis de los resultados, que consiste en explicar qué significan los resultados, su comportamiento y una comparación o discusión con resultados similares obtenidos por otros investigadores. El análisis, en lo posible, debe tener en cuenta parámetros estadísticos, que se incluyeron en las tablas o figuras. Se recomienda analizar con más profundidad los resultados de otros autores que están en desacuerdo con los propios, porque indica que podría requerirse mayor experimentación para validarlos.

Se debe tener en cuenta que la mayoría de las revistas ofrece la opción de presentar material suplementario en forma de anexo, con el fin de que esta sección no quede demasiado cargada. Procure no guardarse datos con el fin de publicar un artículo posterior, porque puede perder evidencia que refuerce su conclusión, y si es necesario incluya el material suplementario. Si lo requiere, use sub-secciones para una fácil revisión y lectura. Piense críticamente no solo sobre el trabajo de otras personas, sino sobre el suyo. Por ejemplo, pregúntese a usted mismo: ¿Puede mi hipótesis ser refutada? ¿Pueden mis resultados tener otra explicación?

Conclusiones

Esta sección muestra cómo el conocimiento ha avanzado en el campo de trabajo. Allí se describen las conclusiones globales y específicas con relación a los objetivos o hipótesis incluidos en la introducción. Las conclusiones se describen como afirmaciones de los hallazgos más relevantes del trabajo. Las conclusiones pueden aparecer en la discusión, el resumen y la introducción (opcional). No repetir la redacción, parafrasearlo; si el lector no ha entendido, otra versión puede ayudarlo [2]. Un error común es repetir el resumen o solo listar resultados experimentales. Declaraciones triviales acerca de los resultados son inaceptables.

Introducción

Se recomienda que la información incluida en la introducción corresponda con las características de la revista. En la introducción se debe plantear el problema, con apoyo en la literatura publicada, artículos originales y de revisión recientes. En la última oración, usualmente se plantea el objetivo o hipótesis del trabajo, y, en algunas ocasiones, se puede exponer brevemente una conclusión. No es una buena práctica citar muchas fuentes. Cite fuentes que, en conjunto, indican que existe un problema. Una buena introducción debe

resolver las siguientes preguntas: ¿Cuál es el problema por resolverse? ¿Hay alguna solución existente? ¿Cuál es la mejor? ¿Cuál es su principal limitación? ¿Qué espera lograr? [1].

Resumen

El resumen dice a los lectores qué se hizo y cuáles son los hallazgos importantes. Es la sección más importante, junto con el título del trabajo, porque es allí donde se capta la atención del lector. El resumen es el documento completo en breve y tiene varias oraciones [3]:

- La primera puede corresponder a una frase muy contundente que describa ampliamente el estudio.
- Generalmente es seguido por una oración o, tal vez, una segunda cláusula en la primera oración, que describe el problema específico en cuestión.
- La siguiente oración indica lo que el lector debe esperar al leer este artículo (se relaciona con los objetivos del trabajo descritos en la introducción).
- El cuerpo del resumen debe ser de dos o tres oraciones sobre la metodología y los resultados que claramente cuentan la historia del artículo (se toma de resultados y discusión).
- Finalmente, los resúmenes necesitan un desenlace (se toma de discusión/conclusiones).

Título

El título debe encabezar el resultado principal descrito en el documento. Hay dos corrientes para redactar el título: la tradicional, que consiste en describir lo que se hizo, pero que quizás atraiga menos al lector, o una que consiste en describir lo que se aprendió del trabajo, es decir, sus conclusiones. Se recomienda esta última para captar la atención del lector e indicar el principal hallazgo [3].

Palabras clave

En la Fig. 9. se incluyen lineamientos generales sobre las palabras claves. Se recomienda usar palabras que reflejen la temática del trabajo realizado, que permita su fácil ubicación en los diferentes buscadores (Scopus, Science Direct, etc). Se recomienda evitar el uso de palabras que hagan parte del título de la revista.

Referencias

Típicamente hay más errores en las referencias que en cualquier otra parte del manuscrito [2]. En el texto se deben citar las publicaciones científicas en la cuáles se basó la investigación. No se debe usar un número excesivo de referencias en los artículos originales. Por lo general, las revistas definen el máximo de referencias que puede contener el artículo. Algunas revistas sugieren citar artículos de la misma revista, con el fin de aumentar sus

indicadores de impacto de forma *forzada*, lo que es otra práctica editorial contraria a la ética de la divulgación científica. Como se ha insistido, se recomienda usar un gestor bibliográfico como Mendeley y Zotero, puesto que facilita crear y administrar la base de datos de las fuentes consultadas y su citación en el texto, en múltiples estilos disponibles. Además, el uso gestor bibliográfico ayuda a asegurar que la bibliografía contenga exclusivamente las fuentes citadas en el texto, que lo exigen la mayor parte de las revistas. Sin embargo, no se debe confiar en que la importación del documento o la referencia al gestor bibliográfico se realice siempre de forma correcta, por lo que en el texto se deben revisar las citas y la bibliografía, para verificar que hayan quedado bien, o para corregir los errores, cuya edición se realiza en el gestor y no en el documento.

Material suplementario

Más recientemente se recurre al uso de un documento que contiene información suplementaria del trabajo, cuando esta no es tan relevante para la comprensión de los resultados en el documento principal, pero sí es relevante para reproducir resultados de la investigación o complementar la información de las tablas o figuras. Este apartado no es necesario que esté en todos los artículos.

Referencias

- [1] A. Borja, “11 steps to structuring a science paper editors will take seriously,” 2014. <https://www.elsevier.com/connect/11-steps-to-structuring-a-science-paper-editors-will-take-seriously> (accessed Jul. 18, 2019).
- [2] V. Booth, “Writing a scientific paper,” *Biochem. Soc. Trans.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–26, 1975, doi: 10.5546/aap.2015.eng.104.
- [3] K. W. Plaxco, “The art of writing science,” *Protein Sci.*, vol. 19, no. 12, pp. 2261–2266, 2010, doi: 10.1002/pro.514.

Capítulo 10. Reflexiones sobre el emprendimiento en el contexto local

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

Este capítulo recopila las opiniones y experiencias de emprendedores invitados al curso *Anteproyecto de Ingeniería Química*. Muchos elementos son textuales de las exposiciones que han ofrecido. La Fig. 10.1 resume aspectos de interés de este capítulo. La flecha punteada indica la necesidad de los planes de negocio, cuando hay entidades financiadoras.

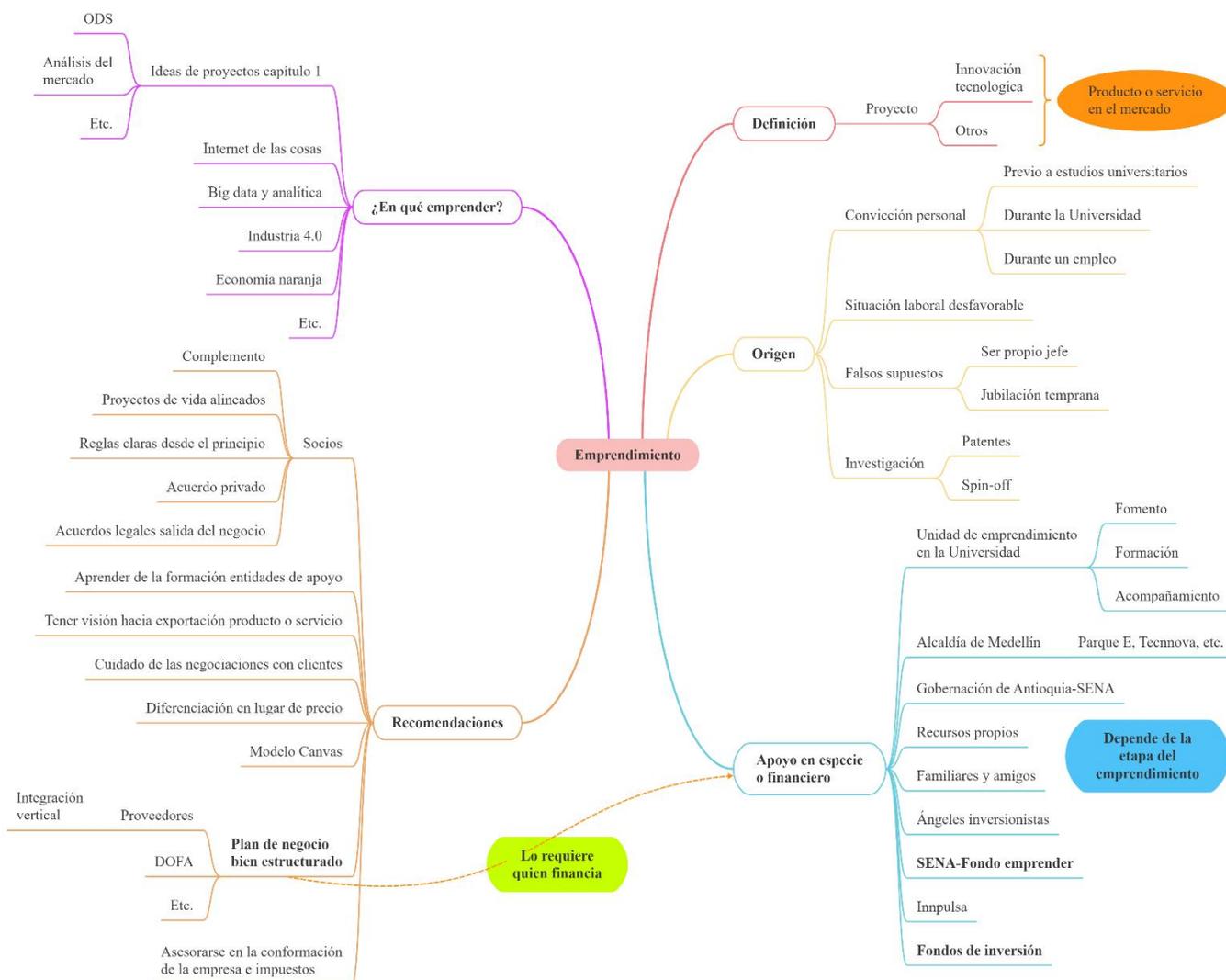


Figura 10.1. Aspectos relevantes del sobre el emprendimiento.

Son conocidas las historias de emprendedores en el mundo, destacando casos como los de Jeff Bezos y Christopher Gardner, en Estados Unidos. Ellos, en algún momento de sus vidas,

pasaron por momentos de dificultad, lo que quizás motivó y forjó sus habilidades como emprendedores. Un emprendedor es líder, creativo, visionario, arriesgado, resiliente y orientado al logro, entre otras cualidades. Su rol en la sociedad es muy importante, ya que el emprendedor tiene la posibilidad de innovar y generar empleo y desarrollo regional. En el contexto local, un recién egresado pone sobre la balanza acceder a un empleo, continuar sus estudios de posgrado, o desarrollar un emprendimiento. En el primer caso, el promedio salarial de los recién egresados de ingeniería Química en 2022 es algo más de dos salarios mínimos mensuales, con auxilio de transporte [1]; por supuesto, algunos ganarán un tanto más o, incluso, en un peor panorama, ganarán menos. Esta cantidad también puede estar influenciada por la cantidad de egresados. Adelantar la formación posgradual, sin duda lo podría poner en una situación similar a la del emprendimiento, pues en los años iniciales los ingresos son limitados.

En el caso de optar por el emprendimiento, usualmente se abona al terreno desde la época estudiantil, aunque otros tantos optan por emprendimientos una vez han adquirido algún tipo de conocimiento o experticia en su lugar de trabajo. Aquí, puede ser muy importante la formación continua en cursos o diplomados, por ejemplo, en mercadeo. También es posible encaminarse por el emprendimiento de base tecnológica, como producto de los procesos de investigación; por ejemplo, en la Universidad de Antioquia, y otras universidades, se promueven las Spin-off. Mediante la investigación en la empresa y en la universidad, a cualquier nivel se pueden generar unidades de negocio innovadoras para nuevos productos o servicios. Este tipo de emprendimientos son la base del desarrollo de muchos países. En un futuro cercano, el 45% de los puestos de trabajo será reemplazado por la tecnología; por tanto, se propone considerar el emprendimiento como un cuarto eje misional de las universidades [2].

