

Factores involucrados en el valle de la muerte de la I+D+i: aproximación de casos polares

DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n90.2021.2980>

Elizabeth Jiménez-Medina¹

Institución Universitaria Pascual Bravo
e.jimenezme@pascualbravo.edu.co

René Yepes-Callejas²

Universidad Pontificia Bolivariana
edgar.yepesc@upb.edu.co

Iván Darío Rojas-Arenas³

Institución Universitaria Pascual Bravo
ivan.rojasar@pascualbravo.edu.co

Juan Fernando Arenas-Betancur⁴

Institución Universitaria Pascual Bravo
j.arenasbe@pascualbravo.edu.co

Jim Giraldo-Builes⁵

Institución Universitaria Pascual Bravo
Jim.giraldo@pascualbravo.edu.co

Fecha de recepción: 30 de junio de 2020
Fecha de aprobación: 10 de mayo de 2021
Fecha de publicación: 06 de agosto de 2021



Cómo citar este artículo / *To reference this article* / *Comment citer cet article* / *Para citar este artigo*:

Jiménez-Medina, E.; Yepes-Callejas, R.; Rojas-Arenas, I. D.; Arenas-Betancur, J. F.; Giraldo-Builes, J. (2021). Factores involucrados en el valle de la muerte de la I+D+i: aproximación de casos polares. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (90), 65-84. DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n90.2021.2980>

¹ Ingeniera Administrativa - Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos - Institución Universitaria ITM. Magíster en Gestión Tecnológica - Universidad Pontificia Bolivariana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5887-0872>

² Ingeniero Eléctrico - Universidad Pontificia Bolivariana. Magíster en Gestión Tecnológica - Universidad Pontificia Bolivariana. Candidato a doctor en Gestión de la tecnología y la innovación - Universidad Pontificia Bolivariana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2398-0852>

³ Ingeniero Industrial - Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Logística Integral - Institución Universitaria ITM. Especialista en Gerencia Educativa - Universidad Católica de Manizales UCM. Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional - ITM. Doctorando en Pensamiento Complejo - Multiversidad Edgar Morin. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9300-3176>

⁴ Diseñador Industrial - Universidad Pontificia Bolivariana. Magíster en Educación - Universidad de San Buenaventura. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6869-5502>

⁵ Administrador en Salud: Gestión Sanitaria y ambiental - Universidad de Antioquia. Especialista en Gerencia de la Salud Ocupacional - Universidad CES. Magíster en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación - Universidad de Antioquia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8599-8487>

Resumen

Como «valle de la muerte» (VM) se denomina a una brecha que dificulta la finalización exitosa de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), impidiendo su entrada en fases de desarrollo de nuevos productos, puesta en operación y comercialización. Este artículo tiene como objetivo analizar los factores que inciden en el VM en un grupo de proyectos de I+D+i, de diversas instituciones de educación superior ubicadas en el Valle de Aburrá, Colombia. Dada la complejidad que implica el estudio del VM en el ámbito de los proyectos de I+D+i, se realizó un estudio de casos polares, pues este proporciona información acerca del VM en proyectos específicos, para luego plantear recomendaciones al fenómeno en general. El análisis se realizó desde un enfoque cualitativo, de carácter inductivo y fenomenológico, en el que se estudiaron seis factores involucrados en la formación del VM: equipo humano, competencias y roles, conocimiento de las dimensiones, trabajo en red, financiación y percepción del riesgo, instituciones y modelos mentales. Se evidenció que en los proyectos que aún no han superado el VM se encuentran dificultades institucionales — reglas de juego — y de modelos mentales —representaciones de lo que se debe hacer—, así como debilidad en la construcción de redes de trabajo. En los proyectos que sí superaron el VM predominan como resueltos los factores relacionados con formación de capacidades del talento humano, alianzas y conocimiento de las dimensiones.

Palabras clave: valle de la muerte; investigación, desarrollo e innovación; proyectos de I+D+i; modelos mentales; procesos de innovación; instituciones de educación superior.

Factors involved in the valley of death of R&D&I: polar cases approach

Abstract

Valley of Death (VoD) is the name that is given to a gap that hinders the successful completion of Research, Development, and Innovation (R&D&I) projects, preventing them from entering into the stages of new product development, start-up, and commercialization. The aim of this article is to analyze the factors that come into play in the VoD of a group of R&D&I projects from different higher education institutions located in El Valle de Aburrá, Colombia. Given the complexity involved in the study of VoD in the field of R&D&I projects, we carried out a polar case study, since it provides information about VoD in specific projects, in order to provide recommendations for the phenomenon in general. The analysis was carried out from a qualitative approach, inductive and phenomenological in nature, studying six factors involved in the formation of the VoD: human team, competencies and roles, knowledge of the dimensions, networking, financing and risk perception, institutions, and mental models. It was found that the projects that have not yet overcome VoD, usually experience institutional difficulties —rules of the game— and mental modeling difficulties —representations of what should be done—, as well as weaknesses in the construction of working networks. In the projects that did overcome the VoD, the factors related to human talent capacity building, alliances, and knowledge of the dimensions predominate as resolved.

Keywords: valley of death; research, development and innovation; R&D&I projects; mental models; innovation processes; higher education institutions.

Fatores envolvidos no vale da morte da P+D+i: aproximação de casos polares

Resumo

O «vale da morte» (VM) é denominado assim, quando uma brecha que dificulta a realização com sucesso de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P+D+i), impede sua entrada nas fases de desenvolvimento de novos produtos, colocadas em operação e comercialização. Este artigo tem como objetivo analisar os fatores que afetam o VM em um conjunto de projetos de P+D+i de diversas instituições de ensino superior localizadas no Vale do Aburrá, na Colômbia. Dada a complexidade envolvida no estudo do VM no campo dos projetos de P+D+i, foi realizado um estudo de casos polares, visto que este fornece informações sobre o VM em projetos específicos, para posteriormente fazer recomendações ao fenômeno em geral. A análise foi realizada a partir de uma abordagem qualitativa, indutiva e fenomenológica, na qual foram estudados seis fatores envolvidos na formação do VM: equipe humana, competências e papéis, conhecimento das dimensões, networking, financiamento e percepção de risco, instituições e modelos mentais. Constatou-se que os projetos que ainda não passaram pelo VM têm dificuldades institucionais —regras do jogo— e de modelos mentais —representações do que fazer— assim como fragilidades na construção de redes de trabalho. Nos projetos que superaram o VM, predominam, como resultados, os fatores relacionados à formação de capacidades do talento humano, alianças e conhecimento das dimensões.

Palavras-chave: vale da morte; pesquisa, desenvolvimento e inovação, projetos de P+D+i; modelos mentais; processos de inovação; instituições de ensino superior.

Facteurs impliqués dans la vallée de la mort de la R&D+I: approximation des cas polaires

Résumé

La «vallée de la mort» (VM) est un écart qui nuit à la réalisation des projets de recherche, développement et innovation (R&D+I), compliquant les phases de développement de nouveaux produits, leur mise en service et commercialisation. Cet article vise à analyser les facteurs affectant la VM dans un groupe de projets de R&D+I d'établissements d'enseignement supérieur situés dans la vallée d'Aburrá, en Colombie. Compte tenu de la complexité des études sur les VM dans le domaine des projets de R&D+I, une étude de cas polaires fournissant des informations sur la VM pour des projets spécifiques a été mis en place pour donner des recommandations sur le phénomène en général. L'analyse a été réalisée à partir d'une approche qualitative, inductive et phénoménologique, dans laquelle six facteurs impliqués dans la formation de la VM ont été étudiés : l'équipe humaine, les compétences et rôles, la connaissance du secteur, la mise en réseau, le financement et la perception du risque, et les institutions sectorielles. L'étude a mis en évidence qu'il existait, dans les projets n'ayant pas encore passé la VM, des difficultés institutionnelles —règles du jeu—, des modèles mentaux —représentations— ainsi que des faiblesses dans la construction des réseaux de compétences. Les projets ayant dépassé la VM ont pu résoudre les facteurs liés au renforcement des capacités des ressources humaines, des alliances et de la connaissance sectorielle.

Mots-clés: vallée de la mort; recherche-développement-innovation; projets de R&D+I ; modèles mentaux; processus d'innovation; établissements d'enseignement supérieur.