Aquí, es pertinente mencionar una característica del emprendedor: más que solucionar un problema o tomar ventaja de alguna oportunidad, el emprendedor trata de explicar el porqué de la situación y escoger el momento oportuno para intervenir [3]. Por ejemplo, se sabe que la producción tradicional de carne, principal fuente de proteína, tiene un grave impacto sobre el medio ambiente (gasto de agua, contaminación, altas emisiones de dióxido de carbono, etc.) o sobre la salud (debido a la contaminación, el pescado de río o de mar tiene sustancias nocivas para la salud), y resulta cada vez más costosa. También se sabe que se puede producir alimento alto en proteína, bien sea de origen vegetal, mediante biotecnología o con insectos (¡cuya producción ayuda a descontaminar!). Además, una parte significativa de la población es consciente de esta problemática. Sin duda, es un momento oportuno para emprendimientos en este sentido. Es importante tener en cuenta algunos conceptos desarrollados en los capítulos iniciales. Así, el emprendimiento es un proyecto o plan de negocio, muchas veces de innovación tecnológica, que tiene como resultados un producto o servicio tangible, donde el emprendedor, o un grupo de emprendedores, tiene la capacidad de llevarlo al mercado y

hacerlo rentable. El objetivo de este capítulo es motivar al estudiante al emprendimiento; se incluyen también algunos aspectos que podrían facilitar su entendimiento en el contexto local.

Unidad de emprendimiento de Ingeniería

La unidad de emprendimiento está adscrita al Centro de extensión de la Facultad de Ingeniería (CESET), desde donde se apalancan diferentes procesos, antes y después del emprendimiento, para la comunidad académica de la Facultad de Ingeniería [4]. En la Fig. 10.2 se presentan los servicios que presta el CESET a los futuros emprendedores. De allí, que si se tiene una idea de negocio, es pertinente acercarse a dicha unidad.

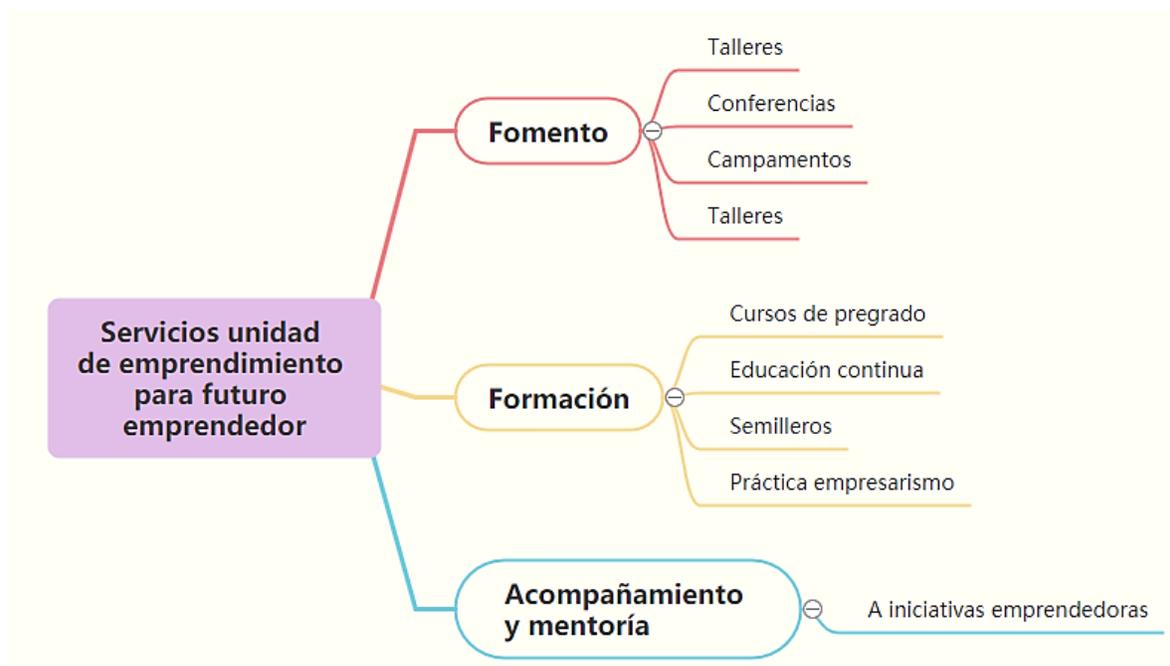


Figura 10.2. Servicios del CESET para emprendedores.

Estos servicios están articulados a las iniciativas de la Vicerrectoría de Extensión, a través de la promoción de la creatividad, la innovación y el emprendimiento en la comunidad universitaria y en organizaciones externas, mediante actividades de sensibilización, rutas formativas y desarrollo de contenidos. Por ejemplo, se realizan actividades como el campamento emprendedor, formación de gestores, diálogos de investigación e innovación, apoyo a prototipado, entre otros. Se recomienda consultar detalles a través del portal universitario.

¿Qué entidades financian o apoyan el emprendimiento?

A través de los mentores en los diferentes programas de formación, se puede *vender* la idea, en un lenguaje más comprensible a los inversionistas. Si se establece un contrato, se

recomienda dejar en claro los riesgos que asumen el inversionista y el emprendedor. Otra forma de atraer inversión es con familiares, amigos o fondos personales; para cualquiera de estos actores, no se recomienda que esas inversiones provengan de créditos, sino más bien de lo que se tiene y se puede invertir. Aunque el ecosistema financiero es diferente, esta alternativa la empleó, por ejemplo, Jeff Bezos con su primer emprendimiento. Estas inversiones, regularmente, se dan en la etapa de creación de la empresa. Si es un inversionista serio, exigirá un plan de negocio bien elaborado, que esté acorde con la realidad. Para atraer a los inversionistas, es muy importante definir una buena propuesta de valor, definir la estrategia de producto o servicio centrada en la diferenciación más que en el precio; en otras palabras, hay que desarrollar la propuesta de valor en vez de una competencia de costos.

La Fig. 10.3 resume algunas etapas y formas de financiación, donde se destacan tres escenarios: gestación, creación y crecimiento. En la práctica, existen escenarios adicionales. Cuando se ha superado la etapa de incubación, se adentra en una etapa de puesta en marcha, en donde se tiene un producto o servicio consolidado y rentable: se ha logrado credibilidad en el mercado, para luego enfocarse en las ganancias. Allí se podría pensar en *ángeles inversionistas*, “personas interesadas en aportar capital propio a empresas en etapa de crecimiento; los ángeles inversionistas ofrecen además sus conocimientos, contactos y experiencia en los negocios para apoyar y fortalecer las iniciativas empresariales” [5]. Por otra parte, se puede recurrir a fondos de inversión que apalanquen el emprendimiento, principalmente en negocios de alta ciencia. En otros términos, se habla ahora del internet de las cosas, big data y analítica, industria 4.0, economía naranja, objetivos de desarrollo sostenible.

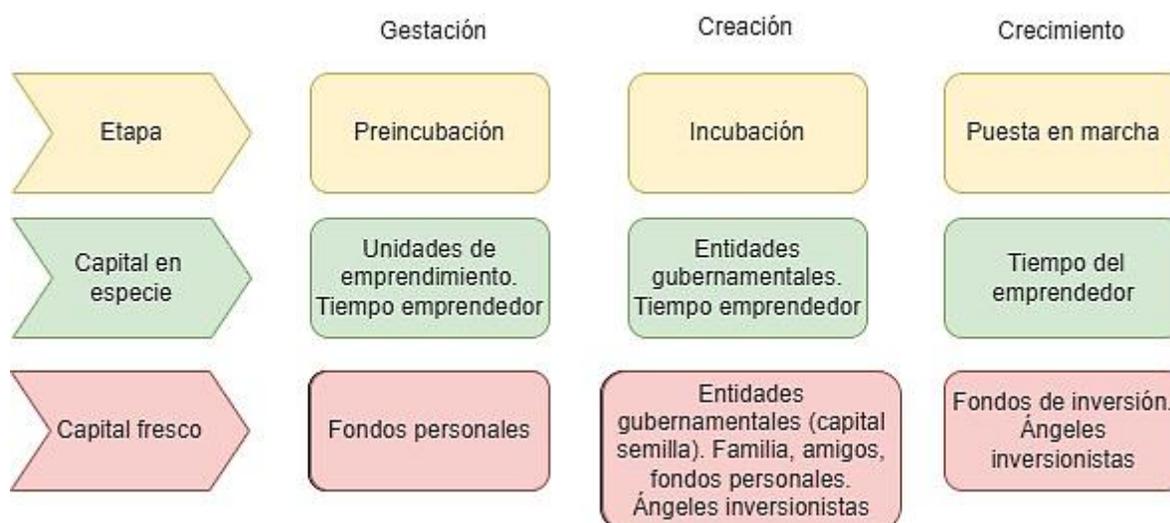


Figura 10.3. Financiación del emprendimiento hasta la etapa de crecimiento.

A continuación, se mencionan algunas entidades que promueven la formación o financiación en temas de emprendimiento, las cuales pueden ser importantes en la incubación de la idea:

- Unidades de emprendimiento en las universidades.
- A nivel nacional, se tiene el Fondo emprender del SENA, donde se exige un plan de negocio; allí se pretende transformar las ideas de negocio en empresas sostenibles y consolidadas a través de capital semilla y asesoría subvencionada por el Estado [6]. Por otra parte, a través de Innpulsa Colombia hay convocatorias para impulsar el emprendimiento [7].
- Programas de la Alcaldía y la Gobernación. En Medellín, sobresalen programas como Medellín Creativa, Épica, Encadenamiento Productivo, Aceleración Empresarial, Enplanta, Desarrollo de Proveedores y Promotores de Innovación, los CEDEZO, Parque E, Capital Semilla, Medellín Ciudad Clúster, Tecnova [8]. Otros programas son Medellín Joven [9] y varios promovidos por Ruta N [10]. Además, la Gobernación de Antioquia se ha aliado con el SENA para financiar educación, emprendimiento e innovación [11].

Por otra parte, existen fondos de inversión de capital de riesgo (venture capital) nacionales e internacionales, como:

- Fondos de capital privado: son entidades financieras que administran los recursos de personas dispuestas en asumir mayores riesgos a expensas de mayor rentabilidad [12].
- Fondos internacionales [13], como ALLVP, que en 2020 buscó invertir hasta 12 millones de dólares en empresas de tecnología colombianas [14].
- Banca con respaldo gubernamental nacional: Bancoldex, Findeter y Finagro. Allí se usa como intermediario al sistema financiero tradicional [15].

¿Cuándo iniciar el emprendimiento?

La universidad es, principalmente, como un *gimnasio para la mente*. Su objetivo principal es que el estudiante aprenda a leer de forma analítica y crítica, a investigar, a buscar, a solucionar problemas, a socializar con otros, a entrenar la lógica y la memoria, y, claro está, a adquirir conocimientos. Sin embargo, aunque la universidad brinda bases, especialmente en lo técnico, asumir un emprendimiento involucra competencias adicionales: el aprendizaje nunca acaba, mucho menos si se está emprendiendo. Al momento de graduarse, el estudiante puede comprender mejor qué es lo que el mundo laboral necesita, y puede ser un buen punto de partida. En la universidad se puede motivar hacia el emprendimiento, pero este se aprende haciéndolo.

Otra característica del emprendedor, es que prefiere los retos a la monotonía a la que se enfrenta un profesional cuando trabaja como empleado. Esto, sin contar con que en el ámbito laboral, tanto en el sector público como en el privado, la calidad del desempeño muy rara vez

es el criterio con el cuál se evalúa la labor, lo cual es un factor que ocasiona una frustración creciente en las personas.

Muchos de los emprendimientos inician cerca a la obtención del título. Otros emprendedores tienen la *espina* del emprendimiento desde etapas tempranas en la universidad, y se aventuran a acciones de emprendimiento incipientes, para las cuales pueden apoyarse en los profesores o en la formación acumulada. Sin embargo, es frecuente que este impulso se desvanezca cuando se presentan oportunidades laborales o de formación posgradual, entre otras. No obstante, los estudiantes con un acercamiento previo a la formación o iniciativas en emprendimiento, tienden a seguir generando ideas, cuando ya son profesionales y tienen empleo. Así, ven la importancia de volver a emprender, acercarse a las entidades que fomentan y financian el emprendimiento, y suplir falencias en temas como el análisis del mercado, la proyección del crecimiento, etc., confiando más en sus habilidades y/o conformando una sociedad.

De allí resulta fundamental el plan de negocio, para materializar las ideas de emprendimiento, definiendo su viabilidad o no. Adicionalmente, en este punto, aunque no es fácil, el emprendimiento puede ser compatible con el empleo, siempre y cuando la persona logre desarrollar el orden y la disciplina necesarias, con la ventaja adicional de que el empleo que permite tener una estabilidad financiera para cubrir algunos gastos. En relación a esto, el tiempo de dedicación sugerido para iniciar un emprendimiento cuando se tiene un empleo es de 2 a 3 horas diarias. Con respecto a la formación académica, erróneamente se suele creer que es menos factible emprender mientras mayor es el nivel de estudios. La formación ofrece la posibilidad de emprender en aspectos más especializados.

Si uno tiene varias ideas para emprender ¿Cuál escoger? Se sugiere pensar qué tipo de servicio estaría dispuesto a ofrecer, aunque en un comienzo no se perciban beneficios económicos, porque, además de afianzar el conocimiento y la experiencia, dará motivación para persistir.

No hay que sentirse mal si un emprendimiento no funciona, pues es bastante frecuente y hace parte del camino. El 50% de las empresas mueren en los primeros 5 años de nacimiento [16]. Según la experiencia de un emprendedor consolidado en el mercado, en 2010, de 400 ideas que se postularon a entidades financiadoras, 30 ganaron el concurso y actualmente dos son empresas activas. Obviamente, el panorama ha cambiado bastante, existiendo ahora una mayor oferta para apoyar el emprendimiento y las MyPimes. Muchas de las dificultades se encuentran en la disolución de las sociedades. “En los momentos en que hay que tomar una decisión, lo mejor que puedes hacer es tomar la decisión correcta, lo segundo mejor es tomar la decisión incorrecta, pero lo peor que puedes hacer es no hacer nada” (Theodore Roosevelt). Si te equivocas de decisión, vas a poder corregir en el camino.

La motivación por el emprendimiento puede ser errónea: ser el propio jefe, jubilarse temprano y no tener horarios, no tener oportunidades laborales, acumular riqueza, etc. En realidad el camino puede ser más difícil porque el nivel de responsabilidad resulta cada vez mayor. Sin embargo, un aspecto positivo es que el emprendedor puede ser apeteído en el mercado y, dejando su emprendimiento de lado o invirtiendo el tiempo mencionado previamente, puede alcanzar un buen lugar en una empresa. No siempre en el camino se gana mucho dinero; esto depende del tipo de negocio. No solo basta con aprovechar un producto promocionado en los medios, porque eso trae clientes en el instante, pero no se sostiene en el tiempo sin la estrategia de mercadeo apropiada. El afán del dinero conduce a *tomar atajos*; en general, a tomar malas decisiones. La mayor satisfacción es que el emprendimiento da la libertad de dirigir el propio proyecto, donde se pueden generar formas de satisfacer el mercado, a diferencia de cuando se es empleado.

Para terminar este apartado, se recomienda ver la Conferencia Calidad y Productividad al estilo Japonés en las PyMES Mexicanas, por Carlos Kasuga [17].

¿Con quién asociarse?

Aunque no en todo emprendimiento se requiere conformar una sociedad, cuando esto sea necesario, es acertado asociarse con personas que se complementen entre sí. Conviene que los proyectos de vida estén alineados, que haya compatibilidad en las expectativas, e incluso que se compartan valores como la responsabilidad, el compromiso, el esfuerzo, la dedicación, etc. Por ejemplo, en una empresa que desarrolle una aplicación web para brindar servicios a la comunidad, un socio puede tener habilidades para programar, mientras otro tiene experiencia en campo y habilidades para el servicio y la venta del producto. Se recomienda establecer reglas claras desde un principio como, por ejemplo, evitar conflictos por dinero, no ir en contra de la ética para poder desarrollar el emprendimiento, definir cómo dirimir conflictos, etc. Siempre existen riesgos al asociarse con terceros, acerca de los cuáles se debe ser consciente, por lo que es necesario hacer un análisis de riesgos cuando está de por medio el dinero y el tiempo. Generalmente, hay menor riesgo cuando el tercero es una empresa, por su estructura, conocimiento y orientación al negocio. Por ejemplo, Té Hatsu se asoció inicialmente con Postobón y el posicionamiento del mercado fue mayor, ya posteriormente desencadenó en la compra de la Marca Té Hatsu por parte de Postobón. Para finalizar, en un documento de acuerdo privado entre socios se plantean todos aquellos asuntos que pueden generar problemas como, por ejemplo, qué hacer en caso de fallecimiento, cómo distribuir los dividendos, etc.

Dificultades

Como se mencionó, una de las mayores dificultades es trabajar en sociedad, por lo que es muy importante hacer un acuerdo legal en el que haya claridad acerca de qué hacer en los

momentos difíciles, como la salida de un socio, el cierre de la empresa, la venta de acciones, etc., para lo cual se debe contar con asesoría legal profesional.

Por falta de conocimiento del emprendedor acerca del negocio, se pueden presentar dificultades con expertos de entidades que apalancan los emprendimientos, quienes, de seguro, indagarán por asuntos específicos, como la cantidad de empresas que hay en el medio. Luego, el negocio no solo implica el conocimiento técnico, sino también conocimientos sobre el mercado, las tendencias, los costos, etc.

Los emprendimientos que dependen de la contratación con el sector público, están sometidos a los cambios en la administración que se producen luego de cada elección, donde es necesario hacer nuevamente los contactos.

Una amenaza latente es el incumplimiento de pagos por parte de clientes o socios externos. Para subsanar la situación, aunque no siempre es posible, se podría solicitar un pago total o parcial por adelantado, tener más cuidado con empresas que tengan abogados de planta o, simplemente, aceptar el hecho de que, en ocasiones, se perderá algo de dinero en el proceso.

Con los proveedores se pueden presentar problemas en el cumplimiento de las entregas o en la calidad de los servicios o productos. Para la selección de los proveedores se sugiere considerar algunos criterios, en el siguiente orden: buena calidad, buena representación, garantía y precio. Se debe tener en cuenta que la calidad tiene mayor relevancia que el precio. Como anécdota, una empresa pequeña está en gran riesgo de quiebra porque los proveedores de materia prima anunciaron un 40% de incremento en los productos, cuando firmaron un contrato de venta con los precios actuales. Por esta razón, el análisis de proveedores es muy importante en el plan de negocios. Es importante considerar las posibilidades de integración vertical de la empresa para producir la misma materia prima, también como una forma de crecimiento.

Otra amenaza es la escasa o nula demanda local del producto o servicio. Sin embargo, una dificultad puede convertirse en una fortaleza. Por ejemplo, si el producto o servicio es innovador, pero no tiene demanda en el mercado local, se debe apuntar al mercado internacional. En este contexto, el desarrollo de patentes, la divulgación en artículos científicos y convenios con universidades para validar productos, pueden crear un entorno favorable. De esa forma, se puede ganar credibilidad en el mercado y competir con grandes multinacionales.

Importancia del plan de negocio

Un error frecuente consiste en iniciar un emprendimiento sin un norte, sin un plan de negocio bien estructurado. El plan de negocio es fundamental porque representa una hoja de ruta. Es una inferencia y puede haber desfases, mayores o menores, dependiendo de la experiencia. El plan de negocio define qué se quiere hacer, cómo se va a hacer, y qué recursos se necesitan.

El emprendedor debería elaborar su propio plan de negocio, porque es quien conoce más en detalle lo que pretende hacer. Sin embargo, si decide contratar a un experto para elaborarlo, se recomienda no dejarlo solo en la elaboración sino asumir su función como una asesoría. Se debe tener presente que el plan de negocio es susceptible de cambios y, en la medida que se va ejecutando, se va revisando y ajustando lo que sea necesario.

No todos los emprendedores le conceden la suficiente importancia al plan de negocio, porque lo consideran un esfuerzo muy grande basado en proyecciones. En este caso, se puede optar por elaborar planes de negocio simplificados [18]. Un plan de negocio simplificado que tiene gran auge en el momento, es el modelo de negocio Canvas (Anexo 10.1). Debemos tener en cuenta que, si buscamos un inversionista, es indispensable acogerse a la estructura de plan de negocio que él tenga definida. El inversionista que acepte participar sin un plan de negocio, puede ser un problema a futuro.

Un aspecto importante del plan es la matriz DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas); algunas referencias dan cuenta de su construcción con preguntas clave, y presentan ejemplos interesantes en el entorno empresarial [19]. La Tabla 10.1 resume la estructura recomendada.

Tabla 10.1. Estructura recomendada de la matriz DOFA.

Factores internos	Factores externos
DEBILIDADES Factores internos negativos...	AMENAZAS Factores externos que podrían afectar negativamente...
FORTALEZAS Factores internos positivos...	OPORTUNIDADES Factores externos que podrían afectar positivamente...

Otro elemento de gran importancia del plan de negocio es el estudio de mercado. Es necesario tener muy claro cuál es el mercado objetivo y potencial, determinar la viabilidad, estimar cómo va a reaccionar la competencia, etc.. Hay abundante literatura acerca de cómo hacer el estudio de mercado. Por ejemplo, a través de métodos directos, como entrevistas, encuestas y observación de productos, para saber cómo lo están vendiendo o cómo son los puntos de venta. También se puede recabar información pertinente a través de métodos indirectos, quizás menos relevantes, como internet. Entre muchas estrategias de mercadeo, algunos emprendedores se basan en el concepto de 4P: precio, productos, plaza, promoción.

Siempre se debe pensar en un diferenciador respecto a la competencia. Hay mayor probabilidad de éxito si existe un valor agregado, como asesorías extras, entrega más rápida de productos, producción limpia, responsabilidad social, etc. Finalizando, el plan de negocio establece cómo promocionar la empresa ante los posibles clientes.

Para un ejemplo del tema, supóngase que un grupo de profesionales de ingeniería química recién graduados están interesados en extraer cannabinoides para ofrecer nuevos productos

en el mercado. Se tiene un inversionista que puede estar interesado en apoyar el proyecto. Adicionalmente, se cuenta con un proveedor de la biomasa para extraer los productos. La Tabla 10.2 resume la matriz DOFA para este ejemplo.

Tabla 10.2. Ejemplo de matriz DOFA para emprendimiento en extracción de cannabinoides.

Factores internos	Factores externos
<p>DEBILIDADES</p> <p>Poca experiencia práctica en extracción de cannabinoides.</p> <p>Poco capital propio para inversión.</p>	<p>AMENAZAS</p> <p>Competencia con empresas ya establecidas, incluso del extranjero.</p> <p>Dependencia de permisos de entes gubernamentales (cambios en normativa).</p> <p>Pérdida de interés de inversionistas.</p> <p>Proveedores de biomasa cambian sus intereses.</p>
<p>FORTALEZAS</p> <p>Conocimiento técnico de los procesos de extracción.</p> <p>Habilidades de trabajo en equipo.</p> <p>Capacidad de negociación.</p> <p>Producto diferenciado en el mercado.</p>	<p>OPORTUNIDADES</p> <p>Incremento del mercado de cannabinoides.</p> <p>Capacidad de optimizar procesos.</p> <p>Productos derivados de alto valor agregado.</p>

Conformación de la empresa

Es posible iniciar un emprendimiento, como persona natural, registrando adecuadamente en el RUT la actividad comercial, sin requerir el pago de IVA ni los servicios de un contador. Los acuerdos y reglas con los socios se pueden hacer como documento interno. Por otra parte, desde el punto de vista legal, es fácil en Colombia registrar una empresa. Se debe tener un acta de constitución, un registro cámara de comercio (que genera impuesto), documentación de la DIAN, cuenta bancaria y resolución de facturación. Cerrarla es difícil: implica pago de impuestos y otros trámites. En Colombia, lo más común ahora es la conformación de sociedades por acciones simplificadas (SAS) por temas de responsabilidad de socios y beneficios tributarios, en los primeros años. Sin embargo, se debe buscar información o asesoría antes de registrar la empresa. Las cámaras de comercio asesoran sin ningún costo.

En el plan de negocio también se debe tener presente aspectos financieros, en los cuales se pueden introducir tiempos muertos, dependiendo de la respuesta del mercado. También se deben considerar los gastos de seguridad social de los empleados, que es cerca de 1.45 veces el salario regular. El emprendedor podría iniciar solo, pero con el tiempo requiere de un contador a tiempo parcial (costo de 2/3 de un salario mínimo mensual) y una secretaria o auxiliar, y si la empresa ha crecido, un auxiliar contable.

En la estructuración de la empresa, se recomienda ser realistas y plantear escenarios no siempre positivos; luego, todo lo que se consigue por encima de ello van a ser ganancias. El

emprendedor debe ser perseverante, resiliente y tener un alto nivel de tolerancia a la frustración: no se debe desanimar ni desistir de su empresa ante las dificultades que se le presenten, puesto que siempre van a aparecer. Debe aprender de las situaciones adversas, ser metódico, planificar bien, analizar, estudiar, investigar, tener un rumbo claro, un plan de negocio, un estudio de mercado, definir una estructura de costos. Muchas veces necesita recurrir a asesorías de expertos, para saber cómo vender el producto y llevarlo al mercado. Debe comprometerse con su empresa. Asumir su rol como emprendedor/empresario. Abunda literatura sobre este, y todos los temas que desee o necesite aprender, por lo que debe ser un gran autodidacta. Es necesario aprender acerca de temas financieros, administrativos, comerciales, tributarios, etc. Los tributos, generalmente, son altos; el impuesto de renta en Colombia es de 32%. Las empresas necesitan ayuda de un contador. La Fig. 10.4 incluye las etapas para constituir una empresa en Colombia.