1. Introducción

Aunque hoy es aceptado que la innovación aporta al crecimiento económico, la competitividad y la generación de valor, se trata de un proceso complejo con una alta probabilidad de fracaso. El término valle de la muerte (VM) se ha utilizado para expresar una de las condiciones causantes de retrasos o fracasos de proyectos de I+D+i, —investigación, desarrollo experimental e innovación—, como una metáfora que explica las dificultades para pasar las etapas finales de desarrollo de nuevos productos. Entre los promotores de este término se destacan Auerswald y Branscomb (2003), quienes explican que el VM se debe a múltiples causas, que incluyen divergencias entre visiones de investigadores y empresarios, restricciones financieras y de infraestructuras y motivaciones personales no orientadas a la innovación.

Para Markham *et al.* (2010), el VM resulta de múltiples factores como brechas de comunicación entre unidades funcionales y equipos de las organizaciones, deficiencia de roles orientados a actividades de gestión y brechas de capacidades que se manifiestan como procesos que se ejecutan sin que estén formalizados, entre otros. Estas concepciones sugieren que el VM podría ser explicado como un fenómeno asociado a una etapa del proceso de I+D+i que manifiesta complejidad (Dean *et al.*, 2020; Ellwood *et al.*, 2020), en el cual confluyen múltiples factores (Sierra, 2020).

Así las cosas, esta investigación planteó como objetivo general estudiar los factores que inciden en el VM en proyectos de I+D+i, para lo cual tomó como ejemplos de estudio varias instituciones de educación superior (IES) del Valle de Aburrá. En este propósito se planteó una metodología exploratoria, de enfoque cualitativo, de carácter inductivo y fenomenológico. De igual forma, se empleó el estudio de casos múltiples y polares como estrategia para reconocer las razones que llevan a un resultado final exitoso o no exitoso en el proceso de innovación.

En la segunda sección se presenta una revisión teórica de los seis factores que más inciden en el VM. En la tercera se explica en detalle la propuesta metodológica, las herramientas empleadas y las etapas de la investigación. Luego, en la cuarta, se presentan los resultados divididos en el análisis de los distintos factores estudiados y la forma como se manifiestan en los casos que superaron el VM, así como en los que no lo hicieron.

Por último, la quinta sección plantea una discusión en torno a los resultados obtenidos y las conclusiones. Este trabajo es un insumo para estudios posteriores relativos a barreras en la innovación y un aporte con miras al mejoramiento de los procesos de innovación en las organizaciones.

2. Marco teórico

La innovación es crucial para fomentar la competitividad en mercados desafiantes, pero pocos proyectos se materializan en innovaciones debido a que las organizaciones presentan un déficit en el desempeño que les impide introducirlas o adoptarlas (Hadjimanolis, 2003; Storey, 2000). Un enfoque que permite examinar las razones de una inadecuada innovación es el estudio de las barreras que la obstaculizan

(Hadjimanolis, 2003), también definidas como desafíos o amenazas que enfrentan los proyectos de innovación en cualquier fase del proceso (Auerswald y Branscomb, 2003), así como las barreras que impiden o dificultan las actividades de innovación (Sandberg y Aarikka-Stenroos, 2014).

En general, el proceso de innovación se considera complejo y poco estudiado, específicamente en la fase intermedia entre el fin de las actividades investigativas, el inicio del desarrollo de nuevos productos y el alistamiento para la comercialización (Auerswald y Branscomb, 2003; Beard *et al.*, 2009; Belz *et al.*, 2019; Dean *et al.*, 2020; Jucevicius, *et al.*, 2016; Markham *et al.*, 2010), en la que se debería tener identificado y cuantificado un mercado para luego comenzar el desarrollo de la primera etapa de la tecnología, las pruebas piloto y, finalmente, introducirlos al mercado. Normalmente, allí surge el VM cuando se ha demostrado su eficacia —investigación—, pero es incapaz de obtener financiamiento para la fabricación y la comercialización —desarrollo de productos—.

Apenas se encuentra en construcción una teoría que explique el VM, de manera que se han encontrado múltiples aproximaciones a este problema: de tipo financiero (Auerswald y Branscomb, 2003; Beard *et al.*, 2009; Frank *et al.*, 1996; Savaneviciene, Venckuviene y Girdauskiene 2015), basadas en teoría de recursos y capacidades (Barr *et al.*, 2009; Colombo y Piva, 2008; Tassej, 2014), o bajo la perspectiva de desarrollo de nuevos productos (Markham, 2002; Markham *et al.*, 2010; Schoonmaker, Carayannis y Rau, 2013) que, según Harmancioglu *et al.*, (2007), aporta a la mirada de recursos y capacidades en el ámbito de los proyectos; estas aproximaciones mezclan elementos evolucionistas, institucionales y de sistemas de innovación (Munari, Sobrero y Toschi, 2018; Raven y Geels, 2010; Weiss y Bonvillian, 2013).

También se encuentran aproximaciones que reconocen el VM como una situación problemática en el contexto de las IES: Gulbrandsen (2009) y Meyer *et al.*, (2011), así como Abereijo (2015), asocian la conformación del VM con los efectos de una evolución en el modelo de las IES, resultante de los cambios en un entorno que espera un comportamiento más empresarial, de modo que induce tensiones en el interior de las entidades académicas. En una aproximación posterior al VM, Jucevicius *et al.* (2016) reconocen que las IES deben coevolucionar con los otros componentes de la triple hélice —empresas y Estado—, como condición para cumplir con objetivos de la tercera misión de comercialización y participación en el desarrollo socioeconómico.

Upadhyayula *et al.*, (2018) sugieren que la mayoría de las innovaciones tecnológicas originadas en las IES se quedan en el VM y no pasan a la fase de comercialización. Por este motivo, se hace relevante mejorar el entendimiento de cuáles factores inciden en la manifestación del VM. En un trabajo previo, Jiménez (2017) reconoce seis factores de mayor incidencia en el VM, en la perspectiva de entidades intermediarias de innovación: equipo humano, competencias y roles; conocimiento de las dimensiones; trabajo en red; financiación y percepción del riesgo; instituciones; y, por último, modelos mentales. A continuación, se describen estos factores.

2.1 Equipo humano, competencias y roles

Sandberg y Aarikka-Stenroos (2014) explican que las competencias del talento humano convierten las oportunidades en propuestas de negocio. Sin embargo, la falta de competencias y la insuficiencia de recurso humano se relaciona con la disposición a aportar los recursos financieros necesarios para que la innovación tenga éxito. Markham *et al.* (2010) sugieren que el bloqueo propio del VM se debe a que los proyectos deben enfrentar condiciones de alta complejidad, cuya resolución requiere la

participación de individuos que promuevan y gestionen los proyectos hasta llevarlos a etapas finales. Cuando no se cuenta con estas personas, es probable que los proyectos fracasen.

Autores han revisado el contexto institucional y cultural en el interior de las IES (Abereijo, 2015; Gulbrandsen, 2009; Meyer *et al.*, 2011; Upadhyayula *et al.*, 2018) como contexto que incide, en parte, en el comportamiento empresarial e innovador de los investigadores académicos. Abereijo (2015) identifica una brecha en el talento humano de las IES y plantea brechas entre las habilidades, las aptitudes y las percepciones típicas de los investigadores académicos, así como las que se requieren en el rol de emprendedor. Es el caso de la baja disposición a asumir riesgos con miras a avanzar hacia las fases finales, reconocida en los investigadores universitarios por Upadhyayula *et al.* (2018).

De esta manera, el VM se asocia a dificultades para que el personal académico conecte eficazmente el conocimiento con las oportunidades de negocio. También Gulbrandsen (2009) y Meyer *et al.* (2011) reconocen que la conformación de equipos interdisciplinarios en los proyectos de I+D+i universitarios puede ayudar a resolver esta barrera. Por su parte, Liening, Geiger, Kriedel (2018) sugieren un conjunto de habilidades personales a fomentar en el contexto universitario, con el fin de facilitar el paso por el VM, las cuales se soportan en aspectos de la personalidad, el conocimiento personal y el conocimiento profesional de las personas que hacen parte de las IES.

2.2 Conocimiento de las dimensiones

Antes de lanzar una innovación deben estudiarse las diversas dimensiones de la oportunidad de negocio, no solo el desarrollo tecnológico, sino también el mercado, el estudio financiero, legal y administrativo, entre otros. Van Lancker *et al.*, (2016) mencionan que existe un fallo por ceguera dimensional cuando el proceso de innovación se inició sin tener en cuenta todas las dimensiones del sistema, lo que crea cuellos de botella que impiden el éxito de un proyecto.

Markham y Mugge (2015) reconocen que los investigadores suelen tener poca familiaridad con asuntos de negocios y costos, lo cual dificulta la salida del VM. Según Nemet, Zipperer y Kraus (2018), los proyectos en el VM suelen tener dificultades para financiarse, porque al evaluarlos se encuentran indefiniciones tales como indeterminación de la escala operativa adecuada, falta de comprobación de funcionalidad, incertidumbre respecto a la aceptación del mercado y desconocimiento de situaciones que llevarían a que los beneficios de la innovación sean apropiados por entidades diferentes a las que invierten en la innovación, como es el caso de un eventual imitador.