Finalmente, el emprendedor debe proyectarse, pensar en perspectiva, tener una mentalidad prospectiva que le permita anticiparse a saber qué hacer con las utilidades, cómo distribuir los dividendos, si va a reinvertir en la empresa y capitalizarla para ahorrar impuestos y aumentar su patrimonio, si va a incorporar nuevos productos y servicios, o si considera que ya es momento de un nuevo emprendimiento.

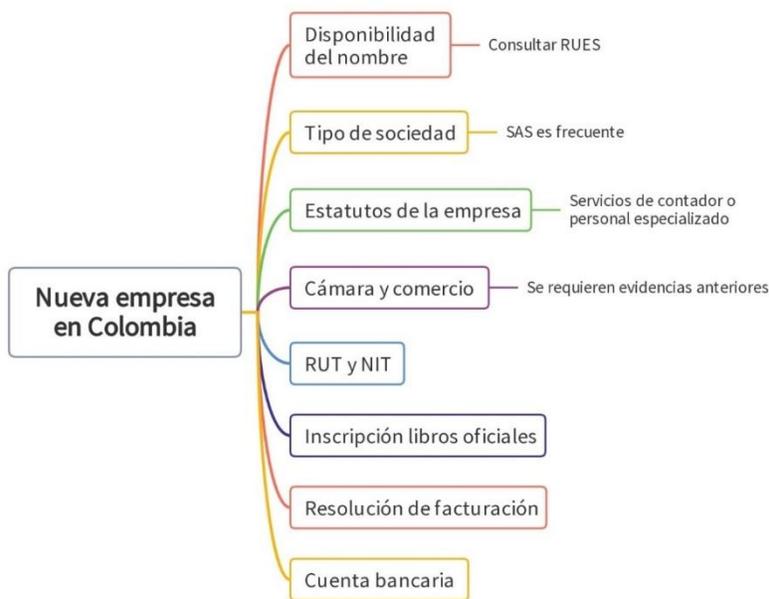


Figura 10.4 Etapas para crear una empresa en Colombia. Adaptado de [20].

Referencias

- [1] N.A., “Salario medio para Ingeniero Químico en Colombia 2022,” 2022. <https://co.talent.com/salary?job=ingeniero+quimico> (accessed Feb. 01, 2022).
- [2] R. Correa, “Estudiar ¿para ser un desempleado?” <https://www.larepublica.co/analisis/rodolfo-correa-3159692/estudiar-para-ser-un-desempleado-3247048> (accessed Oct. 15, 2021).

- [3] S. Hougaard, *The Business Idea*. New York: Springer, 2005.
- [4] CESET, “Emprendimiento e innovación.” <http://ceset.udea.edu.co/nuestros-servicios/emprendimiento-e-innovacion/> (accessed Oct. 11, 2021).
- [5] Ruta N, “Ángeles inversionistas.” <https://www.rutanmedellin.org/es/recursos/abc-de-la-innovacion/item/angeles-inversionistas-inversionistas-angel-o-angel-investors> (accessed Oct. 14, 2021).
- [6] SENA, “Fondo emprender.” <https://www.fondoemprender.com//SitePages/Home.aspx#> (accessed Oct. 11, 2021).
- [7] Innpulsa_Colombia, “Convocatorias y programas.” <https://innpulsacolombia.com/index.php/> (accessed Oct. 11, 2021).
- [8] Alcaldía_de_Medellín, “Programas empresarismo.” <https://empresarismo.medellindigital.gov.co/index.php/empresarismo> (accessed Oct. 11, 2021).
- [9] Medellín Joven, “Emprendimiento.” <https://www.medellinjoven.com/emprendimiento> (accessed Oct. 11, 2021).
- [10] Ruta N, “Empresarios.” <https://www.rutanmedellin.org/es/oferta/empresarios-y-emprendedores> (accessed Oct. 11, 2021).
- [11] Gobernación_de_Antioquia, “SENA y Gobernación de Antioquia firman acuerdo por más de \$40 mil millones para educación, emprendimiento e innovación.” <https://centrodepracticas.antioquia.gov.co/index.php/novedades/item/3419-sena-y-gobernacion-de-antioquia-firman-acuerdo-por-mas-de-40-mil-millones-para-educacion-emprendimiento-e-innovacion> (accessed Oct. 11, 2021).
- [12] Asociación_colombiana_de_capital_privado, “ColCapital.” <https://colcapital.org/> (accessed Oct. 12, 2021).
- [13] Investinbogota, “Fondos de inversión para emprendimientos en Bogotá.” <https://es.investinbogota.org/emprendimiento/fondos-de-inversion> (accessed Oct. 12, 2021).
- [14] Portafolio, “Fondo de inversión busca emprendimientos colombianos para financiarlos,” 2020. <https://www.portafolio.co/negocios/inversion/fondo-de-inversion-busca-emprendimientos-colombianos-para-financiarlos-empresas-colombia-537521> (accessed Oct. 12, 2021).
- [15] Bancoldex, “No Title.” <https://www.bancoldex.com/> (accessed Oct. 12, 2021).
- [16] Performia, “Más de la mitad de las empresas nuevas fracasan en los primeros 5 años de vida.” <https://performia.com.co/mas-de-la-mitad-de-las-empresas-nuevas-fracasan-en-los-primeros-5-anos-de-vida/> (accessed Oct. 14, 2021).
- [17] C. Kasuga, “Conferencia Calidad y Productividad al estilo Japonés en las PyMES Mexicanas.” <https://www.youtube.com/watch?v=jIea7byFpGg> (accessed Feb. 01, 2022).
- [18] Granada_empresas, “Plan de Empresa Simplificado, una nueva herramienta para analizar de forma sencilla la viabilidad de tu idea de negocio.” <https://www.granadaempresas.es/granada-empresas/plan-empresa-simplificado-una-nueva-herramienta-analizar-forma-sencilla-la-viabilidad-idea-negocio/> (accessed Oct. 14, 2021).
- [19] “Cómo hacer un DAFO para tu negocio + ejemplos.” <https://www.up-spain.com/blog/analisis-dafo-foda/> (accessed Oct. 14, 2021).
- [20] Alviar-González-Tolosa Abogados. “Cómo hacer una empresa en Colombia”. <https://www.agtabogados.com/blog/como-crear-una-empresa-en-colombia/> (accessed May 20, 2023).

Anexo 10.1. Modelo Canvas

Para nuestros propósitos, nos enfocaremos en el Modelo Canvas (o Business Model Canvas). También en la literatura está disponible el Lean Model Canvas, que se enfoca más en un problema, modificando principalmente los aspectos internos del modelo. El modelo Canvas es un sencillo esquema que permite observar de manera visual y organizada los componentes de un negocio, la forma cómo se creará valor y cómo se será competitivo (Tabla A10); una descripción detallada se encuentra en la referencia [1], la cual incluye, entre otros ejemplos prácticos, a McDonalds, Airbnb y Starbucks. Otros ejemplos son: Amazon [2], y Apple y otros [3].

En lugar de elaborar un plan de negocio, que resulta en una tarea demandante, el modelo de negocio Canvas puede ser el primer paso de cualquier empresa nueva, pero también puede ser útil para empresas consolidadas, con el fin de identificar oportunidades de mejora de sus procesos. En la Tabla A10, los primeros cinco elementos a la derecha reflejan los aspectos externos a la empresa, y los cuatro restantes los aspectos internos. En su construcción, se recomienda trabajar primero en los factores externos, iniciando con el segmento de clientes, en el orden indicado en la tabla [1]. También en la tabla, en negrilla se sugieren las preguntas claves a responder en cada uno de los segmentos; las restantes pueden ser útiles para entender mejor el negocio. Por ejemplo, en la propuesta de valor se habla de los competidores: ¿Quiénes son nuestros competidores y por qué somos diferentes? En el modelo Canvas no se incluyen nuestros competidores, pero sí los valores que nos diferencian. Se recomienda tener por separado un análisis de la competencia, según el plan de negocio. Luego de comprender el modelo Canvas, se propone complementarlo con un análisis DOFA. Con ello se tendría parte de los elementos que nos permiten determinar la apertura de un nuevo negocio y trascender, según las necesidades de financiación, y en una forma más madura, a un plan de negocio.

Referencias

- [1] Gallego-Lozano, A. Modelo Canvas: Guía fácil [Ejemplos + plantillas]. Disponible en <https://pronombres.es/modelo-canvas/>. Consultado 11-05-23
- [2] n.a. Business model Canvas Amazon. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/421341759/Amazon#>. Consultado 11-05-23
- [3] García, M. ¿Buscas ejemplos de modelo Canvas? Saca a la luz tu idea de negocio. Disponible en: <https://www.crehana.com/blog/negocios/ejemplos-de-modelo-canvas/>. Consultado 11-05-23

Tabla A10. Plantilla de modelo de negocio Canvas.

Nombre de la empresa				
Socios Clave ¿Quiénes son nuestros socios clave? ¿Quiénes son nuestros principales proveedores? ¿Qué recursos clave tomamos de nuestros socios? ¿Qué actividades clave llevan a cabo? 	Actividades Clave ¿Qué actividades clave requieren nuestra propuesta de valor? ¿Cuáles requieren nuestros canales? ¿Y nuestras relaciones con el cliente? ¿Y cuáles requieren nuestras fuentes de ingresos? 	Propuesta de Valor ¿Qué valor aportamos a nuestros segmentos de clientes? ¿Qué problemas de nuestros clientes ayudamos a resolver? ¿Qué productos y servicios ofrecemos para cada segmento de cliente? ¿Qué necesidades del cliente estamos satisfaciendo? ¿Quiénes son nuestros competidores y por qué somos diferentes? 	Relación con el Cliente ¿Qué tipo de relaciones esperan nuestros Segmentos de Clientes? ¿Cómo están integradas con el resto de nuestro modelo de negocio? ¿Cuánto cuestan? 	Segmentos de Clientes ¿Para quién o quiénes estamos creando valor? ¿Cuál es el tamaño de nuestro mercado potencial? ¿Quiénes serían nuestros clientes más rentables? ¿Qué porcentaje de mercado podríamos conquistar y en cuánto tiempo? 
	Recursos Clave ¿Qué recursos clave requieren nuestra propuesta de valor? ¿Cuáles requieren nuestros canales? ¿Y nuestras relaciones con el cliente? ¿Y cuáles requieren nuestras fuentes de ingresos? 		Canales ¿A través de qué canales queremos ser contactados por nuestros clientes? ¿Cómo se integran nuestros canales? ¿Cuáles son los más rentables? 	
Estructura de Costes ¿Cuáles son los costes más importantes de nuestro modelo de negocio? ¿Cuáles son los recursos clave más costosos? ¿Cuáles son las actividades clave más costosas? Calcular VPN y TIR 		Fuentes de Ingresos ¿Por qué parte de nuestra propuesta de valor están dispuestos a pagarnos nuestros clientes? Y ¿Cuánto dinero? ¿Cómo preferirían pagar? ¿Cuál es el porcentaje de cada fuente de ingresos respecto del total? 		

Plantilla creada por www.pronombres.es [1], con cambios menores.

Capítulo 11. Ingenieros creativos y emprendedores

Catherine Gómez

El mundo actual se caracteriza por la incertidumbre, la diversidad, la creatividad y la innovación. La creatividad se entiende como la capacidad que tiene el ser humano de pensar cosas nuevas, y la innovación es la capacidad de implementar dichas ideas. Estas son competencias indispensables para enfrentarlo y tener éxito [1].

El fenómeno de la globalización y la irrupción de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), han supuesto un cambio constante en todos los ámbitos sociales [2]; ahora, el surgimiento de la cuarta revolución industrial está nuevamente transformando las relaciones productivas, económicas y comerciales, hasta modificar radicalmente la forma de vivir, trabajar y relacionarse [3].

Este nuevo escenario, exige nuevas competencias que reemplacen las habilidades básicas y expectativas de conocimiento del pasado (memorizar y mecanizar, privilegiando los conocimientos técnicos y teóricos), por otras que se necesitan para la vida y el trabajo actual (resolución de problemas, creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo, conocidas como habilidades blandas o transversales), que les permita a las personas adaptarse a los nuevos requerimientos del ámbito laboral y del mundo en general. Este sistema de nuevas competencias ha pasado a denominarse competencias del siglo XXI [2, 4, 5-11], las cuales pueden agruparse en tres conjuntos:

- i) dimensiones básicas o competencias clave para el ciudadano, como son lectoescritura, matemáticas, alfabetización científica, etc.;
- ii) competencias o capacidades de alta habilidad de pensamiento, relacionadas con la generación, procesamiento y ordenación de información compleja, comunicación de información e ideas, resolución de problemas, colaboración, trabajo en equipo y adaptabilidad al entorno;
- iii) competencias digitales, aquellas que se relacionan con los recursos tecnológicos y su utilización apropiada [2].