Lettner *et al.*, (2020) asocian el VM con incertidumbre en dimensiones no técnicas, relacionadas con el mercado, aspectos sociales de la tecnología, cumplimiento de requerimientos de calidad, conocimiento de precios, costos de insumos y capacidad de manufactura. De forma semejante, Barron y Amorós (2020) reportan que, tras interactuar con innovadores universitarios, encuentran que dan gran valor a dimensiones asociadas al desarrollo tecnológico y a la generación de nuevo conocimiento, mientras la descripción de sus proyectos suele estar insuficientemente desarrollada en términos de negocios, utilidad y potencial de mercado.

2.3 Trabajo en red

Mediante alianzas se puede facilitar la integración, construcción y reconfiguración de competencias, a fin de obtener ventaja competitiva y posiciones de mercado en entornos cambiantes (Teece, Pisano y Shuen, 1997).

El trabajo en red se ha considerado un habilitador de la innovación, hasta el punto de que Marham y Mugge (2015) proponen esquemas de innovación abierta que se basan en la coinnovación mediante redes de colaboración como parte de un proceso para gestionar el paso por el VM. Fernández, Kubus y Pérez-Iñigo (2019) asocian la capacidad de superación del VM con la orquestación de esfuerzos de IES, empresas y entes gubernamentales,

conducentes a la innovación abierta. Stefanelli, Boscia y Toma (2020) reconocen que cierto grado de relacionamiento de las IES con empresas tecnológicas ayuda a la superación del VM.

2.4 Financiación y percepción del riesgo

Los autores que se centran en este factor (Auerswald y Branscomb, 2003; Beard *et al.*, 2009; Munari *et al.*, 2018; Daldrup, Krahl y Bürger, 2020) observan que en las primeras etapas del desarrollo de la tecnología es relativamente fácil obtener fondos públicos o privados para producirla y demostrarla, mientras que para la comercialización sucede lo contrario. Auerswald y Branscomb (2003) plantean que las asimetrías de información, la motivación y las brechas institucionales pueden desalentar sistemáticamente la inversión en el desarrollo tecnológico, constituyendo la causa fundamental del VM. Los entes públicos esperan que la tecnología se aplique para continuar brindando fondos, pero el sector privado teme invertir antes de la salida al mercado porque reconocen altos niveles de riesgo (Morales-Alonso *et al.*, 2019). Así, el fallo en acceder a los recursos puede llevar al fracaso de proyectos que en otro caso hubieran sido prometedores como innovaciones (Nemet *et al.* 2018). Alunni (2020) se enfoca en el contexto universitario y reconoce el papel de las oficinas de transferencia en la búsqueda de financiación empresarial.

Munari *et al.* (2018) y Son, Chung y Yoon (2020) abordan esta dificultad mediante la exploración de instrumentos de financiación de origen universitario que ayuden a superar las dificultades de fondeo, propias del VM. Esta perspectiva puede ser controvertida, pues implica que las IES asuman en algún grado el rol de inversionistas de riesgo. Sin embargo, la figura de los fondos académicos de riesgo también es explorada por Gubitta, Tognazzo y Destro (2016), quienes consideran las inversiones con fondos propios de las IES señales que ayudan a los inversionistas externos a reconocer oportunidades de innovación.

2.5 Instituciones

Para North (1991), las instituciones son sistemas normativos de reglas de juego o de acuerdos que median el comportamiento y la interacción de individuos dentro de un sistema económico; incluyen, además, reglas informales, tales como valores, tabúes, tradiciones o códigos de conducta; así mismo, formales como, por ejemplo, acuerdos, leyes, contratos, etc. Negro, Alkemade y Hekkert (2012), así como Van Lancker *et al.* (2016) plantean que este factor suele incidir en la innovación por barreras asociadas a instituciones formales e informales.

En especial, reconocen problemas por falta de continuidad o inconsistencia en la regulación, normativas orientadas al corto plazo o falta de reglamentación de instrumentos financieros para pasar a la fase previa a la comercialización, lo que incluye subsidios y exenciones. Por su parte, reglas del juego implícitas, como, por ejemplo, normas sociales y valores, pueden condicionar la legitimidad de la nueva tecnología, la cultura o la disposición para compartir recursos con otros actores.

Buena parte de la literatura sobre el VM analiza factores institucionales a escala de países, bajo el establecimiento de mecanismos de financiación propicios para fondear las actividades de salida del VM (Auerswald y Branscomb, 2003; Beard *et al.*, 2009; Nemet *et al.*, 2018), aunque también se encuentran aproximaciones institucionales no financieras, como, por ejemplo, la de Bonnin-Roca y O' Sullivan (2020), que estudian los efectos de reglamentaciones técnicas para que productos innovadores sean aprobados como condición de superación del VM.

También se revisan aspectos institucionales en el ámbito de las IES que inciden en el VM. Upadhyayula *et al.* (2018) reconocen problemas como, por ejemplo, la falta de cultura emprendedora, de esquemas para evaluar tecnologías y de condiciones que motiven a los investigadores a avanzar hacia fases finales de la I+D+i. Gulbrandsen (2009) y

Abereijo (2015) contextualizan el VM en el marco de una tensión institucional, bajo la cual se espera que las IES pasen de forma casi instantánea de un modelo tradicional a uno empresarial e innovador, lo cual involucra la incorporación de mecanismos como las oficinas de transferencia, a fin de atender la tercera misión de las universidades. Otras aproximaciones (Gulbranson y Audrestsch, 2008; Gubitta *et al.*, 2015, Munari *et al.*, 2018) exploran el establecimiento de instrumentos con recursos de las propias IES, en busca de una reducción de las restricciones de financiación de los proyectos en el VM.

2.6 Modelos mentales

Son constructos que articulan la realidad y generan restricciones sobre las decisiones y las acciones de individuos y organizaciones. Están integrados por imágenes, suposiciones, nociones, teorías y creencias sobre cómo funcionan las cosas y cómo actuar en función de todo este entendimiento (Surroca, Prior y Tribó-Giné, 2016). Incluyen entendimientos implícitos y explícitos, así como proporcionan un marco para interpretar información sobre un asunto determinado y adquirir nuevo conocimiento (Kim, 1998).

Normalmente, los modelos mentales son tácitos e inconscientes para las personas. Esto incrementa su facultad de moldear los actos y la visión del mundo (Senge, 2006), de manera que operan como patrones sutiles de razonamiento. Son relevantes los modelos mentales bajo los cuales los directivos toman decisiones. Cada modelo constituye una representación común para un grupo distinto de posibilidades (Johnson-Laird, 2013; Vásquez *et al.*, 2008).

Diversos autores reconocen problemas de este tipo en relación con el VM: Auerswald y Branscomb (2003), Verhoeff y Menzel (2011), Markham y Mugge (2015), así como Barron y Amorós (2020), señalan diferencias entre los modos de pensar del investigador y el empresario. Al predominar el primero en las IES se facilita el desarrollo de actividades relacionadas con investigación y desarrollo de tecnologías en laboratorio, pero se presta poca atención a asuntos tales como las necesidades del cliente, la estrategia de mercado y los recursos necesarios para operar un nuevo negocio.

Todo esto se asocia con visiones, expectativas e intereses diferentes que se asocian a cada modelo mental, y como consecuencia Barron y Amorós (2020) encuentran que los innovadores universitarios suelen manifestar dificultades para ejecutar labores relacionadas con el desarrollo de un nuevo negocio, tales como explicar sus iniciativas en términos de negocios, formular una oferta atractiva para el mercado, interactuar con contactos en la industria e, incluso, se muestran resistentes a proyectar el mercado y el flujo de caja de un producto innovador. Esto reduce las posibilidades de que un proyecto de I+D+i supere el VM y se constituya en una innovación aplicada en el mercado. Por estos motivos, Abereijo (2015) y Liening *et al.* (2018) proponen acciones formativas orientadas a estimular modelos mentales más empresariales en los investigadores como condición contribuyente a que las IES incrementen su capacidad de llevar sus proyectos más allá del VM.

3. Metodología

Esta investigación se aborda desde una propuesta metodológica exploratoria con enfoque cualitativo, de carácter inductivo y fenomenológico. Se emplea como estrategia el estudio de caso múltiple (Ponce, 2018), como una forma de analizar la dinámica de las interrelaciones que se presentan entre los distintos casos

—proyectos de I+D+i— estudiados, los factores y las variables que intervienen en ellos. El estudio de caso es favorable para estudiar problemas complejos y emergentes, como lo es el proceso de innovación, toda vez que permite explicar el comportamiento de las distintas variables en un sistema o contexto singular al establecer una correlación entre estas. Esto permite un análisis desde la complejidad de las relaciones entre factores dentro del objeto de estudio (Eisenhardt, 1989).