En su conjunto, estos tres tipos de competencias aportan a la dimensión de la creatividad. El pensamiento creativo es relevante y uno de los rasgos más demandados en el mundo empresarial actual [12], lo que justifica su inclusión como transversal en los currículos, pues lo deben desarrollar todas las personas, independientemente del nivel educativo y del tipo de formación [1]. Cobra particular relevancia en la formación de ingenieros, si se tiene en cuenta que, la esencia de la ingeniería y de la profesión de los ingenieros, es crear nuevos productos y procesos en respuesta a necesidades y problemas que aquejan a la sociedad; dicho en otras palabras, brindar soluciones creativas. Es por esto que la creatividad se convierte en una

competencia fundamental a desarrollar [13]. La Fig. 11.1 esquematiza conceptos clave asociados a la creatividad.

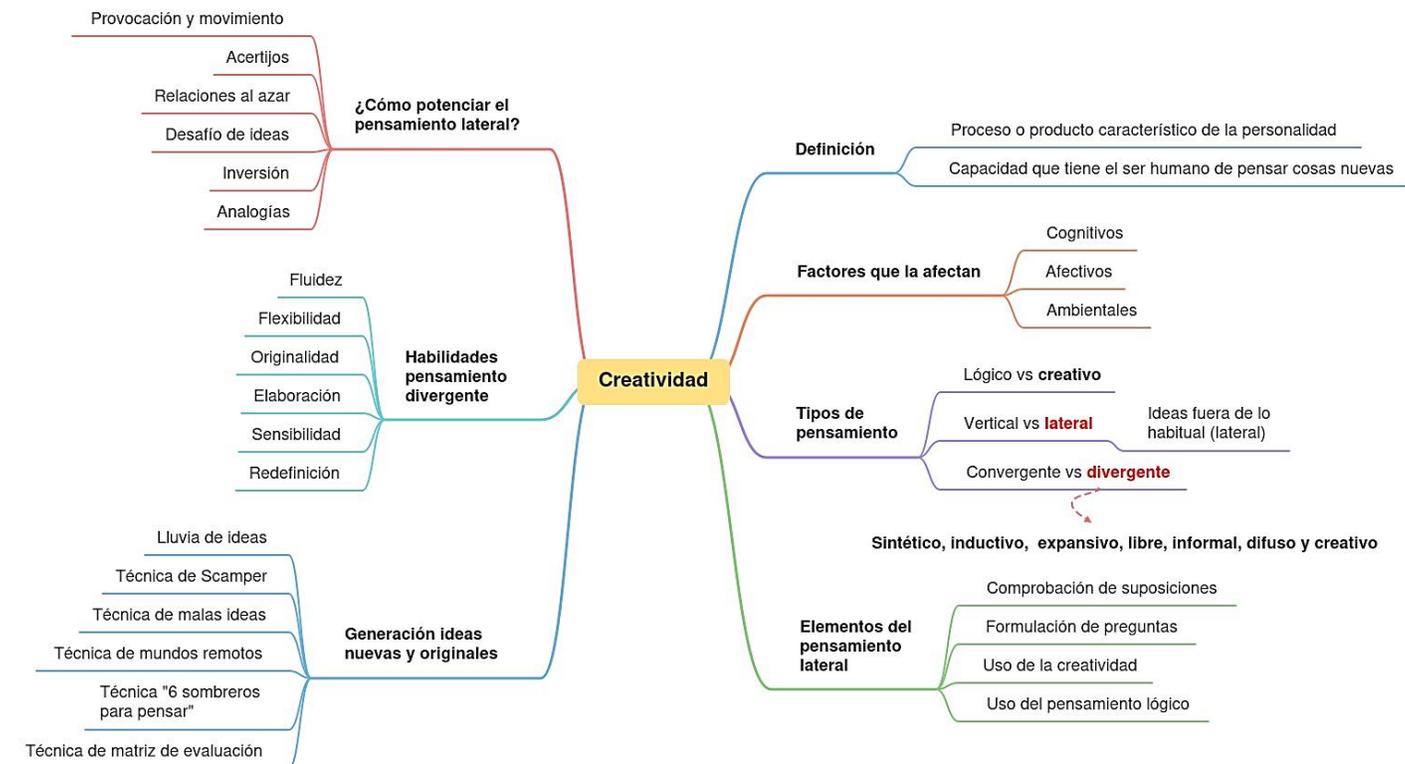


Figura 11.1. Conceptos asociados a la creatividad.

Además de ser fundamental en el ámbito empresarial, no se puede olvidar que la creatividad está íntimamente relacionada con el emprendimiento y la innovación [12]. Entendiendo la importancia de la creatividad, este capítulo tiene como propósito brindar elementos conceptuales y algunas técnicas para favorecer el desarrollo del pensamiento creativo en estudiantes de ingeniería.

Todos somos creativos

El siglo XXI es considerado el tiempo de la creatividad y es un concepto que, en los últimos años, se viene escuchando con más frecuencia, acerca del cual también se adelantan cada vez más investigaciones [14]. Sin embargo, no es un término exclusivamente moderno, dado que el ser humano ha recurrido a la creatividad desde siempre y a través de ella ha transformado su entorno, se ha adaptado y ha evolucionado socialmente, impulsándose así el desarrollo de la humanidad. “Desde las pinturas rupestres, la invención de la rueda, los acueductos romanos, entre otros ejemplos, la humanidad ha empleado la creatividad ya sea como producto de la inspiración artística o en la búsqueda de soluciones” [15].

Existe una variedad de definiciones de creatividad [16], algunas coinciden y otras discrepan. El concepto más difundido es el que enfoca la creatividad como producto, definiéndola como la habilidad de producir un trabajo novedoso, original o inesperado, y algunos autores adicionan la característica sorprendente. Esta adición guarda relación con el concepto de pensamiento divergente [15]. Otro concepto también popular, es aquel que define la creatividad como:

La habilidad que tienen los individuos para formular y solucionar problemas. Este tiene su origen en el pensamiento lateral, el cual consiste en buscar una solución no convencional a un problema, ampliando el abanico de posibilidades a respuestas que la lógica generalmente ignoraría [14].

De acuerdo con los elementos desde los cuales se puede abordar la creatividad, esta es identificada como “un proceso, como un producto, como una característica de la personalidad, o como un fenómeno resultante en donde el contexto desempeña un papel importante” [17], identificándose que inciden en ella los factores cognitivos, afectivos y ambientales [18], donde los cognitivos están relacionados con los procesos de percepción y elaboración; los afectivos incluyen cualidades tales como apertura a la experiencia, tolerancia a la frustración, autoestima, voluntad, motivación, disciplina y tenacidad; y los ambientales incluyen los contextos físicos y sociales empáticos.

Por último, se puede hacer referencia a dos perspectivas en oposición: una clásica y otra actual. Desde la perspectiva clásica, la creatividad está asociada a una visión cargada de mitos y es el origen de muchas falsedades que se han enseñado sobre creatividad, donde esta era entendida como un don, que sólo era poseído por unos pocos sujetos excepcionales y talentosos. En esta posición, la creatividad es innata, condicionada por la capacidad personal y producto de un ejercicio no aprendido. Por el contrario, en la perspectiva actual, la creatividad se basa en procesos cognitivos ordinarios y comunes a todas las personas, los cuales se perfeccionan a través de la experiencia y el esfuerzo [14]. De esta forma, se determina que la creatividad es algo que se puede desarrollar aplicando algunas rutinas y ejercicios prácticos, para despertar todo su potencial.

Solución de problemas a través del pensamiento creativo

De acuerdo con De Bono, en el cerebro se desarrollan dos tipos de pensamientos uno lógico y otro creativo, cuyo desarrollo depende de las personas [19]. El pensamiento lateral es un concepto que introdujo en los 60s Edward de Bono, en su libro “El pensamiento lateral”, en donde se generan ideas que se salen de lo habitual, para encontrar caminos alternativos de solución al problema planteado.

Complementario al pensamiento lateral, se tiene el pensamiento vertical, introducido también por De Bono. Este utiliza los métodos lógicos tradicionales para la solución de problemas.

Ambas habilidades son necesarias para llevar a cabo diversos procesos. Sin embargo, se tiene más desarrollado el pensamiento vertical, por su utilización en el modelo de educativo tradicional; por esto “se trata de retomar la importancia que tiene el romper esquemas mentales y desarrollar habilidades que cambien la rutina mental” [20].

Elementos del pensamiento lateral

El pensamiento lateral propone que el análisis de problemas se debe abordar desde diferentes puntos de vista, más que elegir un solo camino para resolverlo. De Bono identifica cuatro elementos que sirven de guía durante todo el proceso del pensamiento [21] (Fig. 11.2), los cuales se listan a continuación:

1. La comprobación de las suposiciones: mantener la mente abierta para ir más allá de los prejuicios y los razonamientos previos.
2. La formulación de las preguntas: antes de buscar la solución, hallar preguntas pertinentes relacionadas con el problema.
3. La entrada de la creatividad: incorporar elementos que normalmente no parecieran parte del conjunto, por ejemplo, utilizando analogías.
4. El pensamiento lógico: utilizar el pensamiento lógico como conductor del pensamiento creativo.

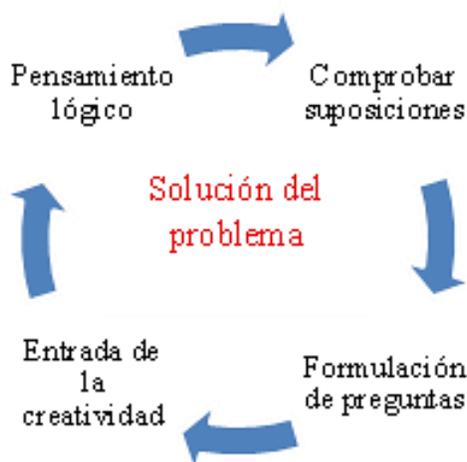


Figura 11.2. Estrategia de solución del problema a partir del pensamiento lateral.

¿Cómo desarrollar el pensamiento lateral?

Para favorecer el uso del pensamiento lateral [22], existen técnicas como:

1. Provocación y movimiento: generar pensamientos intencionalmente estúpidos y usarlos para construir nuevas ideas.

2. Acertijos: usar problemas de ingenio, que se resuelven mediante la estimulación del hemisferio derecho.
3. Generación de relaciones al azar: elegir una palabra y asociarla al problema en cuestión.
4. Desafío de ideas: retar cualquier idea o razonamiento propuesto utilizando la pregunta ¿por qué?
5. Inversión: alterar el sentido del problema y observar su contrario.
6. Analogías: identificar semejanzas entre cosas distintas.

Pensamiento convergente y divergente

El psicólogo estadounidense Joy Paul Guilford diferencia dos tipos de pensamientos: convergente y divergente. El pensamiento convergente es analítico, deductivo, riguroso, formal y crítico. El pensamiento divergente es expansivo, libre, informal, difuso y creativo. Se han propuesto las siguientes aptitudes, que parecen ser responsables directas del éxito en el pensamiento creativo [23, 24]:

1. Sensibilidad a los problemas: capacidad para descubrir las diferencias, dificultades, fallos o imperfecciones, dándose cuenta de lo que debe hacerse.
2. Fluidez: facilidad para generar un número elevado de ideas.
3. Flexibilidad: implica una capacidad básica de adaptación, es la capacidad de dar ideas en varias categorías.
4. Novedad y originalidad: es la aptitud o disposición para producir, de forma poco usual, respuestas raras, remotas, ingeniosas o novedosas.
5. Elaboración: es el nivel de detalle, desarrollo o complejidad de las ideas creativas.
6. Habilidad de análisis y de síntesis: capacidad para analizar la experiencia y organizar los elementos en un todo.
7. Reorganización o redefinición: capacidad para reestructurar las percepciones, conceptos o cosas. Dar usos diferentes a los elementos.
8. Complejidad y evaluación: aptitud para evaluar el producto en función de los criterios ponderantes en el dominio de la experiencia donde ha surgido.

Existen diversos ejercicios para desarrollar estas habilidades, los cuales se encuentran en las referencias [25 a 28] y en algunas páginas de internet.

Generación de ideas nuevas y originales

Tanto ingenieros como emprendedores, se enfrentan a retos complejos que los obligan a utilizar diferentes estrategias para resolverlos utilizando tanto el pensamiento creativo como el lógico. Desde el pensamiento creativo se pueden usar, por ejemplo, técnicas como:

1. Lluvia de ideas: busca generar el mayor número de ideas, sin importar inicialmente si son factibles; es más, a veces las ideas que inicialmente parecen más disparatas, son las que pueden tener, con reformulaciones, el mayor potencial. Para un mayor éxito se deben respetar estas reglas:
 - Toda idea es permitida.
 - Toda crítica está prohibida.
 - Vale más la cantidad que la calidad.
 - Son aceptables las asociaciones de ideas, se deben promover durante el ejercicio, es decir, una idea de una persona puede ser usada por otra para dar una nueva idea.
2. Técnica de Scamper: es una técnica creativa grupal, cuyo nombre es una sigla formada por las palabras:
 - Sustituir: se pueden cambiar elementos, cosas, procedimientos, lugares, ideas, emociones... Ejemplo: si en vez instructores usamos videos.
 - Combinar: combinar temas, conceptos, ideas, elementos, emociones... Ejemplo: combinar el punzón de vinos y la prensa de madera, llevó a inventar la imprenta.
 - Adaptar: adaptar ideas de otros contextos, tiempos, estilos... Ejemplo: adaptar las características de la piel de tiburón, ha llevado a crear mejores trajes para la natación profesional.
 - Modificar: transformar o añadir algo a una idea, producto, servicio... Ejemplo: modificar el significado llevó a que los cereales o los yogures ingresaran a nuevos mercados, como el de comida saludable.
 - Poner en otros usos: dar otros usos a las cosas. Ejemplo: dar uso en otro segmento. Los pañales se ven como productos de bebé, pero sirven para la incontinencia en adultos.
 - Eliminar: reducir al mínimo conceptos, atributos, partes, elementos... Ejemplo: hacer preguntas como ¿y si elimináramos los carros? ha llevado a crear sistemas de transporte alternativo, ciclo rutas, etc.

- Reordenar: reordenar o invertir posiciones, elementos, cambiar roles asignados, reorganizar procesos... Ejemplo: cambiar el orden de las vías, para reducir la congestión en horas pico.
3. Técnica malas ideas: básicamente consiste en proponer una idea absurda en la que nadie creará, pero que servirá como incentivo, como punto de partida para romper el hielo en sesiones de creatividad o situaciones de atasco mental. Ejemplo: para mejorar los ingresos de una empresa, se propone subir los precios un 400%. La idea resultante, después de analizarla, es: línea de productos premium para personas de estratos altos, que se venden exclusivamente en tiendas premium.
 4. Técnica de mundos remotos: permite crear a través de mundos aparentes dispares, aplicando diferentes enfoques a un mismo problema, que pueden dar una solución novedosa. Ejemplo: Helen Barnett inventó el desodorante roll on gracias al bolígrafo.
 5. Técnica “seis sombreros para pensar”: el método consiste en que hay seis sombreros imaginarios de colores diferentes, que cada participante puede ponerse y quitarse para indicar y representar el tipo de pensamiento correspondiente a ese color, el cual está asociado a una forma de pensar sobre una idea o problema.
 6. Técnica de matriz de evaluación: es una herramienta para evaluar posibles soluciones colectivas, partiendo de criterios de selección que son particulares de la situación a evaluar. Se basa en la construcción de una matriz con criterios que sean aplicables al caso; cada una de las ideas se califica con + (positivo), - (negativo), y 0 (no aplica). Es más objetivo evaluar por criterios que por ideas.

Referencias

- [1] I. Hernández-Arteaga, J.C. Alvarado-Pérez y S.M. Luna. Creatividad e innovación: competencias genéricas o transversales en la formación profesional. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 44, 135-151. 2018.
- [2] G. Almerich, I. Díaz-García, S. Cebrián-Cifuentes, y J.M. Suárez-Rodríguez. “Estructura dimensional de las competencias del siglo XXI en alumnado universitario de educación.” *Relieve*, 24(1), 1-21. 2018.
- [3] B. Echeverría-Samanes y P. Martínez Clares, “Revolución 4.0, competencias, educación y orientación.” *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 4-34. 2018.
- [4] A. Schleicher. Challenges for PISA. *Relieve* 22(1), 1-7. 2016.
- [5] Alberta Education (2011). Framework for student learning: Competencies for engaged thinkers and ethical citizens with an entrepreneurial spirit.
- [6] K. Ananiadou, y M. Claro. 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. Organisation for Economic Cooperation and Development. EDU Working paper 41. 2009.
- [7] H. Bakhshi, J. Downing, M. Osborne, y P. Schneider. *The future of skills: Employment in 2030*. Londres: Pearson and Nesta. 2017

- [8] M. Binkley, O. Erstad, J. Hermna, S. Raizen, M. Ripley, M. Miller-Ricci, y M. Rumble, M. Defining 21st century skills. En P.E. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills*. 2012.
- [9] A. Davies, D. Fidler, M. Gorbis. *Future work skills 2020*. Institute for the Future for University of Phoenix Research Institute, 540. 2011.
- [10] World Economic Forum. *The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*. In *Global Challenge Insight Report*, World Economic Forum, Geneva. 2016
- [11] World Economic Forum. *New vision for education: Unlocking the potential of technology*. Ginebra: World Economic Forum. 2015.
- [12] M. Mareque-Álvarez-Santullano, E. De Prada-Creo, E. “Evaluación de las competencias profesionales a través de las prácticas externas: incidencia de la creatividad.” *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 203-219. 2018.
- [13] O. Sposito, C. Lerch y H. Mavrommatis. “Resolución creativa de problemas para estudiantes de ingeniería.” *IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería– Córdoba*. 2018.
- [14] G. Campos-Cancino y A. Palacios-Picos (2018). *La creatividad y sus componentes*. *Creatividad y Sociedad* (27) 167-183 Recuperado de: [http://creatividadysociedad.com/articulos/27/7.La creatividad y sus componentes.pdf](http://creatividadysociedad.com/articulos/27/7.La%20creatividad%20y%20sus%20componentes.pdf)
- [15] C. Morales Valiente. *La creatividad, una revisión científica*. *Revista científica De Arquitectura Y Urbanismo*, 38(2), 53–62. 2017. Disponible: <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/420>
- [16] G. Villamizar-Acevedo, “La Creatividad desde la Perspectiva de Estudiantes Universitarios,” *Rev. Iberoam. sobre Calidad, Efic. y Cambio en Educ.*, vol. 10, no. 2, pp. 212–237, 2012.
- [17] R. A. Julio César Penagos, “Creatividad, una aproximación,” *Rev. Psicol.*, pp. 1–8, 2000.
- [18] B. Amabile, T. Hennessey, B. y Grossman, “Social Influences on Creativity: The Effects of Contracted-for Reward,” *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 50, no. 1, pp. 14–23, 1986.
- [19] E. De Bono y O. Castillo, *El pensamiento creativo*. Editorial Paidós, 1994.
- [20] J. Villa Orozco, M. Rojas-López, y L. Coronado-Múnera. “Emprendimiento basado en pensamiento lateral: Aplicación mediante un juego.” *Revista En-Contexto*, 5(6), 117-135, 2017.
- [21] M.E. Raffino, “Pensamiento Lateral,” 2020. <https://concepto.de/pensamiento-lateral/> (accessed Nov. 04, 2020).
- [22] H. Fernández, “¿Qué es el pensamiento lateral?” <https://economiat.com/pensamiento-lateral/> (accessed Nov. 05, 2020).
- [23] M. Santaella, “La evaluación de la creatividad,” *Sapiens*, vol. 7, no. 2, pp. 89–106, 2006.
- [24] M.R. Santos, “Treinta y cinco años del pensamiento divergente: teoría de la creatividad de Guilford”. *Estudios de psicología*, 7(27-28), 175-192.
- [25] E. De Bono, *Creatividad: 62 ejercicios para desarrollar la mente*. 2008.
- [26] M. Rodríguez, *Mil ejercicios de creatividad clasificados*. Ciudad de México: MC GRAW-HILL, 1995.
- [27] P.R. Gutiérrez-Colunge and D. González-Ossa, “Neuro retos –Desarrollo del pensamiento creativo. Manizales,” 2016.
- [28] P. Ángel-R and M. F. Lara, “Gimnasio cerebral. Trucos para tener un cerebro en forma.” Bogotá, Colombia, 2013.

Capítulo 12. Plan de negocios

Edwin Alarcón, Juan Carlos Quintero

El plan de negocios es un documento que sirve de guía para definir la viabilidad de hacer una inversión en un proyecto. Los elementos que se exponen, están basados principalmente en las **guías de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia para elaborar un plan de negocio**. La Fig. 12 .1 resume los principales elementos del plan de negocios. A continuación, se hace una breve descripción.

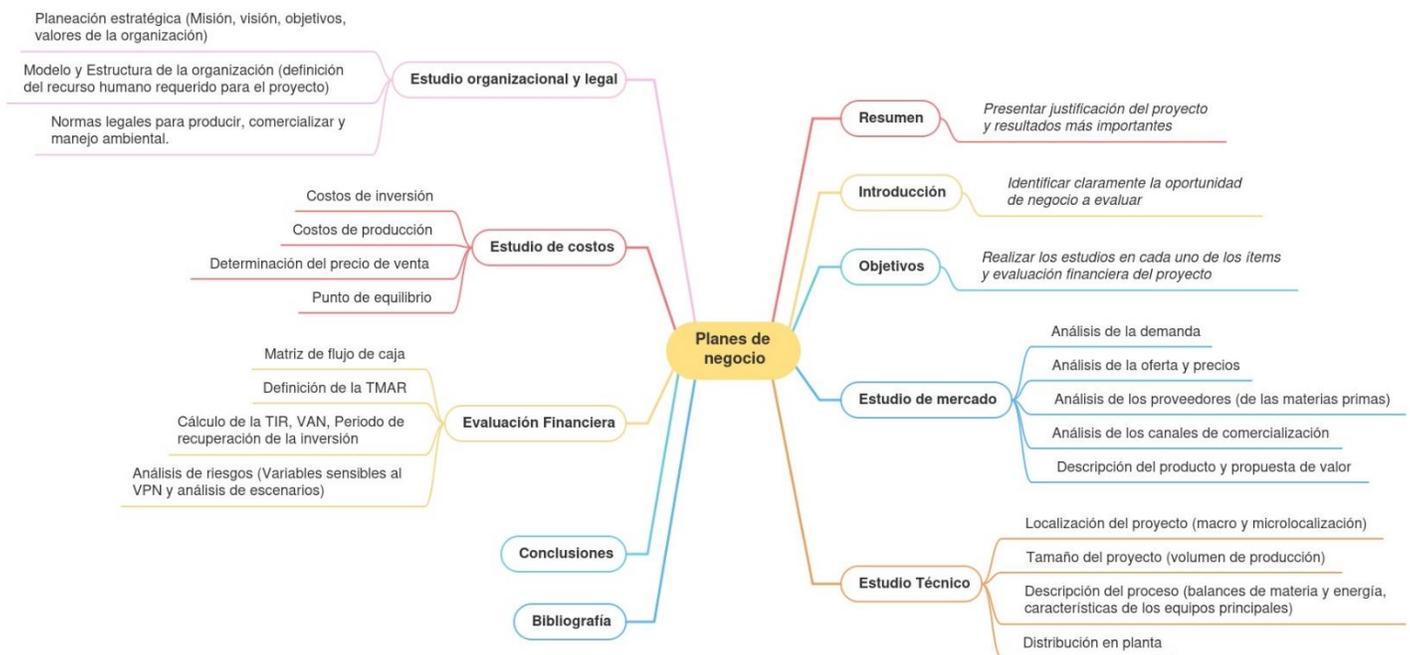


Figura 12.1. Elementos fundamentales de un plan de negocios.

1. Resumen

De manera breve se describen la justificación de la oportunidad de negocio y los resultados obtenidos del plan de negocio. Se redacta en pasado y se recomienda incluirlo en el principio del documento, antes del índice.

2. Introducción

Se describen de manera resumida los antecedentes y la formulación de la oportunidad de negocio, sus alcances y aplicaciones.

3. Objetivos

Los objetivos constituyen la identificación concreta de los propósitos establecidos en el plan de negocio. Los objetivos más típicos se orientan a evaluar [1]:

- Obtención de beneficios o rentabilidad.
- Crecimiento o cuota de mercado.
- Estabilidad o mantenimiento.
- Proyección social.

4. Estudio de mercados

Se especifica la demanda a cubrir por parte de la empresa. El estudio debe estar adecuadamente referenciado y contener los siguientes ítems:

4.1 Análisis de la demanda: consiste en identificar el mercado potencial, es decir, identificar el número de futuros compradores, el interés del futuro comprador o consumidor por adquirir el producto o servicio que se ofertará con el proyecto, la cantidad de producto deseada por el cliente y la necesidad del cliente que se va a satisfacer con el producto.