Dada la complejidad que implica el estudio del VM en el ámbito de los proyectos de I+D+i, el estudio de caso proporciona información acerca del VM en proyectos específicos, para luego plantear recomendaciones al fenómeno en general. Además, su uso es apropiado en situaciones complejas que se encuentran en etapa exploratoria, en las que se requiere responder a las preguntas de cómo y por qué. Por esta razón, el método de estudio de caso se presentó como el más adecuado en esta investigación.

Considerando la naturaleza del fenómeno, se optó por un estudio de casos con tipos polares. Es decir, se analizaron casos extremos para luego compararlos (Pettigrew, 1990). En este estudio dicha polaridad corresponde a considerar como casos a) proyectos exitosos en la superación de VM, y b) proyectos fallidos en dicho propósito.

Como problema emergente se requirió del análisis de diversos factores para su delimitación. Se seleccionaron seis factores, identificados en un trabajo previo de Jiménez (2017), como aquellos con más incidencia en la aparición del VM en proyectos de I+D+i.

Para la obtención de información secundaria se empleó una matriz de revisión sistemática de literatura en la que se sistematizó y analizó la información extraída de distintas bases de datos académicas. Para la obtención de información primaria se empleó la entrevista semiestructurada, con preguntas relativas al proceso que ha seguido cada proyecto y su relación con las diferentes categorías de análisis —factores— encontrados en la revisión bibliográfica. Esta entrevista se realizó a

trece líderes de proyectos de I+D+i de diferentes entidades de educación superior y fue validada por expertos en el tema de estudio.

Es preciso anotar que no es posible conocer la población total de proyectos, dado que este es un fenómeno emergente, así que la selección se realizó según lo requerido en la estrategia de casos polares. De igual manera, a fin de mantener la confidencialidad no se incluyen los nombres de las organizaciones y las personas que participan en cada proyecto; en su lugar se asignan nombres genéricos a fin de identificarlos.

La información recopilada en las entrevistas fue sistematizada y, posteriormente, se realizó un análisis de contenido empleando el software Atlas. TI, en el cual se codificaron como categorías de análisis los diferentes factores de estudio. Esto facilitó reconocer la información que apunta a cada factor, así como establecer cuándo dicha información aportaba positivamente a su resolución, de modo que influía en la superación del VM de cada proyecto estudiado, o, por el contrario, cuando la información se refería a condiciones de bloqueo o no resolución del factor, incidía en el retraso del proyecto. Dependiendo de estas posibilidades, cada fragmento de información se codificó tanto con el factor como con un signo de sentido de influencia positivo —favorable para la aceleración del proyecto— o negativo —desfavorable—.

Tras codificar toda la información de los casos se generó un conteo de cantidad de citas registradas para cada cruce de caso y factor, de manera que se separaron dichas citas de acuerdo con el sentido de influencia. Con esto se generó una tabla que cruza casos *vs.* factores y presenta el porcentaje de citas positivas —citas positivas/citas totales—, y negativas —citas negativas/citas totales—, donde las citas totales es la suma de citas positivas y negativas para cada cruce. La suma de porcentajes de citas positivas y negativas debe dar el 100 %, excepto cuando un caso no reporta información para un factor, en cuyo caso se reporta 0 en ambos porcentajes.

4. Resultados

La tabla 1 resume los resultados de la clasificación de información por factores —en consideración si es favorable, signo +, o desfavorable, signo -, de cada fragmento de información codificada para los diversos casos. Se presentan separados los casos exitosos —superaron el VM— de los fallidos —no superaron el VM—.

Tabla 1. Resultados de casos polares, por factor y sentido de influencia —+ o -—

Caso	Superó VM	Equipo humano		Conocimiento de las dimensiones		Trabajo en red		Instituciones		Modelos mentales		Financiación y percepción riesgo	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Aguas	No	0 %	100 %	67 %	33 %	25 %	75 %	0 %	100 %	25 %	75 %	0 %	100 %
Calor	No	50 %	50 %	25 %	75 %	40 %	60 %	33 %	67 %	0 %	100 %	40 %	60 %
Fertilizantes	No	50 %	50 %	50 %	50 %	83 %	17 %	50 %	50 %	67 %	33 %	38 %	62 %
Ganadería	No	0 %	100 %	22 %	78 %	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %
Refrigeración	No	0 %	0 %	60 %	40 %	0 %	0 %	0 %	100 %	50 %	50 %	0 %	100 %
SisInfo	No	0 %	100 %	10 %	90 %	50 %	50 %	0 %	100 %	0 %	100 %	25 %	75 %
Suelos	No	30 %	70 %	0 %	100 %	80 %	20 %	18 %	82 %	0 %	100 %	33 %	67 %
Vestuario	No	67 %	33 %	64 %	36 %	83 %	17 %	13 %	88 %	40 %	60 %	25 %	75 %
Consolidado casos: no superan VM	No	27 %	73 %	33 %	67 %	63 %	37 %	15 %	85 %	14 %	86 %	25 %	75 %
Agricultura	Sí	95 %	5 %	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	92 %	8 %	100 %	0 %
Biológicos	Sí	89 %	11 %	100 %	0 %	100 %	0 %	91 %	9 %	100 %	0 %	100 %	0 %
Biomédico	Sí	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	57 %	43 %	50 %	50 %	100 %	0 %
EconCircular	Sí	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	50 %	50 %	100 %	0 %	50 %	50 %
Neveras	Sí	82 %	18 %	96 %	4 %	83 %	17 %	48 %	52 %	85 %	15 %	63 %	38 %
Consolidado casos: superan VM	Sí	91 %	9 %	98 %	2 %	94 %	6 %	67 %	33 %	84 %	16 %	82 %	18 %

Fuente. Elaboración propia.

Al usar la lógica de los casos polares se puede reconocer que el grupo de proyectos que no superaron el VM muestra una tendencia en la que predomina la columna marcada con signo -, lo cual significa que hay más testimonios de bloqueos y no resolución de los factores que de situaciones de resolución. Esto se reconoce en la tabla 1 cuando en el cruce entre un caso y un factor se encuentra un porcentaje más alto en la columna etiquetada con signo -, con relación a la columna con el signo +.

En la fila de consolidado de estos casos que no superaron el VM se encuentra que los factores en los que predomina el sentido de influencia negativo son los modelos mentales y las instituciones.

El otro grupo polar es el de proyectos que superaron el VM. En este grupo se encuentra un predominio de la columna con signo +. Esto significa que, a diferencia del grupo anterior, los testimonios dan cuenta de condiciones favorables para la dinamización de los proyectos. En este sentido, la

condición polar de superar el VM se relaciona con indicios de que los factores estudiados se vuelven favorables. El factor que muestra mayor intensidad en los testimonios positivos es el conocimiento de las dimensiones, seguido del trabajo en red y el equipo humano.

Estos resultados se complementan por los hallazgos del análisis de contenido realizado para cada factor.

4.1 Equipo humano, competencias y roles

4.1.1 Casos que superaron el VM.

En los casos Agricultura, Biológicos, Biomédicos, EconCircular y Neveras se encuentra que la conformación de un equipo interdisciplinario con roles definidos entre las actividades de I+D, administrativas, comerciales, financieras y regulatorias, entre otras, facilitan el alistamiento para la comercialización.

En Biológicos, la asignación de actividades de acuerdo con los roles y las competencias, así como la experiencia en procesos de I+D y en la comercialización, ayudaron al éxito en la salida del VM. En este grupo, se resalta la inclusión de personal del aliado externo como parte del equipo, de modo que contribuyó con la visión comercial y complementó las capacidades de desarrollo de tecnología.

En los casos exitosos, cuando en el interior de los equipos de proyecto se generan competencias relacionadas con gestión y negocios —como sucede en los casos Agricultura y Neveras—, o cuando los aliados aportan talento humano con competencias adicionales —Biológicos, EconCircular, Biomédico—, se desarrollan condiciones favorables para superar el VM.