4.2 Análisis de la oferta y precios (análisis de la competencia): permite identificar a los competidores existentes, su volumen y precio de ventas de los productos o servicios similares a los del proyecto, identificando también sus proveedores de materias primas y los canales de comercialización que emplea.

4.3 Análisis de los proveedores (de las materias primas): consiste en identificar los proveedores de los insumos necesarios para obtener los productos o servicios del proyecto, su localización, precios de venta y capacidad de suministro de la materia prima.

4.4 Análisis de los canales de comercialización (mercado distribuidor): consiste en identificar los canales existentes o nuevas rutas para que el producto o servicio llegue al consumidor final.

4.5 Descripción del producto y propuesta de valor: se describen las características del producto o servicio que se pretende ofrecer al cliente: tamaño, presentación, condiciones de calidad que debe cumplir, y se describe la propuesta de valor del producto, es decir, las funciones, usos o beneficios de consumir el producto; con la propuesta de valor se debe indicar cómo se va a satisfacer la necesidad que se ha identificado en el cliente.

5. Estudio técnico

Se presenta el proceso de producción, tamaño de planta, localización, costos de operación y el estudio legal. Debe contener los siguientes ítems:

5.1 Tamaño de la planta: es la capacidad de producción de la planta y se define en función de la demanda proyectada en el estudio de mercado, para un horizonte de 5 o 10 años en el futuro, teniendo en cuenta también la capacidad de los equipos requeridos comercializados.

5.2 Localización: es la ubicación del proyecto empresarial. Se define la macro localización, es decir, la región del país donde se instalará la planta, y la micro localización, es decir, el sitio específico y el área de terreno a adquirir. Los criterios a tener en cuenta para la localización son: proximidad de mercados, fuente de materias primas, mano de obra, y disponibilidad existencia de servicios públicos, servicios de salud, educación, etc.

5.3 Descripción del proceso: consiste en identificar las etapas de proceso necesarias para obtener el producto o generar el servicio que se va a ofrecer. En esta etapa, se calculan los requerimientos de materias primas, los requerimientos energéticos en el proceso (obtención del producto y tratamiento de los residuos) y las características de los equipos necesarios, que se pueden adquirir con los diseños ofrecidos en el mercado o se pueden mandar a construir a la medida. También, se determina el tipo y número de recurso humano requerido para las actividades de producción, según un plan de producción y una programación de la producción preestablecidos. Esta información, además, permitirá determinar los costos de inversión y de operación requeridos para la evaluación del proyecto.

La tecnología seleccionada para el proceso productivo, debe ser una tecnología madura que haya pasado por las etapas de desarrollo experimental a nivel de laboratorio, de planta piloto y escalamiento, con el fin de minimizar los riesgos de la inversión. Implementar una tecnología emergente, puede generar ventajas competitivas frente a los competidores, pero también acarrear altos riesgos en caso de que no se generen los resultados esperados.

5.4 Distribución en planta (layout): consiste en definir las áreas de producción y disposición de equipos y maquinaria, áreas de departamentos técnicos, administrativos y de servicios; circulación de personal, materiales, vehículos, etc., con el fin de lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en la empresa.

6. Estudio organizativo y legal

6.1 Planeación estratégica: es una herramienta de gestión que permite establecer el camino la misión, visión, objetivos y valores de las organizaciones, y las estrategias para alcanzar las metas previstas.

6.2 Estructura de la organización: consiste en establecer la estructura jerárquica y la organización de los puestos de trabajo en un organigrama. La estructura por funciones, o funcional, es la más común, aunque también existen estructuras organizacionales en forma matricial o por proyectos.

6.3 Estudio legal: consiste en identificar las normas legales para la constitución de la empresa, las normas para la producción y comercialización del producto o servicio, las normas de salud ocupacional, las garantías laborales y la gestión ambiental, entre otras.

7. Estudio de costos

El estudio de costos permite determinar los ingresos y egresos del proyecto, tanto en su fase de inversión como en su operación. Los egresos se refieren a las inversiones y a los costos de operación del proyecto. Los ingresos se refieren a lo recibido por la venta del producto o el servicio.

7.1 Costos de inversión: se producen antes de que el proyecto entre en operación y corresponden principalmente a los gastos en I+D+i, estudios de ingeniería, adquisición de terrenos, edificios, compra e instalación de maquinaria y capital de trabajo.

7.2 Costos de operación: incluyen: i) *costos variables de producción*: corresponden a los costos de los factores que varían con la variación del volumen de producción, como materia prima, servicios industriales, mano de obra, regalías por patentes, tratamiento de residuos, etc.; ii) *costos fijos*: corresponden a los costos que se surten independientemente del volumen de producción, como seguros, arriendos, impuestos, etc.; iii) *gastos generales*: aquellos no asociados directamente con la producción, como gastos comerciales, personal administrativo, seguridad, aseo, etc.

7.3 Ingresos: se corresponden directamente con el volumen de ventas de los productos o servicios ofertados, multiplicado por el precio de venta unitario.

7.4 Punto de equilibrio: permite determinar el volumen mínimo de producción en el cual no hay pérdidas, pero tampoco utilidades. Para generar utilidades, el proyecto debe operar por encima del punto de equilibrio. En muchos proyectos, los inversionistas aceptan alcanzar el punto de equilibrio en uno, dos o incluso tres años después del inicio de operaciones de la planta, con el fin de alcanzar un posicionamiento en el mercado.

8. Estudio financiero

8.1 Matriz de flujo de caja: consolida el estado de resultados de los ingresos y costos, y permite calcular las utilidades en un periodo de tiempo, por ejemplo, un año. Los flujos de caja, durante el periodo de evaluación del proyecto (normalmente de 5 a 10 años), permiten hacer la evaluación financiera del proyecto y determinar su rentabilidad a través de indicadores como la TIR y el VPN.

8.2 Definición de la Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR): es la tasa que el inversionista o dueño del proyecto desea obtener del proyecto. Esta tasa, o una mayor, haría atractiva la inversión.

8.3 Cálculo de la Tasa interna de retorno (TIR), el Valor presente neto (VPN) y el Periodo de recuperación de la inversión: son tres de los principales indicadores de rentabilidad de un proyecto y son empleados para decidir si es conveniente, o no, hacer la inversión en el proyecto.

8.4 Análisis de riesgo: permite identificar las variables asociadas al proyecto que, al variar un poco, pueden afectar significativamente la rentabilidad del proyecto. Por ejemplo, la tasa de cambio, el precio de materia prima, el precio de venta, etc., y ayuda a encontrar escenarios donde el proyecto sea rentable.

9. Conclusiones

Las conclusiones del plan de negocios deben presentar en forma concreta y lógica los resultados más relevantes de cada uno de los estudios realizados. Las conclusiones deben ser la respuesta a los objetivos o propósitos.

10. Referencias bibliográficas

Citar y referenciar adecuadamente la bibliografía empleada en el estudio, de acuerdo con un formato uniforme, como las normas APA o las NTC.

Anexos

Incluya anexos, si son necesarios.

Referencias

- [1] A. T. Miranda, *Cómo elaborar un plan de empresa*. Thomson, 2004.
- [2] Rafael Méndez. *Formulación y evaluación de proyectos*. 8va. Edición. Enfoque para emprendedores. Icontec. 2014.
- [3] Gabriel Baca Urbina. *Evaluación de proyectos*. 8va. Edición. Mc Graw Hill. 2016.

Capítulo 13. Metodología general ajustada para la formulación de proyectos

Diana Betancur

La formulación de proyectos es un proceso fundamental para el éxito de cualquier iniciativa, ya sea en el ámbito empresarial, social o gubernamental. En este capítulo, se presenta la Metodología General Ajustada para la Formulación de Proyectos (MGA).

La MGA corresponde a un análisis ordenado de la información de un proyecto para la toma de decisiones, y su gestión mediante formatos y formularios que son genéricos para todo tipo de proyecto, y que, actualmente en Colombia, para los proyectos públicos, se registran mediante el aplicativo web [mgaweb](https://mgaweb.dnp.gov.co/)¹.

La MGA tiene sustento conceptual y operativo en el marco lógico, y éste, a su vez, en el método para la planeación de proyectos ZOO², que propone la realización de un ejercicio de análisis de la situación a intervenir: involucrados, problemas, causas y efectos, objetivos y posibles soluciones [1-3].

Como se hace evidente, para la formulación de un anteproyecto se propone un análisis que va más allá del planteamiento de hipótesis, como se hacía en muchos casos para los proyectos públicos en el país. Con la MGA se logró mejorar y optimizar el proceso tradicional, abordando las limitaciones que suelen surgir en la formulación de los proyectos públicos [4].

En el contexto de Colombia, la formulación de proyectos es un elemento fundamental que ha documentado el desarrollo económico, social y ambiental del país. La MGA se ha empleado ampliamente en el contexto de los proyectos públicos colombianos, al punto de que fuera adoptada formalmente por el Departamento Nacional de Planeación, en 2013, como la herramienta para la presentación de proyectos públicos [5], mediante la Resolución 1450³.

Generalidades de la MGA

La MGA se basa en los principios fundamentales de la formulación de proyectos, que incluyen la identificación clara de los objetivos, la definición precisa del alcance, la asignación adecuada de recursos y la evaluación de la viabilidad. Además, se explora cómo la formulación de proyectos se integra con otros procesos, como la planificación estratégica y la gestión de riesgos, para lograr una

¹ <https://mgaweb.dnp.gov.co/> de acuerdo con lo consignado en la Resolución 4788 de 2016 “Por la cual se dictan los lineamientos para el registro de la información de inversión pública de las entidades territoriales”.

² Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos; en Alemán, *Zielorientierte Projectplanung*.

³ Resolución 1450 de 2013 Departamento Nacional de Planeación, “Por la cual se adopta la metodología para la formulación y evaluación previa de proyectos de inversión susceptibles de ser financiados con recursos del Presupuesto General de la Nación y de los Presupuestos Territoriales”.

implementación exitosa. En particular, en Colombia se destaca la importancia de alinear los proyectos con los planes de desarrollo del país y las agendas nacionales y regionales.

Entre las ventajas de la MGA se encuentran su enfoque estructurado y la consideración a detalle de diversos aspectos relevantes para identificar posibles soluciones o alternativas ante un problema u oportunidad de mejora, y su categorización desde la perspectiva del mayor beneficio, en términos de impacto del proyecto.

Posteriormente, se elige la solución del proyecto que sea efectivamente la mejor, en términos de viabilidad e impacto, y no siempre la de mayor impacto, teniendo en cuenta aspectos como el horizonte temporal o el presupuesto.

La MGA se apoya en diversas herramientas y técnicas para facilitar la gestión del proyecto en cada etapa. Entre ellas se encuentran el análisis DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas), el diagrama de Gantt o el SIPOC, la matriz de asignación de responsabilidades (RACI) y el análisis de riesgos, entre otras.

Sin embargo, también se identifican limitaciones de la MGA, como la rigidez en ciertas etapas y la falta de adaptabilidad a diferentes tipos de proyectos, sobre todo los que requieren una consideración, planteamiento y ejecución ágil y flexible.

Es por esto que, en el sector exclusivamente privado, cuando se trabaja con la MGA se ajustan algunos elementos clásicos de la misma. En primer lugar, se destaca la tendencia hacia un enfoque más flexible y adaptativo, que permite ajustar la metodología según las particularidades de cada proyecto.

Así mismo, se incorpora un análisis más exhaustivo de los interesados (stakeholders) y sus expectativas, así como la inclusión de mecanismos de retroalimentación durante todo el proceso, que puedan derivar en ajustes a los objetivos y alcances. En la figura 13.1 se relacionan las interacciones y análisis que se realizan para el planteamiento y la selección de un proyecto bajo la MGA.

Como se muestra en el mapa, la MGA determina una propuesta coherente y ajustada para la formulación de proyectos, abordando las alternativas que se dejan muchas veces de lado al aplicar un enfoque tradicional en el análisis de proyectos. Su enfoque centrado en el logro de objetivos, hace de esta metodología una herramienta valiosa para las organizaciones y equipos que buscan maximizar sus probabilidades de éxito en el desarrollo de proyectos, en cuanto a la selección de la mejor alternativa de solución realmente posible.



Figura 13.1 Interacción y análisis para la selección de un proyecto bajo el enfoque de la MGA.
Fuente: elaboración propia en whimsical.com

Registro de propuestas en el aplicativo mgaweb

De acuerdo con los módulos que guían los procesos y procedimientos con los que se registran los análisis y conclusiones de los proyectos en el aplicativo mgaweb, de manera general se pueden identificar cuatro grandes fases o etapas derivadas de la metodología: identificación, preparación, evaluación y programación [5]. Cada una de estas etapas propone el análisis de unos elementos y su documentación mediante el registro de formularios web. El flujo se describe gráficamente por el manual oficial, como aparece en la figura 13.2.