4.1.2 Casos que no superaron el VM.

En la mayoría de estos casos —Aguas, Calor, Fertilizantes, Ganadería, Refrigeración, SisInfo y Vestuario— no se presenta la conformación de equipos interdisciplinarios. La excepción es Suelos, en el que se identifica que un aliado externo aporta competencias comerciales y de mercado. Los líderes

de los proyectos se enfocan, primordialmente, en el desarrollo de actividades de I+D, de modo que dejan de lado otras actividades enfocadas en la innovación. Un aspecto que puede condicionar estos resultados es el enfoque de investigación de las IES, en el cual ha primado el interés por generar productos de investigación para ser divulgados — artículos y ponencias—, de manera que se pone el énfasis en desarrollar competencias asociadas a la investigación y el desarrollo tecnológico.

Las competencias en temas tales como modelos de negocio, diseño de producto, propiedad intelectual y finanzas, entre otras, no se entienden como parte del quehacer de los investigadores.

4.2 Conocimiento de las dimensiones

4.2.1 Casos que superaron el VM.

En los proyectos exitosos se reconoce un conocimiento de la tecnología, el proceso productivo, el mercado, las condiciones de propiedad intelectual y las normativas que inciden en la implementación exitosa de la innovación. En tres de ellos —Neveras, Biológicos, Agricultura— se identifica que en el interior del equipo innovador se encuentran personas con conocimiento y orientación al mercado, así como personal que domina el proceso productivo. Bien sea por capacidades internas o bien mediante servicios técnicos, acceden a capacidades de gestión de propiedad intelectual y normativa.

Biológicos contrató servicios especializados para elaboración de un plan de mercado y un estudio de factibilidad del negocio bajo el cual se tomaron las decisiones de inversión de recursos faltantes. En EconCircular y Biomédico el conocimiento de las diversas dimensiones lo ofrecen los aliados empresariales; estos corresponden a firmas posicionadas en sus industrias y aportaron sus capacidades durante el desarrollo de los proyectos.

4.2.2 Casos que no superaron el VM.

Entre los casos no exitosos se encuentran situaciones en las que el desconocimiento de alguna dimensión genera bloqueos para el

desarrollo de los proyectos. En uno de ellos el desconocimiento de las condiciones de propiedad intelectual dificulta el mantenimiento de acuerdos con el aliado empresarial. También se encontró un caso en el que el desconocimiento de la normativa llevó a dejar de lado requisitos a cumplir para llegar al mercado que se convirtieron en barreras para la implementación final.

4.3 Trabajo en red

4.3.1 Casos que superaron el VM.

Si bien la inclusión de aliados en los proyectos no garantiza la superación del VM, sí permite complementar los equipos de trabajo con un enfoque hacia el desarrollo de productos y su comercialización, el conocimiento del mercado y los canales de distribución, así como facilita el acceso a otras fuentes de financiación, entre otros aspectos.

Como elemento común en todos los casos que superaron el VM se encontró que participan aliados empresariales que fortalecen el equipo de trabajo al aportar conocimiento de las necesidades del mercado —EconCircular, Agricultura y Biomédico—, gestión comercial y acceso a instancias de validación en condiciones reales de los prototipos —Biológicos, Biomédico y Neveras—. Estas relaciones se construyeron a partir del reconocimiento de las fortalezas de cada parte, así como del establecimiento de acuerdos en propiedad intelectual y en el mecanismo para explotar la innovación.

También se cuenta con otros aliados para el acceso a laboratorios y consultas con expertos, lo que facilita el alistamiento de las tecnologías en desarrollo —Agricultura, Biológicos y Neveras—. Se destaca el trabajo con entidades de enlace —Ruta N, Tecnova, Innpulsa— que promueven alianzas para la comercialización y facilitan el acceso a fondos de capital dirigidos al alistamiento comercial y la propiedad intelectual.

Los incentivos a la colaboración incidieron positivamente en varios proyectos exitosos. En uno de los casos se menciona que al recurrir a instrumentos de financiación condicionados a que los proponentes se conformen mediante alianzas, se estimuló la concreción de colaboraciones que resultaron positivas con miras a la maduración posterior del proyecto.

4.3.2 Casos que no superaron el VM.

Se encuentra como factor común que estos casos no cuentan con aliados empresariales para fortalecer el alistamiento comercial. En su lugar tienen redes de trabajo investigativo con otras IES —Aguas, Calor y Vestuario—.

En otros casos se inició la colaboración con aliados empresariales que no fructificaron —Aguas, Calor—, e, incluso, otros proyectos no trabajaron con algún tipo de aliado —SisInfo y Ganadería—. Sin embargo, estas situaciones no afectan el cumplimiento de compromisos frente a las IES financiadoras, ya que al formularlos se delimitaron los alcances al desarrollo investigativo, sin comprometerse a la transferencia o la comercialización de un producto. En algunos casos se reconoce la importancia de contar con un equipo de apoyo en transferencia que permita fortalecer el desarrollo desde la óptica de la comercialización —Aguas, Vestuario, Agricultura—.

Se identifican casos en los que la colaboración se desincentiva. En uno de ellos, el hecho de que se presenten expectativas divergentes sobre los grados de participación y los aportes de los aliados empresariales dificultó la materialización de las alianzas. Por ejemplo, se encuentran situaciones en las que las empresas esperan que toda la responsabilidad de invertir en el desarrollo de la tecnología lo asuman las IES y las empresas actúen como consumidoras de un producto tecnológico ya terminado, mientras que las IES esperan corresponsabilidad entre ambas entidades.

El establecimiento de protocolos complejos o inmaduros genera dificultades y demoras para firmar acuerdos. Finalmente, protocolos y procedimientos que son normales en la gestión de la investigación dentro de las IES, resultan extraños a los aliados empresariales. Esto se encontró en un caso colaborativo, cuyos resultados intermedios debieron ser sometidos a una evaluación por pares. Esto resultó extraño para la lógica empresarial y condujo a desmotivar la continuación de la alianza. Así mismo, un proyecto bajo colaboración que estaba disfrutando de apoyo en financiación por parte de un mecanismo de fomento se vio afectado cuando dicho mecanismo cambió las condiciones de participación a mitad del proceso, lo cual desanimó al aliado y generó un retraso para iniciar fases posteriores.

4.4 Instituciones

4.4.1 Casos que superaron el VM.

En algunos casos, en la medida que las partes tuvieron claridad respecto a sus expectativas de participación, alcances y modalidades de transferencia preferidos, se facilitó el trabajo colaborativo con aliados, lo cual constituye un factor favorable para el éxito de los proyectos.

En un caso se tenía un alto conocimiento y nivel de actualización de la normativa sectorial, porque estaba identificado como un factor de riesgo, cerca al lanzamiento comercial hubo un cambio regulatorio que generó retrasos y sobrecostos, los cuales lograron ser subsanados. En el caso Agricultura, el conocimiento y la capacidad de respuesta a los requisitos fueron entendidos como generadores de ventaja y mejor servicio, por lo que fortalecieron su capacidad de entendimiento y gestión de los elementos normativos, en cuanto factor generador de valor ante el mercado.

En otro caso, el conocimiento de la normativa y de los requisitos a cumplir ayudó a la toma de decisiones tempranas respecto al proyecto, de modo que anticipó cómo cumplir con la normativa. Este conocimiento anticipado llevó a que en el caso Biomédico se identificara temprano

la necesidad de acudir a alianzas empresariales, pues la universidad no tendría capacidad de cumplir con los requerimientos. En todos estos casos el conocimiento oportuno de la normativa fue identificado como factor de éxito y acelerador para el paso del VM.

En los proyectos de IES privadas se manifestó una buena respuesta en los procesos de compras de materiales e insumos, excepto en las importaciones para uno de los casos. En Biológicos y EconCircular se generaron acuerdos para que las compras de insumos y servicios técnicos las gestionara el aliado empresarial, a fin de no verse afectados por la baja velocidad de compra de la universidad.

4.4.2 Casos que no superaron el VM.

Este factor fue reportado como desfavorable en los proyectos que no han superado el VM. El desconocimiento y la baja capacidad de respuesta a requerimientos normativos incidió en varios casos, al dificultarse el cumplimiento de requisitos para que los productos avanzaran a fases de explotación. En dos casos se ignoraban los requerimientos normativos y en otro se consideraba que estos solo deberían preocupar a la hora de llegar al cliente final, de modo que se incurría en riesgos de reprocesos futuros. Así, al llegar a las etapas finales se volvieron conscientes de que el ajuste a condiciones normativas involucraría costos adicionales, lo cual desmotivó a los aliados empresariales y a la universidad.

En varios casos no exitosos los mecanismos, protocolos y controles en la gestión de compras de insumos y materiales fueron problemáticos. Se halló que en los proyectos asociados a IES públicas las compras fueron más problemáticas que en las privadas. En las primeras, rigideces en procesos de compras motivaron retrasos en la adquisición de insumos, lo cual alargó los tiempos de desarrollo e, incluso, generó fricciones con los aliados. En un caso se prefirió no comprar algunos recursos en espera de que se utilizara la infraestructura de la universidad, pero esta decisión generó un cuello de botella por tener una disponibilidad limitada.

Cuando las instancias de dirección en las IES deben dar lineamientos y aprobaciones para el establecimiento de acuerdos de transferencia y propiedad intelectual, entre otros, es necesario que existan políticas previas y criterios respecto al resultado esperado. Sin embargo, en varios casos se mencionaron discrepancias en lineamientos y políticas que llevaron a retrasos. En un caso fue la falta de claridad en las políticas para el establecimiento de alianzas y el avance hacia fases de implementación de las innovaciones. En otros faltaron definiciones respecto a las expectativas y las reglas para definir las participaciones de los actores. Así mismo, hubo casos en los que faltó claridad respecto a si a la universidad le interesa participar en la definición del modelo de negocio o si prefiere dejarlo a su aliado empresarial. También se encontraron indefiniciones respecto a los mecanismos de transferencia.

En varios proyectos se encontraron problemas en cuanto a la madurez de protocolos, esquemas o procedimientos para el establecimiento de acuerdos de transferencia, definiciones jurídicas, negociación de propiedad intelectual y trámite de acuerdos de confidencialidad. En algunos casos no estaban bien definidos los responsables de gestionar dichos procesos. En un proyecto, desarrollado en colaboración entre dos IES, se generaron problemas de integración entre los dos sistemas de gestión, lo cual dificultó el desarrollo de procesos, asignación de recursos y cumplimiento de protocolos, entre otros. Esto indujo varios años de retraso en el plan de trabajo.

Frente a los mecanismos de apoyo financiero a los proyectos de I+D+i, como, por ejemplo, convocatorias y concursos, entre otros, se encontraron problemas para ajustar los tiempos de ejecución de los proyectos a los plazos correspondientes, establecidos en los términos de referencia de dichos mecanismos. Esto se debe a que, en algunos casos, la naturaleza de las tecnologías y de los fenómenos abordados establece tiempos de maduración que no necesariamente coinciden con los tiempos reglamentados. Esta asincronía

dificultó el desarrollo de dos proyectos e, incluso, limitó el acceso a recursos necesarios. En otro caso, finalizados formalmente los tiempos de ejecución, aún era necesario ejecutar acciones no previstas. Se entró en un cuello de botella porque era difícil para el equipo dedicar tiempo a completar las tareas faltantes.

En las IES colombianas se vienen definiendo políticas de promoción a la innovación y a las actividades de transferencia asociadas a ella, incluso políticas de promoción de *spin off* de resultados de investigación. Sin embargo, en los casos se encuentran indicios de que estas definiciones no han conducido a una implementación completa, lo cual puede generar dificultades para el desarrollo exitoso de los proyectos. En varios casos se reportó que las asignaciones de tiempo de los equipos fueron suficientes durante fases de investigación, pero, posteriormente, al considerar que los proyectos ya estaban en etapas de transferencia, los tiempos asignados se reducen y resultan insuficientes.

Aunque existen definiciones y lineamientos de las IES respecto a asuntos como *spin-off*, transferencia e innovación, no necesariamente esto significa que estas actividades son entendidas como parte de su razón de ser. En un caso existían definiciones en las que se plantea una disposición de la universidad hacia el emprendimiento, pero, más allá de estar definido, faltaban instrumentos y protocolos que permitieran materializar su innovación en calidad de emprendimiento.

En otro caso se identifica que, aunque la universidad tiene definidas políticas alrededor de todo el ciclo de I+D+i, en realidad el énfasis está en las actividades de investigación, de modo que falta un organismo de decisión que dirija actividades en las fases de innovación y de transferencia. Por tal motivo el gobierno de las iniciativas de transferencia e innovación fue asumido por el comité de investigación, el cual no cuenta con experiencia ni con una orientación para direccionar en las últimas fases hacia la innovación.

4.5 Modelos mentales

4.5.1 Casos que superaron el VM.

En estos casos, los líderes consideran múltiples condiciones como relevantes para que las innovaciones fueran exitosas, como, por ejemplo, ajustarse a las necesidades del usuario, disponer de canales hacia el mercado, cumplir con requerimientos normativos o contar con capacidad productiva en la escala que requiere el mercado. Este entendimiento de múltiples requerimientos es interpretable mediante modelos mentales con múltiples dimensiones, los cuales son los más completos con respecto a los que se pueden identificar a partir de los testimonios de líderes de otros proyectos, en los que se tiende a considerar que el requisito fundamental es el desarrollo de un producto que cumpla especificaciones técnicas, y que resultaron ser parte de los casos no exitosos.

El proyecto Agricultura reconoce la importancia de contar con una visión comercial sobre las tecnologías en desarrollo, así como con capacidad de conocer y ajustarse a requisitos normativos y a desarrollar una capacidad productiva adaptativa a cambios en la demanda. En el proyecto Biológicos se consideraron fundamentales el desarrollo de una capacidad de producción a escala y el manejo de la normativa como factor de riesgo del proyecto. También se comprendió la necesidad de adelantar estudios de mercado detallados como condición para estructurar el plan de negocio.

Los casos Biológicos, Biomédico y EconCircular subrayan la necesidad de tener claro el problema a solucionar con la tecnología y cumplir otros requisitos en el proceso de investigación y desarrollo enfocados en la transferencia y la comercialización, así como la generación de metas económicas y de mercado claras; de igual forma, consideran relevante frente a la dirección del proyecto que exista un balance entre investigación y desarrollo de producto con visión de la necesidad en el mercado.

4.5.2 Casos que no superaron el VM.

Varios casos comparten un mayor interés por generar publicaciones en revistas científicas u obtener títulos de derechos de propiedad intelectual, sin que en su esfera de intereses y preocupaciones sea visible la idea de validar el potencial de comercialización o transferencia tecnológica. No se puede interpretar que a los líderes de estos casos no les interese la innovación, pero su producción académica sugiere que dan mayor prioridad a los resultados de investigación.

4.6 Financiación

4.6.1 Casos que superaron el VM.

Todos estos casos encontraron financiación para las actividades en la etapa final de desarrollo de nuevos productos, escalamiento, ingeniería y pruebas finales con usuarios, bien fuera mediante un inversionista privado —Biológicos—, instrumentos de financiación pública para pruebas de concepto y etapa final —Neveras—, o bien un financiador internacional —Biomédico—. EconCircular tuvo desde el principio una empresa dispuesta a financiar el proyecto.

El caso Agricultura tuvo un manejo especial con miras a garantizar la financiación, puesto que en las etapas finales de desarrollo se apoyó con recursos de otros proyectos de investigación para los cuales la financiación era más accesible. Los recursos cargados a los proyectos de investigación ayudaron, en parte, a cumplir las actividades finales de desarrollo de nuevos productos, tales como validaciones, ingeniería final de producto y proceso, así como labores de gestión de innovación y relacionamiento con el cliente en las etapas finales. Así, además de generar sinergias de conocimiento y capacidades, se hizo menor el requerimiento presupuestal de las actividades finales de desarrollo de producto. En los casos Biomédico y Neveras, asociarse con un aliado empresarial facilitó el cumplimiento de condiciones que permitieran acceder a fuentes externas de financiación.

4.6.2 Casos que no superaron el VM.

En estos casos se presentaron dificultades para acceder a recursos financieros adicionales y activar las labores que lleven los proyectos fuera del VM. El caso SisInfo recibió aprobación de recursos, pero, posteriormente, los procesos internos restringieron la entrega de estos, lo cual comprometió el cumplimiento de fases finales. En el proyecto Aguas, al pasar de las pruebas en laboratorio al escalamiento, se descubrieron requerimientos no previstos, lo que generó una demanda de recursos adicionales. En Biológicos fue favorable contar con un análisis que permitió anticipar los factores de riesgo del negocio y definir acciones dirigidas a gestionarlos, de modo que se mejoró la capacidad de respuesta cuando el riesgo principal

se materializó. Esto facilitó la decisión de inversión considerado, incluso, recursos adicionales para atender la contingencia asociada al riesgo.

En uno de los casos se encontró que la dependencia de recursos internos, junto con restricciones para acceder a financiación externa, han sido barreras para culminar el proyecto de I+D+i. En otro caso, desarrollado con un aliado empresarial, pero financiado por la universidad, se reconoce que el proyecto avanzó mientras fue viable financiarlo con recursos de la IES. Sin embargo, al pasar a fases posteriores que requerían recursos adicionales no solo no ha sido viable acceder a las fuentes externas, sino que el aliado empresarial no consideró pertinente invertir sus recursos.