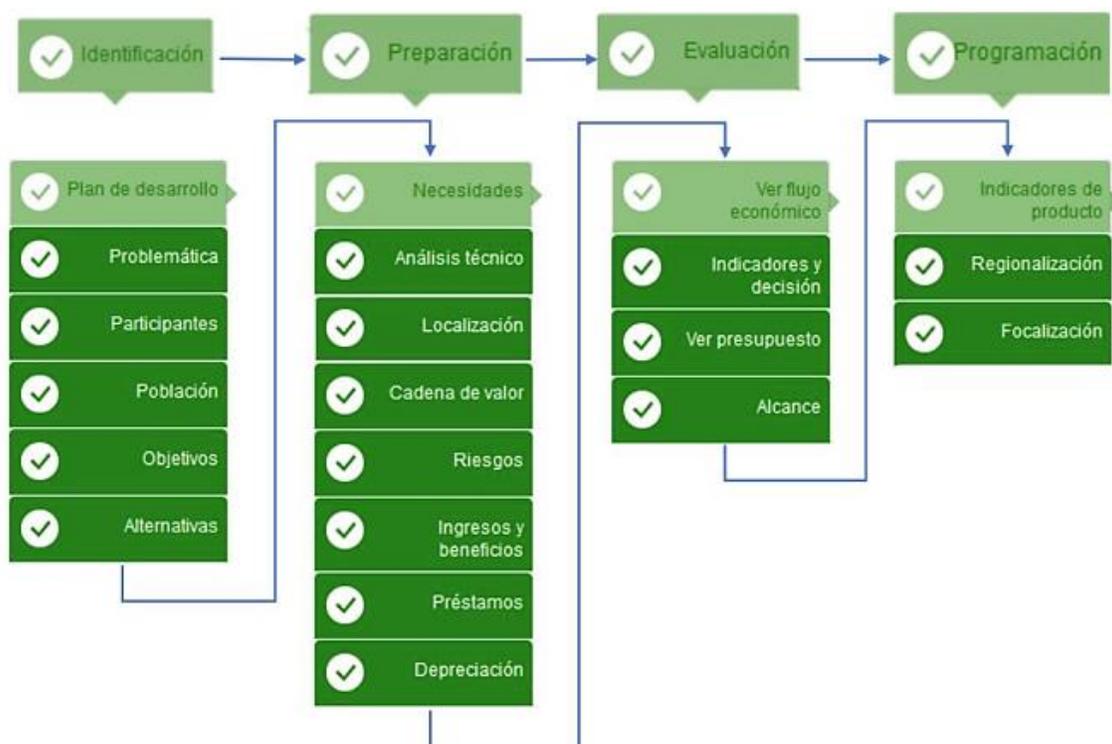


Figura 13.2 Flujo del Registro de la información en la MGA.

Fuente: Subdirección de Proyectos del Departamento Nacional de Planeación [5].

Como parte del ejercicio de identificar claramente el problema, y cómo afecta a los involucrados, se propone construir un árbol de problemas y un árbol de objetivos para organizar la información de las relaciones causales, identificando las variables principales de la problemática a abordar.

A modo de ejemplo, partiendo de la experiencia de marco lógico del capítulo 2, es posible obtener el árbol de objetivos MGA a partir del árbol de problemas (Figura 2.4). Según se muestra en la figura 13.3, los objetivos empiezan con acciones en infinitivo y se señalan los medios directos en color; esta es la aproximación que difiere respecto al marco lógico. Así, se toman los medios directos para completar la fase de análisis del proyecto, es decir, hasta el análisis de alternativas y la selección de la más pertinente. Se debe tener presente que aunque esta construcción es válida, se recomienda para proyectos de regalías, que utilizan la metodología MGA, definir por cada causa directa una indirecta, y similar para los efectos: por cada directo uno indirecto. Se debe tener en cuenta que se puede plantear un árbol de acciones para cada medio directo; luego, se pueden descartar las acciones no viables y, finalmente, construir la tabla de análisis de alternativas. El proyecto resultará en función de objetivos específicos. Algunas pautas particulares están en [5].

Planeación

En la etapa de planeación se busca, principalmente, comprender a profundidad las situaciones que dan pie al proyecto, bien sea oportunidades de mejora y desarrollo para los territorios y las comunidades, o las problemáticas, incluyendo las causas y sus impactos, lo que se realiza mediante el análisis de árbol de problemas.

Además, en esta etapa se identifica la contribución del proyecto a la política pública en el Plan de Desarrollo; la identificación se hace dependiendo del alcance del proyecto (nacional departamental, distrital o municipal). La etapa se concluye con la estipulación de objetivos y alternativas de acción ante las oportunidades o problemas expuestos.

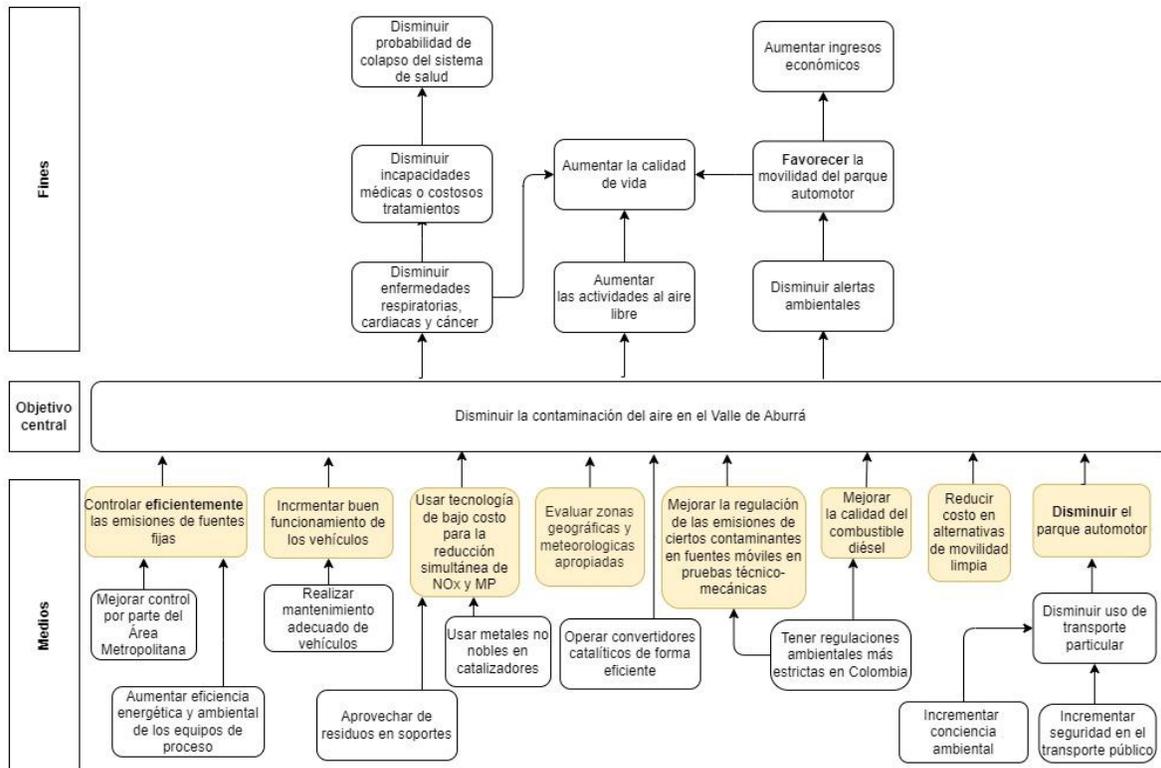


Figura 13.3 Árbol de objetivos MGA para el problema de contaminación en el Valle de Aburrá.

Preparación

En la etapa de preparación, se ahonda en los beneficios y costos de la realización de cada alternativa de solución. Para esto, se analizan las necesidades partiendo de los productos y servicios que resultarían de cada alternativa, para determinar en qué proporción cubren la demanda derivada del problema o de la oportunidad de mejora detectada en la etapa anterior.

Se continúa con un resumen de los requisitos y herramientas para que cada alternativa sea viable, lo que se denomina análisis técnico. Seguidamente, se hace un análisis de la localización que más convendría al proyecto y los factores que se tienen en cuenta para determinarla para cada alternativa de solución. También se hace un análisis de cadena de valor para cada alternativa, en términos de objetivos, actividades y productos.

Luego, se realiza un análisis de los riesgos, identificando al menos tres para cada alternativa, y se culmina con el análisis financiero en dos corrientes: i) ingresos y beneficios derivados de la implementación del proyecto, ii) préstamos de financiación, cuando se hace necesario recurrir a fondos diferentes a los estatales.

Evaluación

Partiendo de que los recursos del Estado son escasos y deben ser priorizados, se hace una evaluación para verificar la conveniencia de cada alternativa y se selecciona aquella que maximice los beneficios o se traduzca en un mayor rédito social. Se parte de analizar el flujo económico de cada periodo establecido para el proyecto, que puede ser el flujo de caja neto.

Seguidamente, se generan las evaluaciones de las alternativas en términos de indicadores. Se hace desde el punto de vista económico, bajo indicadores de rentabilidad, de costo eficiencia y costo mínimo; luego, bajo un enfoque multicriterio, que incluye criterios cualitativos, que van más allá de lo económico y que son jerarquizados de acuerdo con la importancia para los actores del proyecto.

Finalmente, se realiza una selección de la alternativa más pertinente para el proyecto, de manera coherente con los resultados de las evaluaciones realizadas.

Programación

En esta etapa se busca determinar, de manera detallada, la forma en la que se han de lograr los resultados con la alternativa seleccionada en la fase anterior. Para esto se determinan indicadores y fuentes de verificación, para hacer la medición del cumplimiento de cada producto asociado a las actividades de los objetivos específicos.

Luego, se procede a detallar las fuentes de financiación, en concordancia con el programa seleccionado en el plan de desarrollo de la primera fase y, para cada etapa del proyecto, se selecciona la entidad financiadora.

Finalmente, en la aplicación, se genera automáticamente una matriz con el resumen del proyecto, en la que se deben especificar posibles escenarios futuros para los riesgos identificados para la alternativa, y se debe verificar el cumplimiento de la lógica de valor: se realizan las actividades para entregar los productos y cumplir con los objetivos del proyecto.

Reflexión final

Como se puede concluir, la MGA supone un ejercicio amplio, coherente y suficiente de análisis de necesidades (problemas), de identificación de alternativas viables de solución, de su priorización con base en la pertinencia para el contexto en que serán implementadas, y de su impacto. Se pretende, bajo esta metodología, asegurar que las inversiones tengan el mayor beneficio real posible sobre quienes padecen el problema.

Sin embargo, es importante reconocer que la MGA no cuenta con instrumentos de verificación que permitan validar que, efectivamente, fue contemplado el problema con suficiencia, criterio que puede suponer un dilema ético, que queda en manos del equipo formulador. De igual modo, en la solución no existe un mecanismo que permita validar que todas las alternativas y escenarios fueron contemplados.

Referencias

- [1] E. Ortegón, J.-F. Pacheco, y A. Prieto, «Manual metodología el marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas», *Publ. Las N. U.*, pp. 1-127.
- [2] D.-D. Dorantes-Salgado, «Análisis comparado de las metodologías de marco lógico y mapeo de alcances para el diseño de proyectos en gobierno federal y sociedad civil», Tesis para obtener el grado de Maestra en Políticas Públicas Comparadas, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Académica de México, Ciudad de México, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.outcomemapping.ca/download/Tesis%20DDDS%2002122014.pdf>
- [3] C. Meléndez, «Modelo Alemán para Planificación de Proyectos». Universidad Santiago de Chile, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.pefft.usach.cl/sites/pefft/files/modelo_aleman_de_planificacion_de_proyectos.pdf
- [4] I. Fainbim-Yaker y C. J. Rodríguez-Restrepo, «El desarrollo de la infraestructura en Colombia en la década de los noventa». CEPAL, marzo de 2000. [En línea]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/7532/S2000550_es.pdf
- [5] J.-I. González, J.-A. Herrera-Lozano, D.-C. Escobar-Velásquez, Y.-L. Durán-Bobadilla, Z.-Y. Espinosa-Sierra, y Á.-V. Muñoz-Camacho, «Metodología General Ajustada para la formulación de proyectos de inversión pública en Colombia». Subdirección de Proyectos Dirección de Proyectos e Información para la Inversión Pública, enero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://mgaayuda.dnp.gov.co/Recursos/Documento_conceptual_2023.pdf