5. Discusión y conclusiones

El argumento dominante en la literatura sugiere que el VM es, fundamentalmente, un problema de financiación con miras a avanzar a las etapas finales de la innovación (Auerswald y Branscomb, 2003; Beard *et al.*, 2009; Frank *et al.*, 1996); incluso, se encuentran descripciones del VM como una brecha de financiación (Beard *et al.*, 2009) o de capital (Auerswald y Branscomb, 2003; Wessner, 2005) en la etapa transicional entre I+D y desarrollo de nuevos productos. Esta interpretación parece plausible, sin embargo, los hallazgos en los casos estudiados sugieren que la financiación es un factor que, si bien incide, no es la explicación única del VM. Otros factores están presentes e incluso podrían tener relaciones causales con la decisión de financiar.

En los casos no exitosos, aunque se consideró la financiación, los factores que se mencionaron de forma más reiterada como causas de bloqueos fueron las instituciones que determinan las reglas de juego bajo las cuales se desarrollan las interacciones y las actividades de los proyectos y las que dieron acceso a los recursos. También los

modelos mentales con los que operan los equipos innovadores y el personal de gestión, en los que se dejan de considerar las dimensiones de los proyectos, como, por ejemplo, las expectativas del mercado o los requerimientos normativos. Estos modelos mentales facilitan el avance en las fases de I+D, pero conducen a incertidumbres de cara a una decisión de inversión para el desarrollo final de productos.

Por su parte, en los casos que superaron exitosamente el VM, los testimonios apuntan a que tres factores están resueltos: se ha adquirido conocimiento de las dimensiones de la innovación; se han conformado alianzas, particularmente con empresas que aportan capacidades productivas, de mercado y acceso a recursos financieros; y se han conformado equipos interdisciplinarios con talento humano que posee competencias y cumple roles complementarios. Si bien este trabajo no presenta una revisión de relaciones causales, se encuentran indicios de que la resolución favorable de estos tres factores generó condiciones propicias para que se obtuviera financiación.

Los factores considerados, a partir de la propuesta de Jiménez (2017), fueron reconocidos en los casos de proyectos de I+D+i. La comparación que permiten los casos polares muestra cómo, en los casos no exitosos, estos factores tienden a estar menos resueltos que en los casos exitosos. Esta comparación puede aportar a la gestión de proyectos de I+D+i, pues se espera que los proyectos que gestionen y resuelvan favorablemente dichos factores tengan mayores posibilidades de superar el VM.

La multiplicidad de perspectivas en la literatura para explicar el VM guarda relación con la diversidad de factores involucrados en este fenómeno, que es sistémico. Este trabajo presenta una mirada de conjunto sobre seis factores, sin embargo, la riqueza en hallazgos que aportan los casos considerados, así como las relaciones encontradas entre factores, abren la posibilidad de trabajos futuros que profundicen en cada factor y en las relaciones entre factores. También se podrían considerar otros factores no analizados en este texto, para lo cual se requeriría un trabajo más extenso.

Algunas perspectivas incluyen el estudio de por qué los factores que aparecieron con mayor intensidad en los casos no exitosos abordan definiciones conceptuales —instituciones y modelos mentales—. Una perspectiva institucional y cognitiva podría utilizarse con miras a entender cómo dichos elementos pueden condicionar las decisiones y acciones en los proyectos de I+D+i, de manera que generan situaciones de bloqueo.

Por otra parte, las perspectivas de desarrollo de nuevos productos, o de recursos y capacidades podrían aprovecharse para entender el proceso bajo el cual se construyen gradualmente capacidades, lo cual, en lo estudiado en este trabajo, se relaciona con el equipo humano, las alianzas y el conocimiento de las dimensiones. Bajo esta perspectiva se podría revisar si al avanzar en el desarrollo de las capacidades de innovación, el proyecto pasa a ser visto como una oportunidad de inversión viable. Estas miradas ayudarían al entendimiento y, eventualmente, aportarían a la formación de una futura teoría que explique el VM.

Cabe anotar que la innovación puede abordarse bajo una perspectiva diferente a la lógica racionalista, en la que una «razón trazada matemáticamente» puede definir los resultados finales en función de las variables que intervienen (Hernández y Salgado, 2011). Más acertado sería reconocer la innovación como un objeto de estudio complejo en el que confluyen diversas variables y agentes que se interrelacionan de forma dinámica. En este sentido, se requiere un análisis multivariado, complejo y transdisciplinar. De esta manera, estudiar los factores formadores del VM requiere una visión holística, sistémica y compleja de la forma en la que estos se correlacionan y su incidencia en el éxito o fracaso de proyectos de I+D+i.

Sumado a lo anterior se debe anotar que no existe una teoría definitiva que explique la formación del VM y los elementos que lo condicionan. Por ser una teoría en construcción, el análisis debe considerar la mayor cantidad de variables posibles, así como las relaciones que se establecen entre estas, de modo que el fenómeno estudiado pueda ser explicado de forma más precisa. Así se evita una visión simplista y reduccionista del objeto de estudio. Abordar estas cuestiones desde la complejidad permite superar la separación entre sujeto y objeto, de forma que se puedan analizar las relaciones presentes en un sistema a partir de un método que no oculte las articulaciones, interacciones, implicaciones y, en general, las dinámicas existentes entre los elementos de dicho sistema, y así estar en capacidad de realizar análisis de causa y efecto ampliados (Rojas-Arenas, 2018).

Referencias

- Abereijo, I. O. (2015). Transversing the «valley of death». *African Journal of Economic and Management Studies*, 6(1), 90-106. DOI: <https://doi.org/10.1108/AJEMS-10-2012-0066>
- Alunni, A. (2020). La importancia de la inversión de riesgo corporativo para superar el valle de la muerte en la transferencia tecnológica universitaria. *Revista de Fomento Social*, 75(1), 145-164. DOI: <https://doi.org/10.32418/rfs.2020.296.3311>
- Auerswald, P.E.; Branscomb, L. M. (2003). Valleys of death and Darwinian seas: financing the invention to innovation transition in the United States. *Journal of Technology Transfer*, 28, 227-239. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024980525678>
- Barr, S.; Baker, T.; Markham, S.; Kingon, A. (2009). Bridging the valley of death: lessons learned from 14 years of commercialization of technology education. *Academy of Management Learning & Education*, 8(3), 370-388. DOI: <https://doi.org/10.5465/amle.8.3.zqr370>
- Barron, E.; Amoros, J. E. (2020). Bridging the valley of death: lessons from an entrepreneurial program. *International Journal of Entrepreneurship*, 24(1). Recuperado de <https://bit.ly/3jnbAUz>
- Beard, T. R.; Ford, G. S.; Koutsky, T. M.; Spiwak, L. J. (2009). A Valley of Death in the innovation sequence: an economic investigation. *Research Evaluation*, 18(5), 343-356. DOI: <https://doi.org/10.3152/095820209X481057>
- Belz, A.; Terrile, R. J.; Zapatero, F.; Kawas, M.; Giga, A. (2019). Mapping the Valley of Death: managing selection and technology advancement in NASA's small business innovation research program. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2904441>
- Bonnin-Roca, J.; O'Sullivan, E. (2020). The role of regulators in mitigating uncertainty within the valley of death. *Technovation*, 102157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102157>
- Colombo, M.; Piva, E. (2008). Strengths and weaknesses of academic startups: a conceptual model. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55(1), 37-49. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEM.2007.912807>
- Daldrup, V.; Krahl, O.; Bürger, R. (2020). Is crowdfunding suitable for financing German Public Research Organization (PRO) Projects? En A. Moritz; J. H. Block; S. Golla; A. Werner (Eds.) *Contemporary Developments in Entrepreneurial Finance*. (309-338). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-17612-9_12
- Dean, T.; Zhang, H.; Xiao, Y. (2020). The role of complexity in the Valley of Death and radical innovation performance. *Technovation*, 109, 102160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102160>
- Eisenhardt, K. (1989). Building theories from case study research. *The Academy of Management Review*, 14(4), 532-550. DOI: <https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385>
- Ellwood, P.; Williams, C.; Egan, J. (2020). Crossing the valley of death: five underlying innovation processes. *Technovation*, 109, 102162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102162>
- Fernández S. G.; Kubus R.; Pérez-Iñigo J. M. (2019). Innovation ecosystems in the EU: policy evolution and horizon Europe proposal case study (the actors' perspective). *Sustainability*, 11, 4735. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11174735>
- Frank, C.; Sink, C.; Mynatt, L.; Rogers, R.; Rappazzo, A. (1996). Surviving the «valley of death»: a comparative analysis. *The Journal of Technology Transfer*, 21, 61-69. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02220308>
- Gubitta, P.; Tognazzo, A.; Destro, F. (2015). Signaling in academic ventures: the role of technology transfer offices and university funds. *The Journal of Technology Transfer*, 41(2), 368-393. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-015-9398-7>
- Gulbrandsen, K. (2009). *Bridging the valley of death: the rhetoric of technology transfer* (tesis de doctorado). Iowa State University. Ames, EE.UU. DOI: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-527>
- Gulbranson, C. A.; Audretsch, D. B. (2008). Proof of concept centers: accelerating the commercialization of university innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 33(3), 249-258. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-008-9086-y>
- Hadjimanolis, A. (2003). The barriers approach to innovation. En L. V. Shavinina (Ed.) *The International Handbook on Innovation*. (559-573). Amsterdam: Pergamon. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008044198-6/50038-3>
- Harmancioglu, N.; McNally, R. C.; Calantone, R. J.; Durmusoglu, S. S. (2007). Your new product development (NPD) is only as good as your process: an exploratory analysis of new NPD process design and implementation. *Journal R&D Management*, 37(5), 399-424. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00486.x>
- Hernández, F.; Salgado, S. (2011). El racionalismo de Descartes. La preocupación por el método. *Duererías, Cuadernos de Filosofía*. Recuperado de <https://bit.ly/2TUNjg1>
- Jiménez, E. (2017). *Factores que inciden en el Valle de la Muerte en proyectos de I+D+i en Medellín y su Área Metropolitana* (tesis de maestría). Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.
- Johnson-Laird, P. (2013). Mental models and cognitive change. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(2), 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1080/20445911.2012.759935>

- Jucevicius, G.; Juceviciene, R.; Gaidelys, V.; Kalman, A. (2016). The emerging innovation ecosystems and «Valley of Death»: towards the combination of entrepreneurial and institutional approaches. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 27(4), 430-438. DOI: <https://doi.org/10.5755/jol.ee.27.4.14403>
- Kim, D. (1998). The link between individual and organizational learning. En D. Klein (Ed.) *The Strategic Management of Intellectual Capital*. (41-62). Boston: Butterworth-Heinemann. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-9850-4.50006-3>
- Lettner, M.; Hesser, F.; Hedeler, B.; Schwarzbauer, P.; Stern, T. (2020). Barriers and incentives for the use of lignin-based resins: results of a comparative importance performance analysis. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120520. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120520>
- Liening A.; Geiger J. M.; Kriedel, R. (2018). Bridging the gap between invention and innovation: the role of university-based start-up programs and private cooperation. En A. Presse; O. Terzidis (Eds.) *Technology entrepreneurship*. (241-260). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-73509-2_13
- Markham, S. K. (2002). Moving technologies from lab to market. *Research Technology Management*, 45(6), 31-42. DOI: <https://doi.org/10.1080/08956308.2002.11671531>
- Markham, S. K.; Mugge, P. (2015). *Traversing the Valley of Death. A practical guide for innovation leaders*. Innovation Press
- Markham, S. K.; Ward, S.J.; Aiman-Smith, L.; Kingon, A. (2010). The valley of death as context for role theory in product innovation. *Journal Product Innovation Management*, 27(3), 402-417. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2010.00724.x>
- Meyer, A. D.; Aten, K.; Krause, A. J.; Metzger, M. L.; Holloway, S. S. (2011). Creating a university technology commercialisation programme: confronting conflicts between learning, discovery and commercialisation goals. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 13(2), 179. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEIM.2011.038858>
- Morales-Alonso, G; Vila, GA; Lemus-Aguilar, I; Hidalgo, A. (2019). Data retrieval from online social media networks for defining business angels' profile. *Journal of Enterprising Communities-Peoplea Places in the Global Economy*, 14(1), 57-75. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEC-10-2019-0095>
- Munari, F.; Sobrero, M.; Toschi, L. (2018). The university as a venture capitalist? Gap funding instruments for technology transfer. *Technological Forecasting and Social Change*, 127, 70-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.024>
- Negro, S. O.; Alkemade, F.; Hekkert, M.P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3836-3846. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.043>
- Nemet, G. F.; Zipperer, V.; Kraus, M. (2018). The valley of death, the technology pork barrel, and public support for large demonstration projects. *Energy Policy*, 119, 154-167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.008>
- North, D. C. (1991). Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 97-112. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.5.1.97>
- Pettigrew, A. (1990). Longitudinal field research on change: theory and practice. *Organization Science*, 1(3), 267-292. DOI: <https://doi.org/10.1287/orsc.1.3.267>
- Ponce, A. (2018). El estudio de caso múltiple. Una estrategia de Investigación en el ámbito de la administración. *Revista Publicando*, 15(2), 21-34. Recuperado de <https://bit.ly/37hiW6B>
- Raven, R.; Geels, F. (2010). Socio-cognitive evolution in niche development: comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands. *Technovation*, 30(2), 87-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.08.006>
- Rojas-Arenas, I. (2018). Del desarrollo económico al desarrollo económico endógeno: una mirada desde el pensamiento complejo. *Revista Cintex*, 23(1), 12-23. DOI: <https://doi.org/10.33131/24222208.308>
- Sandberg, B.; Aarikka-Stenroos, L. (2014). What makes it so difficult? A systematic review on barriers to radical innovation. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1293-1305. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2014.08.003>
- Savaneviciene, A.; Venckuviene, V.; Girdauskiene, L. (2015). Venture capital a catalyst for start-ups to overcome the «valley of death»: Lithuanian case. *Procedia Economics and Finance*, 26, 1052-1059. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00929-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00929-6)
- Schoonmaker, M.; Carayannis, E.; Rau, P. (2013). The role of marketing activities in the fuzzy front end of innovation: a study of the biotech industry. *Journal of Technology Transfer*, 38(6), 850-872. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-012-9296-1>
- Senge, P. (2006). *The fifth discipline. The art & science of the learning organization*. Londres: Currency Doubleday.
- Sierra, V. (2020). *Reconocimiento de factores incidentes en el fenómeno del valle de la muerte y su relación con riesgos percibidos en el proceso de I+D+i* (tesis de maestría). Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2VqVEZc>
- Son, H.; Chung, Y.; Yoon, S. (2020). How can university technology holding companies bridge the Valley of Death? Evidence from Korea. *Technovation*. 109, 102158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102158>
- Stefanelli, V.; Boscia, V.; Toma, P. (2020). Does knowledge translation drive spin-offs away from the «valley of death»? A nonparametric analysis to support a banking perspective. *Management Decision*, 58(9), 1985-2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-11-2019-1579>

- Storey, J. (2000). The management of innovation problem. *International Journal of Innovation Management*, 4(03), 347-369. DOI: <https://doi.org/10.1142/S1363919600000196>
- Surroca, J.; Prior, D.; Tribó-Giné, J. A. (2016). Using panel data dea to measure CEOs' focus of attention: an application to the study of cognitive group membership and performance. *Strategic Management Journal*, 37(2), 37-388. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.2350>
- Tasse, G. (2014). Competing in advanced manufacturing: the need for improved growth models and policies. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 27-48. Recuperado de <https://bit.ly/3imqHP>
- Teece D.; Pisano G.; Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z)
- Upadhyayula, V. K. K.; Gadhamshetty, V.; Shanmugam, K.; Souhi, N.; Tysklind, M. (2018). Advancing game changing academic research concepts to commercialization: a Life Cycle Assessment (LCA) based sustainability framework for making informed decisions in Technology Valley of Death (TVD). *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 404-416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.029>
- Van Lancker, J.; Mondelaers, K.; Wauters, E.; Van Huylenbroeck, G. (2016). The organizational innovation system: a systemic framework for radical innovation at the organizational level. *Technovation*, 52-53, 40-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.11.008>
- Vásquez, A.; Meloño, P.; Leopold, L.; Zanelli, J. C. (2008). Innovación: prácticas de gestión, representaciones y modelos mentales en dirigentes del sector de las tecnologías de la información en Uruguay. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, 8(2), 5-27. Recuperado de <https://bit.ly/2WMIck2>
- Verhoeff, A.; Menzel, H. (2011). Social capital to bridge the valley of death, simulating critical incidents in innovation. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 14(1), 149. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJESB.2011.042167>
- Weiss, C.; Bonvillian, W. (2013). Legacy sectors: barriers to global innovation in agriculture and energy. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(10), 1189-1208. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537325.2013.843658>
- Wessner, C. (2005). Driving innovations across the valley of death. *Research Technology Management*, 48(1), 9-12. DOI: <https://doi.org/10.1080/08956308.2005.11657289>